

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA**

**FACULTAD DE ARQUITECTURA Y DISEÑO  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES SOCIALES**

**MAESTRÍA EN PLANEACIÓN Y DESARROLLO SUSTENTABLE**



**Análisis de la Planeación y Gestión del uso del Agua para riego, en  
el sector agrícola de Mexicali, Baja California: Un desafío de  
governabilidad**

***T E S I S***

que para obtener el grado de  
**MAESTRO EN PLANEACIÓN Y DESARROLLO SUSTENTABLE**

Presenta  
**NANCI LILIANA SÁNCHEZ ORTEGA**

Director de tesis  
**DR. HERMAN BARRERA MEJÍA**


**MEXICALI, BAJA CALIFORNIA**

**MAYO DEL 2021**

## DECLARACIÓN DE ORIGINALIDAD

Declaro que la tesis que se presenta contiene material original que no ha sido presentado para la obtención de un grado académico o diploma en esta u otra institución de educación superior. Asimismo, declaro que hasta donde yo sé no contiene material previamente publicado o escrito por otra persona excepto donde se reconoce como tal a través de las citas.

Mexicali, Baja California a \_\_\_ de Mayo de 2021

  
Nani Lilitiana Sánchez Ortega.

Nombre y firma del estudiante

*“Los individuos tienden a aumentar su comportamiento egoísta cuando se enfrentan a situaciones de escasez dando como resultado la explotación de cualquier recurso natural o bien común”(Hardin, 1968).*

## **Agradecimientos**

Mi agradecimiento a la Universidad Autónoma de Baja California, así como al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, que por medio de la facultad de Arquitectura y Diseño y el Instituto de Investigaciones Sociales, me dieron la oportunidad de cursar el programa de Maestría en Planeación y Desarrollo Sustentable y así superarme profesionalmente.

En materia académica y profesional agradezco a mis maestros de base, especialmente a mis directores de tesis al Dr. Agustín Sandez, que pese a las dificultades que se presentaron, me apoyo en todo momento en el desarrollo de mi investigación, al Dr. Herman Barrera, quien me apoyo desde el inicio del posgrado y reforzo su apoyo en la parte final de mi formación, del mismo modo, agradezco a mi comité de tesis, el Dr. Jorge Ramírez y al Dr. Jesús Ríos, por su apoyo en la conformación de este documento.

Agradezco de manera especial, a mi familia quienes me apoyan en cada momento, a mis amigas de formación y colegas, la Mtra. Erika Nemesio y la Lic. Concepción Cortes por transmitir sus conocimientos, por su apoyo brindado en todo momento y por sus palabras de aliento en los momentos de máximo estrés. Así mismo, agradezco al Ing. Alan Gastelum, por el gran apoyo que me brindo, por motivarme, ser soporte en mis desvelos y siempre alentarme en mi desarrollo profesional.

## RESUMEN

### **Análisis de la Planeación y Gestión del uso del Agua para riego, en el sector agrícola de Mexicali, Baja California: Un desafío de gobernabilidad**

El presente proyecto de investigación aborda la problemática de la planeación y gestión del uso del agua en el sector agrícola de Mexicali, Baja California, puesto que, en últimos años, la incertidumbre por el abastecimiento futuro de agua ha suscitado diversas tensiones sociales como consecuencia del estrés hídrico, se realiza un diagnóstico de la evolución en la producción agrícola, en el periodo 2003-2018, estimando las demandas hídricas por cultivo y el cálculo de otras variables necesarias para el desarrollo de un modelo matemático, que permite identificar la productividad y eficiencia del agua en los principales cultivos de la región, así como determinar los cultivos que otorgan mayor valor al agua por metro cúbico irrigado, además se realizó un análisis diagnóstico de los distintos instrumentos de la legislación dando como resultado, que si existe un problema de gobernabilidad, así como otros factores que interfieren al hacer un uso eficiente y sustentable del agua para riego en la región, pese a que, implementar un método o sistema tecnificado de riego sería la mejor opción, el valor de la productividad y eficiencia del agua para un mismo cultivo es muy variable y es un factor que puede limitar el rendimiento, en función de la adaptación del cultivo, de acuerdo con el medio donde se desarrolla, de modo que, las condiciones topográficas, climatológicas y edafológicas, son las que dirigen las variables, para introducir un óptimo método de riego y serán las que den pauta al logro de mejores resultados en la producción y uso eficiente del recurso.

**Palabras clave:** Planeación, gestión, eficiencia, productividad, riego tecnificado.

## SUMMARY

### **Planning and Management Analysis of usage Water irrigation, in agriculture sector of Mexicali, Baja California: A governance challenge**

This research project addresses the problem of planning and management water usage in the agricultural sector of Mexicali, Baja California, since, in recent years, the uncertainty about the future supply of water has raised various social tensions as a consequence of the water stress, a diagnosis of the evolution of agricultural production is carried out, in the period 2003-2018, estimating the water demands per crop and the calculation of other variables necessary for the development of a mathematical model, which allows identifying productivity and efficiency of water in the main crops of the region, as well as to determine the crops that give greater value to the water per irrigated cubic meter, in addition, a diagnostic analysis of the different instruments of the legislation was carried out, as a result, that if there is a governance problem, as well as other factors that interfere with the efficient and sustainable use of water for irrigation in the region, despite the fact that implementing a technified irrigation method or system would be the best option, the value of productivity and water efficiency for the same crop is highly variable and is a factor that can limit yield, depending on the Adaptation of the crop, according to the environment where it is developed, so that the topographic, climatological and edaphological conditions are those that direct the variables, to introduce an optimal irrigation method and will be the ones that guide the achievement of better results in the production and efficient use of the resource.

**Keywords:** Planning, management, efficiency, productivity, technical irrigation.

## ÍNDICE

INTRODUCCIÓN .....	1
Capítulo 1. Aproximaciones teóricas y casos de estudio, asociadas a la Planeación y Gestión del agua.....	8
1.1. La planeación y gestión.....	9
1.1.1. La gestión de la demanda hídrica caso España.....	10
1.2. Eficiencia del uso del agua.....	11
1.2.1. Caso España.....	11
1.2.2. Caso Cuba.....	12
1.2.3. Caso Ensenada y Valle de Mexicali.....	13
1.2.4. Caso Estados Unidos.....	13
Capítulo 2. Marco Jurídico y Normativo, base para la Planeación y Gestión hídrica y el Desarrollo Sustentable .....	15
2.1. Planeación hídrica .....	17
2.1.1. Planeación participativa social.....	19
2.2. Gestión hídrica .....	20
2.2.1 Gestión integrada de los recursos hídricos.....	23
2.3. Análisis del Marco legal en materia de planeación hídrica.....	24
2.3.1 Análisis de los principales instrumentos de planeación y gestión referentes al manejo del agua para riego en la agricultura. ....	26
2.3.2 Identificación de los principales actores relacionados.....	30
2.3.3 Funciones de los principales actores.....	32
2.4. La gobernanza y gobernabilidad del agua un desafío de gestión.....	35
Capítulo 3. Análisis del sector agrícola .....	37
3.1. La evolución del sector agrícola en México.....	37
3.2. El sector agrícola en Baja California.....	41
3.3. El Sector agrícola en el Valle de Mexicali.....	44
3.4. Origen y distribución de volúmenes de agua .....	46
3.4.1 Fuentes de abastecimiento y disponibilidad de agua en el Valle de Mexicali.....	49
3.4.2 Clima característico de la región.....	52
3.4.3 Características del suelo agrícola.....	53
3.5. Alternativas para el mejor uso e incremento de la disponibilidad de agua .....	54

3.5.1	Productividad y eficiencia del recurso hídrico.....	55
3.6	Caracterización de los principales sistemas de riego en la región .....	56
3.6.1	Riego gravitacional .....	56
3.6.2	Riego tecnificado .....	57
3.6.3	Riego por aspersión.....	57
3.7	Características y coeficientes de eficiencias de los principales sistemas de riego en la región	58
3.8	Calidad del agua y el suelo.....	59
Capítulo 4.	Metodología .....	61
4.1	Zona de Estudio.....	61
4.2	Fuentes de información .....	63
4.2.1	Caracterización de las principales Variables .....	65
4.3	Metodología para la productividad y eficiencia del agua para riego .....	66
Capítulo 5.	Interpretación y Análisis de los resultados.....	70
5.1	Análisis de la planeación y gestión a nivel regional, de acuerdo con los distintos instrumentos de planeación periodo 2003-2018. ....	70
5.2	Análisis de la evolución en la producción y el crecimiento de la superficie sembrada e irrigada en el periodo 2003-2018. ....	71
5.3	Productividad y eficiencia del uso del agua para riego en el DR014.....	76
5.3.1	Estimación de las demandas hídricas por cultivo y otras variables .....	76
5.4	Eficiencia de los principales métodos y sistemas de riego en el DR014 .....	84
5.4.1	Riego gravitacional .....	84
5.4.2	Sistemas de riego tecnificado.....	84
Conclusiones y Recomendaciones .....		89
Bibliografía .....		93

## Índice de tablas

Tabla 1. Investigaciones relacionadas al manejo del agua para riego. ....	8
Tabla 2. Principales instrumentos de planeación en relación con el uso del agua Agrícola.....	27
Tabla 3. Principales actores relacionados con el manejo del agua en el sector agrícola .....	31
Tabla 4. Usos del Agua en Baja California 2019.....	44
Tabla 5. Derechos de agua concesionados totales (hm <sup>3</sup> ). ....	48
Tabla 6. Fuentes de abastecimiento y disponibilidad de agua en el Valle de Mexicali.....	52
Tabla 7. Clima que se registra en el distrito de riego 014.....	52
Tabla 8. Tipos de Suelo características y composición en el Valle de Mexicali .....	53
Tabla 9. Principales cultivos del DR014 (2018).....	63
Tabla 10. Descripción del cuadro Metodológico .....	64
Tabla 11. Caracterización de variables .....	65
Tabla 12. Porcentaje de Superficie irrigada (2003-2018). ....	72
Tabla 13. Cultivos que abarcan la mayor parte de la superficie sembrada (2003-2018).....	73
Tabla 14. Cultivos de mayor y menor rendimiento económico 2003-2008 .....	80
Tabla 15. Cultivos de mayor y menor rendimiento económico 2013-2018 .....	81
Tabla 16. Características y consideraciones de los principales cultivos del DR014. ....	87

## Índice de figuras

Figura 1. Principales Dimensiones e Implicaciones en la sustentabilidad del uso Agrícola del Agua. .....	17
Figura 2. Evolución de la reglamentación de aguas en México .....	22
Figura 3. Marco legal y principales instrumentos de planeación, en el manejo del agua .....	25
Figura 4. Actores relacionados a la administración del agua en el sector agrícola de Mexicali ..	35
Figura 5. Variación porcentual del PIB por actividad económica .....	39
Figura 6. Variación porcentual anual del PIB Real del sector agrícola nacional .....	39
Figura 7. Variación porcentual del PIB, en las actividades primarias de Baja California, periodo (2003-2018).....	43
Figura 8. Agricultura de Riego Valle de Mexicali.....	46
Figura 9. Recorrido de la Cuenca Hidrológica del Río Colorado.....	47
Figura 10. Entrega de volúmenes de agua de la cuenca del Rio Colorado a México. ....	49
Figura 11. Tipologías de suelo Agrícola.....	54
Figura 12. Eficiencia de los principales métodos de riego .....	59
Figura 13. Localización módulos de riego del DR014 en Mexicali. ....	62
Figura 14. Evolución de la superficie sembrada en el periodo 2003-2018.....	72
Figura 15. Evolución de la producción agrícola 2003-2018.....	74
Figura 16. Variación porcentual de la superficie sembrada, cosechada y producción 2003-2013	75
Figura 17. Temperaturas máximas y mínimas de la región (2005-2018). ....	75
Figura 18. Cultivos que demandan mayores volúmenes de agua (2003-2018). ....	77
Figura 19. Productividad y eficiencia teórica en el uso del agua de los principales cultivos en el DR014. ....	78
Figura 20. Evolución de la variación porcentual del precio promedio rural 2003-2018 .....	82
Figura 21. Ingreso generado en pesos corrientes, por metro cúbico de agua irrigada. ....	83
Figura 22. Productividad y eficiencia de los principales cultivos 2018. ....	84
Figura 23. Productividad y eficiencia teórica de los diez principales cultivos, por sistema de riego tecnificado 2018.....	86

## **Lista de anexos**

Anexo 1. Productividad en el uso del agua de los principales cultivos en el DR014. ....	I
Anexo 2. Eficiencia en el uso del agua de los principales cultivos en el DR014 .....	I
Anexo 3. Cultivos de mayor eficiencia hídrica 2003-2018 .....	II
Anexo 4. Volumen hídrico por superficie sembrada, principales cultivos 2003-2018.....	III
Anexo 5. Cultivos con mayor rendimiento económico promedio en el DR014.....	IV
Anexo 6. Productividad y eficiencia de los principales cultivos, por sistema o método de riego.IV	
Anexo 7. Evolución del uso del agua en la agricultura 2003-2018 .....	VII
Anexo 8. Indicadores de eficiencia y productividad, física y económica por cultivo en 2018. .VIII	
Anexo 9. Estimaciones de los volúmenes de agua para riego de cultivos 2018.....	XI



## INTRODUCCIÓN

La crisis del agua se puede presentar de distintas formas: 1) escasez a causa de la sequía, 2) distancia que hay que recorrer para conseguir el recurso vital, 3) deficiencias en la distribución del agua, 4) la afectación en el sector productivo y 5) las disputas sociales. De esta manera, se puede indicar que el agua, es el recurso más complejo de gestionar, el cual resulta todo un desafío en su gobernabilidad.

En México, el desafío hídrico es importante ya que el sector primario, es uno de los sectores más importantes consumidores según Sisto (2010), más del 85% del recurso se destina al uso agrícola, para riego de cultivos. Además de acuerdo con Cruz y Polanco (2014), el sector agrícola desde el inicio de los tiempos ha suministrado alimento a la población, esta evolución en el sector agrícola se debe a diferentes factores como el crecimiento de la población, que conforme va creciendo, genera un aumento en la productividad, tecnologías, así como, transformaciones sociales y políticas económicas.

Todo ello deriva a la generación de empleos e ingresos, el cual a su vez demandará mayor cantidad de alimento, por lo que el sector agrícola económicamente funge como la base para que el sector industrial se fortalezca y expanda, el mismo, permite ser un impulsor del crecimiento económico, de modo que la agricultura viene a desempeñar la columna vertebral para la gestión sostenible del agua y el desarrollo económico, aumentando el uso eficiente de los recursos, como el agua (Martin-Nagle et al., 2012).

En el caso particular de Mexicali, municipio del estado de Baja California situado al noroeste de México, su desarrollo despunta por la inmensa actividad agrícola, gracias a las aguas que provienen del Rio Colorado, las cuales terminarían por fertilizar las tierras del Valle de Mexicali, convirtiéndola en uno de los distritos con mayor superficie sembrada de algodón a principios del siglo XX (Grijalva, 2014), es así que desde entonces se practica la agricultura de riego en la región y el inicio de una época de prosperidad económica que se le atribuye al algodón, ya que la producción agrícola aumentó un trescientos por ciento en esa época, destacando este cultivo como principal producto agrícola de exportación, el cual creció casi un 10% anual (Gollás, 2003).

Uno de los sistemas de riego comúnmente utilizados en el sector agrícola del Valle de Mexicali, es el de gravedad, mejor conocido por inundación que en conjunto con el crecimiento industrial y las condiciones climatológicas que se presentan en el valle agudizan esta problemática en la porción rural, al ser el sector primario el que mantiene una mayor demanda del recurso por las actividades productivas que en él se desarrollan. Siendo estos los factores que tienen gran impacto en la disponibilidad de agua.

Las fuentes para el abastecimiento de agua en el Valle de Mexicali son escasas y dependen de un acuerdo internacional con Estados Unidos, por lo que la gestión del recurso hídrico es indispensable para el desarrollo económico, social y ambiental (Martínez y Villalejo, 2018), en ese sentido, se requiere un mejoramiento en el manejo y uso del agua, en vista de que se adquiera un sentido de sustentabilidad y responsabilidad social.

Además en tanto a cuestiones climatológicas, su territorio ha sido calificado dentro de la escala D0, D1, D2 y D3 del 2003 a 2019, a través del Monitor de Sequía en México, el cual determina estas calificaciones en función de las precipitaciones, vegetación, humedad, temperatura y la disponibilidad de agua, en la escala de anormalmente seco (D0), sequía moderada (D1), sequía severa (D2), sequía extrema (D3), hasta sequía excepcional (D4) (CONAGUA, 2019), siendo la capital del estado la más afectada en los años 2003, 2007 y 2018, la cual se situó en la escala D3.

De esta manera, la problemática se acentúa en el sector agrícola debido a la degradación de los cuerpos de agua, pues de acuerdo con Fernando González, director del Programa de Manejo, Uso y Reúso del Agua (PUMAGUA), la creciente escasez de las fuentes para el abastecimiento de agua en los próximos 30 años, será debido a la ineficiencia en el manejo y administración del agua, así como la falta de conciencia de los seres humanos (Moisés, 2017). Del mismo modo, el Dr. Jorge Ramírez Hernández, investigador del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), señala que el acuífero del Valle de

Mexicali, atraviesa serias complicaciones, debido a que no hay una medición del agua que se extrae, sumando que en últimos años se ha visto reducido el ingreso de agua al acuífero (García, 2018).

De acuerdo con la Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), se da a conocer la disponibilidad media anual del acuífero del Valle de Mexicali, el cual mantiene un déficit de 265.122349 Mm<sup>3</sup> (DOF, 2018), es decir que el mismo cuenta con una sobre explotación y con ello una serie de restricciones legales, como lo es la Veda tipo III, la cual permite extracciones limitadas, mientras que la fuente de agua superficial del Rio Colorado es transfronteriza, hace aún más compleja la gestión del recurso hídrico en la región, manteniendo una disponibilidad de 132.413 Mm<sup>3</sup>.

Por otro lado, de acuerdo con el Jefe del Distrito de Riego 014, Alfredo Velazco Velázquez, no hay exactitud confiable de los flujos de agua entregados a nivel parcelario y solo queda en una estimación, señala que una de las metas del Organismo de Cuenca de la Península de Baja California (OCPBC) de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), es destacar en el manejo de agua para su uso agrícola y de ese modo tener más conocimiento sobre los volúmenes de agua que se entregan a los módulos de riego (Uniradio Informa, 2014).

De modo que se derivan diversas complicaciones y afectaciones para los usuarios del recurso hídrico, de las cuales resulta la insuficiencia para cubrir los servicios de cultivo en el distrito de riego y la ciudad, que según el programa de inversión y modernización de infraestructura hidroagrícola, pronostica un incremento de esta problemática en los próximos 30 años, lo que podría ocasionar una disminución en la producción y un incremento en los costos de producción, por lo tanto, es de vital importancia realizar un cambio en el sistema de irrigación convencional (gravedad), a uno tecnificado, para propiciar una mejora en la eficiencia del, manejo y operación del recurso hídrico.

El presente proyecto de investigación aborda la problemática de la planeación y gestión del uso del agua en el sector agrícola de Mexicali, Baja California, puesto que, en

últimos años, la incertidumbre por el abastecimiento futuro de agua ha suscitado diversas tensiones sociales como consecuencia del estrés hídrico. Si bien la problemática hídrica se encuentra latente en el mundo, no obstante, las tensiones sociales en la capital de Baja California surgen a causa de las decisiones en materia de planeación del agua en el sector rural, las cuales se encuentran en manos de funcionarios y con ello se ha generado una pérdida de capital social, de ahí el reclamo por una mejora en la gestión hídrica, el cual deriva en un desafío de gobernabilidad, que denote la participación de todos los actores, para de ésta manera despuntar un desarrollo en la región.

En ese sentido es de gran importancia para los pobladores, agricultores y funcionarios preservar el recurso sin sobreexplotarlo, así como realizar un cambio en el sistema de irrigación convencional (gravedad), a uno tecnificado, para propiciar una mejora en la productividad y eficiencia del uso del agua a nivel parcelario y a la vez promover su uso eficiente en términos sustentables, de modo que se satisfagan las necesidades de generaciones del presente y futuro.

En torno a la problemática surgen los siguientes cuestionamientos, ¿Como se establecen los criterios de planeación y gestión, para el uso eficiente del agua para riego en el sector agrícola de Mexicali Baja, California?, ¿Cuáles han sido los cambios en la planeación y gestión del agua para el desarrollo social y económico en el sector agrícola de Mexicali Baja, California?, ¿Cuál sería el panorama si se implementara un modelo de control y uso eficiente del agua?, ¿Cuáles son los cultivos de mayor eficiencia y productividad en la región?

## Hipótesis

La planeación y gestión del agua requieren un cambio de métodos y un progreso en el seguimiento e implementación de políticas públicas en vista de que se adquiriera un sentido de sustentabilidad y responsabilidad social, en relación con el uso eficiente del agua agrícola. Los métodos de medición e irrigación que son utilizados en la actualidad no son sustentables, pues no se tiene conocimiento certero sobre los volúmenes de agua que se entregan a los módulos de riego, ocasionando una insuficiencia para cubrir servicios de cultivo.

La agricultura es una de las actividades más demandantes de agua en Baja California, de acuerdo con el Gobierno de México (2019), a este sector, se le destina un 70% del recurso hídrico, de modo que el objetivo de esta investigación es realizar un análisis de la planeación y gestión enfocada en el uso del agua para riego en el Valle de Mexicali, y de esa manera formular propuestas, para mejorar las prácticas y realizar recomendaciones de implementación de sistemas de tecnificación de riego, de acuerdo a las características del cultivo y el método de riego, para dar un uso eficiente del recurso hídrico a nivel parcelario y generar un impacto positivo y sustentable; y como objetivos específicos:

- Realizar un análisis diagnóstico de la planeación y gestión a nivel regional, apoyados de los distintos instrumentos de la legislación, así como un diagnóstico de la evolución en la producción agrícola, en el periodo 2003-2018.
- Estimar las demandas hídricas por cultivo y el cálculo de otras variables necesarias para el desarrollo de un modelo matemático que permita,
- Identificar la productividad y eficiencia del agua en los principales cultivos de la región, así como,
- Determinar los cultivos que otorgan mayor valor al agua por metro cúbico irrigado, con el fin de impulsar las buenas prácticas en el uso del agua.
- Posteriormente se presentan recomendaciones para la mejor implementación de los sistemas de riego de acuerdo con las características y método de riego.
- Realizar una comparativa de los distintos tipos de sistemas de riego tecnificado, que sean convenientes y se adecuen a las características climatológicas y edafológicas de la región, que impulse la reducción y conservación del recurso hídrico.

## **Justificación de la investigación**

Hablar del agua es un tema controversial, las dificultades y tensiones sociales que se viven en torno a la escasez del agua, la distribución y gestión de las aguas transfronterizas, es un problema de gobernabilidad, ya que las decisiones deben ser tomadas en responsabilidad participativa, entre el gobierno y la sociedad.

El sector agrícola en Mexicali Baja California se ha distinguido por la agricultura de riego, por ende, es el sector productivo que demanda mayores volúmenes de agua, en ese sentido ante la creciente crisis hídrica, es necesario tomar medidas alternativas como la implementación de sistemas de riego tecnificados, que se adecuen a las características de la región, que denoten la productividad y eficiencia del agua. Con una mejora en la gestión y planeación del recurso hídrico, se impactaría de manera positiva al medio ambiente, con el uso sustentable del mismo, lo que alcanzaría un efecto en el sistema económico, social y ambiental.

El presente documento se divide en cinco capítulos, los cuales se desarrollan de la siguiente manera, el primero, se compone de un conjunto de concepciones y aportes de diversos autores y estudios empíricos relacionados con la planeación y gestión del agua, el cual es parte esencial de esta investigación.

Partiendo de la dimensión económico, ambiental, social e institucional, el segundo capítulo, se centra en abordar los conceptos de planeación y gestión hídrica, desde el enfoque de los principales instrumentos, así como el análisis de los instrumentos de planeación en un marco legal y como se relaciona con el desafío de gobernabilidad del agua.

El capítulo tres, abordan los antecedentes históricos del sector agrícola a nivel nacional, estatal y regional, se analiza, el papel de la agricultura en México, desde el milagro mexicano, el cual se caracterizó por mantener un crecimiento sostenido y esa transición hacia una nación industrial, así como algunas de las problemáticas, características y la degradación del sector agropecuario, de igual manera se describen las principales características de la agricultura en la región, tipologías de suelo, clima y disponibilidad de agua y las principales prácticas de irrigación.

El capítulo cuatro, contempla el desarrollo del proceso metodológico, para el análisis de la productividad y eficiencia del uso del agua para riego en sus principales cultivos.

En el capítulo cinco, se muestran los resultados obtenidos, basados en el análisis de la planeación y gestión del uso del agua y la metodología de productividad y eficiencia. Finalmente, se presentan las conclusiones y recomendaciones de este trabajo.

## CAPITULO 1. APROXIMACIONES TEÓRICAS Y CASOS DE ESTUDIO, ASOCIADAS A LA PLANEACIÓN Y GESTIÓN DEL AGUA

Diversos autores coinciden que la crisis ambiental que viven los países menos desarrollados se han caracterizado por la exportación de un paradigma procedente de los países de occidente y es que señalan que los problemas ambientales de los países europeos, se multiplicaron con la revolución industrial y la globalización, constan de diversas etapas de transformación que causan la revolución tecnológica, agraria, de transportes y la demográfica. A causa de los efectos de la misma surge la preocupación por suministrar alimento a la población, aumenta la demanda y explotación de los recursos naturales, es así como surge el interés por la conservación del medio ambiente, de modo que, de manera simultánea se han ido superando diversas problemáticas ambientales. Hoy en día, existe una gran preocupación por un desarrollo sustentable y la gestión de los recursos naturales, en especial el agua, lo cual ha hecho de este concepto uno de los más sobresalientes en cualquier reunión, de modo que, actualmente existe una gran cantidad de documentos, como artículos y diversas investigaciones, las cuales terminan por implementar análisis y estrategias afines, para el mejor uso del agua, como lo son los desafíos en la gestión, productividad y eficiencia del agua, para un mejor uso del recurso y afrontar la escasez del agua.

Tabla 1. Investigaciones relacionadas al manejo del agua para riego.

<b>Año</b>	<b>Autor</b>	<b>Documento</b>
<b>1994</b>	Moore, M. R., Gollehon, N. R., & Carey, M. B.	Decisiones de producción de cultivos múltiples, Agricultura irrigada: papel del precio del agua.
<b>2002</b>	López-Vera, F	La gestión de la demanda de agua como instrumento para un desarrollo sostenible de regiones áridas y semiáridas
<b>2003</b>	Seckler, D., Molden, D., & Sakthivadivel, R.	El concepto de eficiencia en la gestión y política de los recursos hídricos.
<b>2009</b>	Treminio, R.	Planeación y gestión de territorios rurales con participación ciudadana
<b>2012</b>	Pereira, L. S., Cordery, I., & Iacovides, I.	Indicadores mejorados del rendimiento y la productividad del uso del agua para la conservación y ahorro sostenible del agua.
<b>2014</b>	Robaina, C. F. G., Puebla, C. J. H., Seijas, C. T. L., y Lazo, C. G. C.	Productividad del agua en algunos cultivos agrícolas en Cuba.
<b>2014</b>	Pérez, M. S., y Pérez, I. S.	Planificación y gestión del agua en España, en la actualidad
<b>2015</b>	Robaina, C. F. G., Seijas, C. T. L., y Puebla, C. J. H.	Indicadores de productividad del agua por cultivos y técnicas de riego en Cuba.

2016	Ríos Flores, J. L., Torres Moreno, M., Ruiz Torres, J., y Torres Moreno, M. A.	Eficiencia y productividad del agua de riego en trigo ( <i>Triticum vulgare</i> ) de Ensenada y Valle de Mexicali, Baja California, México.
2018	Fan, Y., Massey, R., & Park, S. C.	Decisiones de producción de cultivos múltiples y eficiencia de uso de agua de riego económico: los efectos de los costos de agua, adopción de riego por presión y determinantes climáticos

Fuente: Elaboración propia

### 1.1. La planeación y gestión

De acuerdo con Treminio (2009), los temas de desarrollo conducen a diversas posturas, en cuanto a la planeación y gestión, y en la mayoría de los casos, por más esfuerzos que se han hecho, se sigue observando una planificación ortodoxa y sin participación de las organizaciones sociales, influidos por antiguos modelos de gestión, que se encontraban fuertemente centralizados. Es así como, en su trabajo, *“Planeación y gestión de territorios rurales con participación ciudadana”*, desarrolla un modelo de planificación de territorios, tomando como base el reconocimiento de espacios geográficos y los actores sociales y así ejecutar los temas de desarrollo rural, tomando como referencia el Enfoque Territorial Participativo (ETP), el cual constituye un instrumento de oportunidad metodológica para los programas públicos y privados y de cooperación externa. La planificación y gestión de territorios rurales se desarrolla en varias etapas, métodos y herramientas, los cuales se adecúan a las características jurídicas y políticas, así como las capacidades institucionales y la sociedad civil, en la primera etapa se desarrolla un diagnóstico del espacio rural, en donde la participación ciudadana esté garantizada, de acuerdo con Treminio (2009), en esta etapa la planeación participativa es clave para la aproximación de la demanda, definición de problemas, prioridades y diseño de estrategias, a partir del estudio de diagnóstico, se aborda la oferta pública y privada, la cual se encuentra en la segunda etapa del método mismo que se representa en un plan de acción, la tercera etapa se encuentra determinada por el diálogo y la negociación. No obstante, Treminio (2009), señala que se sigue sosteniendo el paradigma de la planificación ortodoxa y en otras ocasiones se olvidan de la dinámica social y productiva en relación con el enfoque macro, enfocándose en lo micro, asimismo estas limitaciones obligan a generar consensos entre los actores sociales e institucionales para el diseño de las estrategias, es así como, la superación de estas limitaciones abre la posibilidad de lograr los impactos esperados.

### 1.1.1. La gestión de la demanda hídrica caso España

Para un uso eficiente del recurso hídrico, en las regiones con una elevada utilización del mismo, como se caracterizan las regiones áridas y semiáridas en las cuales se ha disparado las exigencias creando tensiones sociales y un gran impacto medioambiental, desde el punto social y económico de estas regiones, el autor López-Vera (2002), describe la caracterización de estas zonas desde el punto social y económico y señala la solución a esta problemática, en un modelo para satisfacer las necesidades de agua, desde la gestión de la demanda del recurso hídrico, en la que se deben aplicar instrumentos de gestión, que surgen de las diferentes disciplinas. Puesto que el modelo tradicional para satisfacer las necesidades de agua denota una baja eficiencia, y es que, de acuerdo con Lopez-Vera (2002), desde tiempos de la revolución industrial, el hombre ha procurado controlar la naturaleza con la tecnología y así transformar las tierras semiáridas, con regadíos a gran escala, esta idea se extendió por el mundo en Estados Unidos de América, en donde se pretendía convertir el desierto en una nueva Mesopotamia.

En España, se defendía la idea de la transformación de las tierras secas en regadío, como un motor de desarrollo a fin de resolver los problemas de alimentación, no obstante, este modelo para satisfacer la demanda mediante obras hidráulicas si funciona como motor de desarrollo, pero no se encontraba bien definida y lleva a muchas regiones al límite, por lo que se consideró la demanda como una variable independiente y a partir de ella crear una oferta, para poder satisfacer todos los casos. A partir de la década de los 60's, nace una nueva preocupación ambiental en el mundo, a consecuencia de diversas transformaciones sociales y económicas, ahora la preocupación se centra en tres ejes, el social, económico y ambiental (López-Vera, 2002).

Dentro de los instrumentos de gestión de la demanda, el autor señala que hay dos que tienen un peso importante, mismos que en la agricultura se señalan la modernización de regadíos, mediante una mejora de técnicas, la sustitución de cultivos con especies de bajo consumo de agua, medidas que denotarían el ahorro del recurso y optimización del uso del agua, para alcanzar un equilibrio. Esta solución fue adoptada en el Plan Hidrológico Nacional de 2001 en España, la cual causo un fuerte impacto en la agricultura, pues la capacidad de

ahorro fue mayor, no hubo afectaciones medioambientales y se logró que los costos de mantenimiento disminuyeran (López-Vera, 2002).

## **1.2. Eficiencia del uso del agua**

Muchas partes del mundo están experimentando escenarios de escasez de agua, las cuales se van incrementando día a día, estudios recientes indican que alrededor de un tercio de la población de los países en desarrollo sufrirán una absoluta escasez del recurso y para 2025, no podrán satisfacer las necesidades agrícolas, domésticas, industriales y ambientales (Seckler, Molden, & Sakthivadivel, 2003). Una de las maneras de hacer frente a la escasez de agua, es incrementando la eficiencia del uso del agua, según Seckler et al. (2003), la eficiencia en el uso del agua para riego es baja, ya que más del 70% de los suministros de agua se desvían a la irrigación, con el aumento de la eficiencia, se podrían satisfacer todas las necesidades futuras de agua. En este trabajo el autor señala que el concepto de eficiencia de riego ha tenido ciertas implicaciones para la gestión y política del recurso, y esto a conceptos erróneos y malentendidos por parte de la ingeniería, comunidades políticas y noticias. De acuerdo con Seckler et al., (2003), el objetivo principal en la gestión de política hídrica, es aumentar el beneficio y aprovechamiento del agua con seis maneras de lograrlo, por ejemplo, se determina en donde se encuentra el nivel de la cuenca subutilizado, la disponibilidad, reducir la contaminación del agua y reasignar el agua de menor a mayor valor de uso, concluyendo en que hay una gran variedad de políticas, así como tecnologías y sistemas que se pueden emplear para el logro de los objetivos, de acuerdo a las características y condiciones de la región y el tiempo, no obstante, para que se logren resultados efectivos, se deben aplicar de manera adecuada los conceptos.

### **1.2.1. Caso España**

Por otra parte la planeación y gestión hídrica en España es compleja y hay diversas similitudes a la de México, pues de acuerdo con Pérez y Pérez (2014), dentro del marco institucional, se abarcan una gran cantidad de legislaciones, las cuales regulan y gestionan el recurso, lo cual complica la coordinación de distintas instituciones. La Unión Europea, cuenta con una estrategia de desarrollo sostenible, que se basa en las tres dimensiones de la sostenibilidad, el económico, ambiental y social, aprobada en 2006, no obstante, se registraron tendencias no sostenibles, por lo que se ampliaron los objetivos a siete áreas de

prioridad, de las cuales destacan, el cambio climático, energías limpias, producción y consumo sostenibles y la gestión de recursos naturales, con ello, surge la Estrategia Española de Desarrollo Social (EEDS), la cual tiene una visión estratégica de desarrollo sostenible y se basa en las tres dimensiones, con el objetivo de garantizar la prosperidad económica, asegurar la protección del medio ambiente, evitar la degradación del capital natural y fomentar la cohesión social. Para contribuir a la mejora de la gestión de la demanda, conservación y restauración de los recursos hídricos, las estrategias incluyen el tratamiento de aguas residuales, regeneración y reutilización de las aguas, así como la modernización de los sistemas de abastecimiento de riego y la construcción de plantas desaladoras, en cuanto a la recuperación y gestión ambiental, se busca mantener una buena calidad del agua, con el saneamiento y la depuración, el agua reutilizada se puede aprovechar para riego en la agricultura, campos de golf, parques etc. De acuerdo con Pérez y Pérez (2014), algunas políticas europeas basadas en la estrategia, han logrado avances positivos en distintas áreas, no obstante, en algunas otras áreas persisten tendencias insostenibles, como lo es la creciente demanda por los recursos naturales y la pérdida de biodiversidad, pese a esto, los autores señalan, que la legislación en materia de recursos hídricos, se aproxima a un desarrollo sostenible.

### 1.2.2. Caso Cuba

De acuerdo con Robaina et al. (2014), para un mejoramiento en el uso económico los administradores del agua para riego, deben identificar tendencias en los patrones de uso y niveles de eficiencia, en sentido de fijar metas y mejorar la productividad del agua, de modo que en su trabajo “Productividad del agua en algunos cultivos agrícolas en Cuba”, se presentan indicadores de productividad agronómica del agua de diversos cultivos, se determinan los cultivos de mayor rendimiento, enfatizando la importancia de la época óptima para el desarrollo del cultivo y la demanda de agua, en la cual se debe tomar en cuenta las condiciones del clima. El valor de la productividad del agua para un mismo cultivo es muy variable y es un factor que puede limitar el rendimiento, en función de la adaptación del cultivo, de acuerdo al medio donde se desarrolla, de modo que, los autores Robaina, Seijas, y Puebla (2015), realizan un diagnóstico, en la que obtuvieron valores de la productividad

del agua en condiciones de producción agrícola bajo riego y los factores que afectan la productividad, mismos que se basan en la metodología propuesta por Seckler et al., (2003).

### 1.2.3. Caso Ensenada y Valle de Mexicali

En este trabajo los autores Ríos et al. (2016), emplean un modelo para determinar la eficiencia y productividad del agua, en donde considera la producción como un sistema de “entradas y salidas”, basándose en un modelo de eficiencia de riego propuesto por Viets (1966) y el modelo de productividad económica del agua propuesto por Seckler et al., (2003), con respecto a la productividad Ríos et al. (2016), definen la productividad como la relación entre la unidad de resultado y la unidad de insumo. Asimismo, el concepto de productividad del agua se usa para indicar la cantidad o el valor del producto sobre el volumen o valor del agua consumida o desviada. En su estudio se estimó la productividad y eficiencia del agua en trigo en Ensenada y el Valle de Mexicali, a su vez, se destaca que la producción de trigo se centra en el Valle de Mexicali, pues se cosecha un 99% de la producción a nivel estatal, del volumen total de agua usado en el estado de Baja California, para riego de cultivo, el 99% se utilizó en el Valle de Mexicali, pues se determinó que la mayoría de los riegos se emplean mediante gravedad, concluyen que el Valle de Mexicali es el más eficiente en el uso del agua para la producción de trigo. De acuerdo con Ríos Flores, et al. (2016), el uso eficiente del agua es uno de los indicadores más empleados en España, asimismo, se encontró una productividad para el Valle de Mexicali en el cultivo de trigo de  $0.668 \text{ kg/m}^3$  y Ensenada mostro una eficiencia de  $0.321 \text{ kg/m}^3$ , en comparación al Valle de Mexicali, de acuerdo con este estudio, se determinó la importancia de estos indicadores, no obstante, la información es escasa, asimismo, se muestra que el cultivo de trigo no resulta improductivo en relación a otras regiones del mundo, dado que se emplea una gran cantidad de agua, aunado a la relación beneficio/costo de la producción de trigo, la cual fue negativa.

### 1.2.4. Caso Estados Unidos

Otros estudios analizan los efectos de los múltiples factores en la toma de decisiones de los agricultores y la eficiencia del uso de agua de riego económico (EIWUE) utilizando un Data Set Nacional de la encuesta de riego agrícola y Ranch del USDA. De acuerdo con los autores Fan, Massey, & Park (2018), para tratar mejor con los datos a nivel de la granja de servidores incrustados en cada estado de los Estados Unidos, se emplean modelos

multinivel basados en Moore et al. (1994), que permiten la incorporación de variables de nivel de estado además de los factores de nivel de la granja, es decir que adoptan un modelo de maximización de la eficiencia del uso del agua de riego económico para lidiar con el fracaso del mercado en la gestión del agua, así el productor podrá tomar decisiones sobre la asignación de tierras y el abastecimiento de agua para maximizar el beneficio total esperado y lograr la sostenibilidad del recurso hídrico. Los resultados muestran que los costos más elevados del agua superficial no son efectivos para reducir el uso del agua, mientras que los costos de las aguas subterráneas muestran una asociación positiva con el uso de agua en granjas de maíz y soja, es decir que el precio del agua superficial es muy bajo y no resulta muy efectivo porque el uso del agua es inelástico, resultando entonces que, un aumento del precio del agua subterránea es efectivo para conservar el uso.

## **CAPITULO 2. MARCO JURIDICO Y NORMATIVO, BASE PARA LA PLANEACIÓN Y GESTIÓN HÍDRICA Y EL DESARROLLO SUSTENTABLE**

Si bien el autor Martínez (2006), señala que las zonas áridas siempre han hecho uso inteligente y de manera sostenible de los recursos naturales, en especial el agua, ya que al ser escasa, se desarrolla una adaptación y aprovechamiento del recurso hídrico de acuerdo con el territorio, de modo que se da lugar a una cultura del agua de gran valor para la población, en ese mismo sentido la presión sobre el recurso hídrico en regiones áridas aumenta y se da lugar a la utilización de tecnologías más eficientes para la extracción y por ende el aumento del consumo del recurso en la agricultura, industria y turismo, modificando no solo el flujo del agua sino la salinidad y de esta manera alterar el equilibrio hídrico-salino.

El desarrollo sustentable, hoy en día es un tema latente en todas las discusiones políticas y en todos los niveles, ante los crecientes problemas de degradación ambiental (Gottschalk, 2013), y es un proceso que implica cambios estructurales en las instituciones, valores y pautas de conducta social (Lezama y Domínguez, 2006), no obstante, el autor Gottschalk (2013), señala que no existe una definición consensuada y aceptada por todos, permitiendo así, que el término se pueda aplicar en diferentes contextos sociales, económicos, políticos y éticos.

La preocupación por los recursos naturales se manifiesta a partir de los años 60's con el surgimiento de movimientos sociales de protesta contraculturales, en los cuales se expresan los cambios de la sociedad capitalista y la sociedad industrial moderna, es decir que la sociedad empieza a percibir el daño ambiental con otra mirada y empieza a convertirlo en objeto de preocupación, pero no es hasta la Cumbre de la tierra en Estocolmo en 1972, que adquiere mayor importancia el tema ambiental como una preocupación, en la cual destacan obras como, "*límites del crecimiento*" en 1972 por el Club de Roma (Lezama y Domínguez, 2006).

En la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro en 1992, se centró la atención en la escasez del agua, es así que se detona una evolución en el pensamiento que fueron plasmadas en el Reporte Brundtland, con el informe "*Nuestro futuro común*" en 1987. Así es como surge la primera y más aceptada definición del concepto de desarrollo sustentable (Gottschalk,

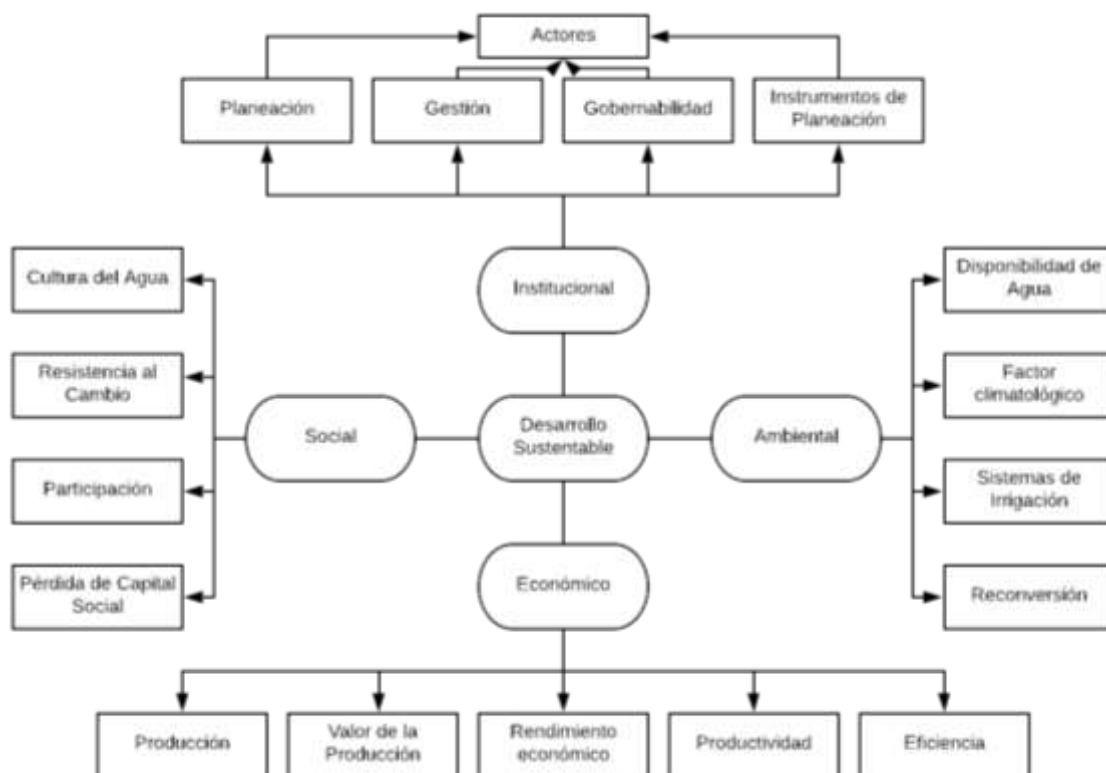
2013), la cual se puede definir como “*la satisfacción de las necesidades de la generación presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer sus propias necesidades*” (Naciones Unidas, s/f), con la finalidad de ver por un futuro mejor, el cual se basa en tres pilares, el económico, social y ambiental para el desarrollo.

Sin duda alguna y de acuerdo con el tratado de agua dulce, contenido en la Cumbre de la Tierra de Río de Janeiro en 1992, el agua debe entenderse de manera integral y es que, representa un recurso vital para todos los seres vivos, así como para el desarrollo de las diferentes actividades económicas y como recurso natural que por su carácter limitado, va adquiriendo un valor económico, así como por su valor ambiental (Eurosur, s/f). De modo que, dados los modelos de gestión actuales, se ha dejado de lado la conservación del recurso para las generaciones futuras y el desarrollo de las actividades productivas, dejando de lado la preocupación central por la sostenibilidad hídrica. Con la finalidad de ver por un futuro mejor, de acuerdo con los autores Lezama y Domínguez (2006), el término sustentabilidad, no es propio de la preservación de la naturaleza, hablando en términos ambientales, sino más bien en su dimensión general, ya que esta debe proveer los elementos necesarios para el acceso equitativo y democrático de las riquezas naturales, el desarrollo sustentable debe ser visto como, aquel que satisfaga las generaciones presentes y garantice a las generaciones futuras y a su vez ese desarrollo construya bases políticas y sociales para la redistribución de poder, transformaciones de la producción y consumo, en búsqueda de una sustentabilidad no solo ambiental, sino económica, social y política.

Tomando en cuenta las tres dimensiones que integran el principio de sustentabilidad y la problemática central de esta investigación, se realiza un diagrama con las principales dimensiones para el desarrollo sustentable, el cual varía en sus dimensiones de acuerdo al entorno aplicado, ya que según los autores Lezama y Domínguez (2006), “no existe un tipo ideal de ciudad sostenible, sino que ésta se conforma de acuerdo con sus características ambientales propias, regionales y condiciones sociales o económicas”. De acuerdo con esto se puede observar en la (Figura 1), las principales dimensiones referentes a el manejo del agua en la agricultura con relación a la presente investigación, la económica, social, ambiental e incluyendo la institucional debido a la importancia e interrelación en la toma de

decisiones con este sector, ya que, de llevar a cabo un mejoramiento en la gestión del recurso, se podría alcanzar un desarrollo sostenible.

Figura 1. Principales Dimensiones e Implicaciones en la sustentabilidad del uso Agrícola del Agua.



Fuente: Elaboración propia.

## 2.1. Planeación hídrica

Actualmente la Ley de Aguas Nacionales (LAN), en su artículo 15, señala que, “la planificación hídrica es de carácter obligatorio para la gestión integrada de los recursos hídricos, la conservación de recursos naturales, ecosistemas vitales y el medio ambiente”. (DOF, 2016). En ese sentido la planeación consiste en tomar acción, tomar decisiones que respondan a las necesidades de la población y de esta manera inducir un desarrollo en la región, de acuerdo con Treminio (2009), el término planeación se refiere a elaborar un plan, que se base en un diagnóstico previo, con objetivos definidos, quiere decir, que para ordenar un territorio hay que conocer su realidad. Así mismo planear consiste en asumir

determinación, en efecto de responder a las necesidades de la población y de esta manera inducir un desarrollo en la región.

Ante la incertidumbre con relación a la gestión del agua y los desafíos para la distribución del agua de manera equitativa, Domínguez (2018) señala tres cambios que deben abordarse con relación a la gestión de los recursos hídricos, en primer lugar, se debe hacer distinción entre la gestión integrada y el manejo integrado, ya que este último, es lo deseable ambientalmente y la gestión integrada, implica las limitaciones legales y territoriales dentro de un marco jurídico. En segundo lugar, no es responsabilidad exclusiva del gobierno, la gestión implica la participación de todos los actores en la toma de decisiones, hasta su implementación y evaluación. En tercer lugar, los problemas del agua deben abordarse con creatividad, con una gestión integrada para la conformación de las decisiones. Posteriormente, se debe tomar en cuenta la vulnerabilidad y la adaptación.

Esto último lo establece la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, en su artículo 26, en donde señala que la planeación debe ser democrática y con la participación de todos los sectores sociales, asimismo recogerá las aspiraciones y demandas de la sociedad para integrarlas a los planes y programas de desarrollo (DOF, 2019).

Por su parte, la planeación hídrica al ser un recurso natural es un tema que compete a todos los actores (Treminio, 2009), existen diversas dificultades en torno a la planeación del recurso hídrico, ya que, "los problemas de planeación del agua en América Latina no son fáciles en su comprensión" (Ardón et al., 2017), y esto más que nada porque es donde confluyen diferentes intereses, como el económico, político, social y ambiental por ser un tema que se encuentra interrelacionado con todos los actores y en ese sentido causa inquietud a nivel global.

Si bien el tema del agua es de seguridad nacional, es así que la planeación es la clave para enfrentar los grandes retos hídricos, que sea dirigida a utilizar menos agua en el campo para producir más (CONAGUA, 2013). No obstante la dinámica de desarrollo se ha visto limitada para los actores locales, debido a los altos costos sociales y económicos con el fin de mantener la actividad productiva en el sector rural, efectuando mayores esfuerzos a efecto de garantizar un sano desarrollo regional (Cortez, 2011). En términos generales, el concepto

de gestión tiene la finalidad de llevar a cabo las acciones derivadas de las estrategias que se determinaron en la planeación para el logro de los objetivos propuestos.

Además, de acuerdo con la agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible, la meta 6.5 en su objetivo 6, se enfoca en implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles para el 2030 y así garantizar la disponibilidad del agua y una gestión sustentable (ONU, 2015).

### 2.1.1. Planeación participativa social

En los últimos años se ha generado incertidumbre y pérdida de capital social en el sector rural y esto a causa de la toma de decisiones, en los temas de planeación y gestión del recurso hídrico, los cuales se encuentran en manos de funcionarios.

En este sentido (Camagni, 2003), menciona que el ámbito de la proximidad y el territorio de las relaciones locales constituye un poderoso instrumento para reducir la incertidumbre. Es necesario dispositivos y normativas de carácter público y privado que permita poner orden en las estructuras y de esta manera reducir conflictos y producir ventajas a través del intercambio.

Es aquí donde surge la importancia por el capital social como un factor que ayude a reducir la incertidumbre, el cual se puede definir como, “ese conjunto de normas y valores que rigen la interacción entre las personas, instituciones y agentes sociales” (Camagni, 2003). El autor Segovia (1998), lo define como “importancia estratégica para el desarrollo de un país, aquel conjunto de normas y costumbres que definen una región, barrio, familia”.

La gestión de un territorio está orientado a crear, o bien, recuperar ese capital social que se ha perdido conforme pasan las generaciones, ya que éste genera una dinámica de participación entre los actores, es decir que es necesario un, sistema de gobernanza que cree una conexión, un “círculo virtuoso” (Barrera et al., 2018). Por otra parte, también es claro que las comunidades se han organizado, de manera que converjan sus intereses y es que en últimos años la participación de las comunidades se ha hecho más representativa en la toma de decisiones.

## 2.2. Gestión hídrica

Antes de que el tema del agua y los recursos naturales cobraran importancia, México se encontraba caracterizado por la nacionalización de varios recursos naturales y el proteccionismo económico (Rolland y Cárdenas, 2010). La Legislación de las Aguas Nacionales ha tenido varias reformas (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), pues en 1910 se decreta la Ley de Aprovechamiento de Aguas de Jurisdicción Federal, quien en ese entonces se encontraba Porfirio Díaz como presidente constitucional, en 1917 se expide un decreto para la Ley Federal Sobre Uso y Aprovechamiento de las Aguas Publicas Sujetas a Dominio de la Federación expedido por el presidente Venustiano Carranza (COLMEX, 2010).

En 1926 se expide la Ley sobre Irrigación con Aguas Federales por el presidente Plutarco Elías Calles, para 1929, se expide la Ley de Aguas de Propiedad Nacional por el presidente provisional Emilio Portes Gil, asimismo para 1934 se reforman los artículos 32 y 47 de la Ley de Aguas de Propiedad Nacional que se encontraba vigente por el presidente Abelardo L. Rodríguez, en ese mismo año se reforma la Ley de Aguas vigente, considerando en este decreto el aprovechamiento en servicios públicos y domésticos que directamente administren los ayuntamientos, es decir que se faculta al ejecutivo a expedir y reformar la ley de aguas y la posibilidad de dictar disposiciones generales y metódicas que formen esa ley y de expedir preceptos particulares que reformen la ley (COLMEX, 2010).

En 1938, se forma la Ley sobre el Servicio Público de Aguas Potables en el Distrito Federal, por el presidente Lázaro Cárdenas, en 1946 se expide la Ley de Conservación del Suelo y Agua, por el entonces presidente Manuel Ávila Camacho, en ese mismo año se decreta la Ley de Aguas de propiedad nacional. En 1948 se decreta la Ley Reglamentaria del Párrafo Quinto del Artículo 27 Constitucional en Materia de Aguas del Subsuelo y en ese mismo año se decreta la Ley Federal de Ingeniería Sanitaria (COLMEX, 2010).

Para 1956 se decreta la Ley Reglamentaria del Párrafo Quinto del Artículo 27 Constitucional en Materia de Aguas del Subsuelo, por el presidente Adolfo Ruiz Cortínez, donde se señala, que las aguas del subsuelo en cualquier estado físico se encuentran sujetas a esta ley, en ese mismo año, se decretó la Ley de Cooperación para Dotación de Agua

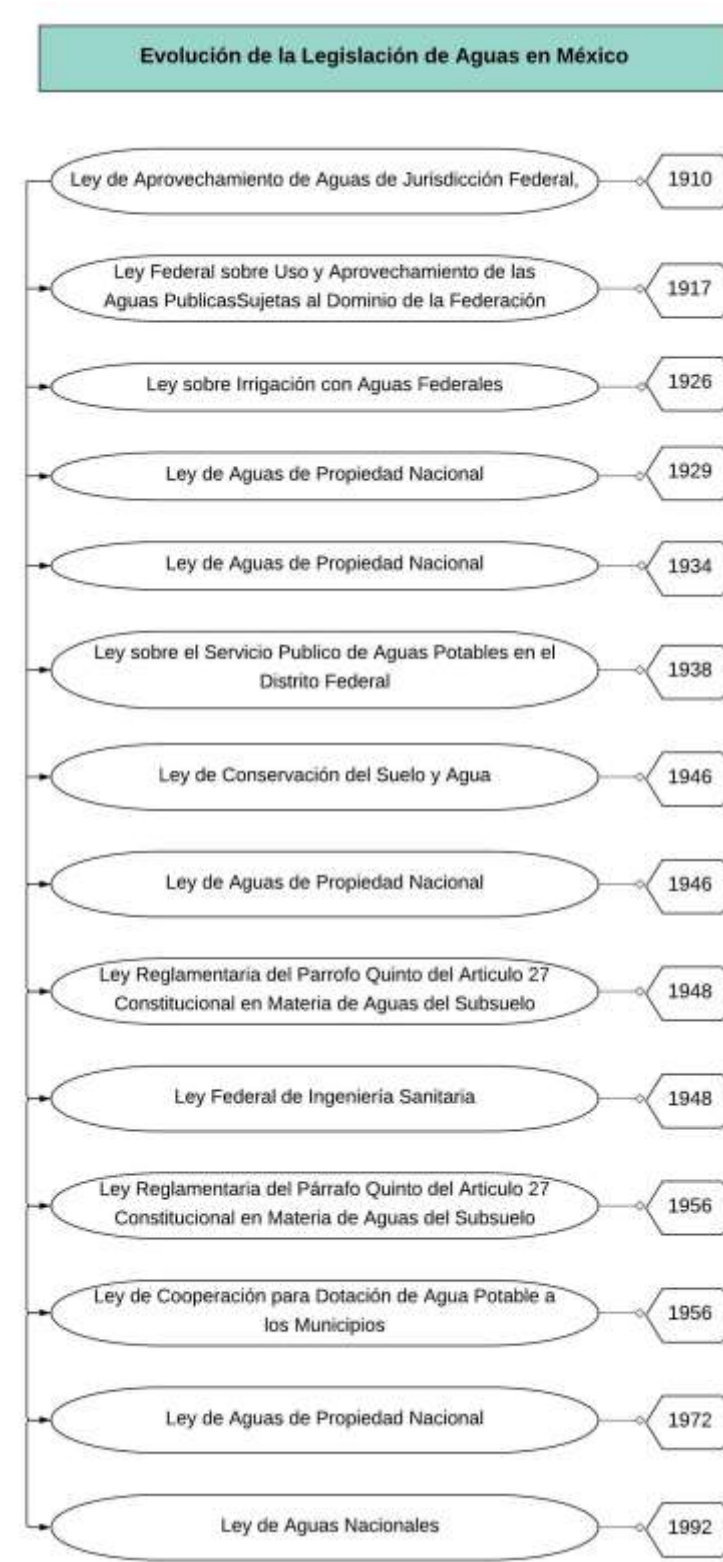
Potable a los Municipios, para la realización de obras mediante inversiones no recuperables (COLMEX, 2010).

En 1972 se decreta la Ley de Aguas de Propiedad Nacional, por el presidente Luis Echeverría Álvarez, con el fin de realizar una distribución equitativa de los recursos hidráulicos y su conservación y así regular su explotación, uso y aprovechamiento (COLMEX, 2010). Para el sexenio de López Portillo, la estrategia de desarrollo económico, se basó en proteger todo lo que se produce localmente, y regular el acceso al mercado, por medio de las importaciones, lo que ocasionó un mayor consumo local (Torres, 2001).

Durante casi 70 años el país vivió bajo un gobierno centralizado y a partir de 1980, se observan movimientos de grupos sociales y una diversificación de los actores políticos, época que se caracteriza por la estabilización y una gran concentración de poder, México se ve estimulado por la industrialización, con un crecimiento acelerado, etapa a la que se le llamo “*el milagro económico*”, pese a esto, el fuerte crecimiento demográfico desde 1950 causó la sobreexplotación de los recursos, problema que se le atribuye a la distribución desigual del recurso en el territorio (Rolland y Cárdenas, 2010).

Asimismo, en 1992, se decreta la Ley de Aguas Nacionales, por el presidente Carlos Salinas de Gortari, en donde la presente ley se aplica a todas las aguas nacionales, sean superficiales o del subsuelo, tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control (COLMEX, 2010). Conforme a lo señalado anteriormente, México adoptó políticas públicas en torno a sus recursos hídricos hasta 1992, mismas que se caracterizaban por ser un modelo de gestión sumamente centralizado y una concentración de instituciones federales (Rolland y Cárdenas, 2010).

Figura 2. Evolución de la reglamentación de aguas en México



Fuente: Elaboración propia con datos de COLMEX (2010)

Si bien, existen diversas definiciones del concepto de gestión, algunas que se aproximan a la gestión con un enfoque urbano, rurales y, por último, el enfoque en torno a la gestión del recurso hídrico (Rodríguez, 2014).

La gestión territorial en el sector rural implica un proceso de apropiación del espacio por parte de las personas que habitan ese territorio, en donde se supone un control en cuanto al manejo del poder y de esta manera abarcar un campo multidisciplinario basado en las experiencias de planificación y desarrollo de una manera participativa, tomando en cuenta la identidad como un factor muy importante, el cual funge como un proceso que ayuda a establecer soluciones, para de esa manera inducir una mejora en la calidad de vida (Gómez et al., 2005).

### 2.2.1 Gestión integrada de los recursos hídricos

Así mismo la LAN, define la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos como el “proceso que promueve la gestión y desarrollo coordinado del agua, la tierra, los recursos relacionados con éstos y el ambiente, con el fin de maximizar el bienestar social y económico equitativamente sin comprometer la sustentabilidad de los ecosistemas vitales” (DOF, 2016), pese a esta definición, este concepto se incluye en el *Plan Nacional de Desarrollo* hasta 2007.

Según los autores (Valencia et al., 2004), la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos (GIRH), refiere a un “*enfoque de política pública, incremental y adaptativo, que persigue el desarrollo y manejo coordinado del agua, la tierra y los recursos relacionados*”, con el propósito de generar un buen aprovechamiento de los recursos, de acuerdo con los objetivos nacionales de desarrollo económico y social, bajo el criterios de sostenibilidad ambiental, el cual busca establecer objetivos mediante un proceso de planeación estratégica, en ese sentido la GIRH reconoce, que los retos deben resolverse con la participación de todos los actores involucrados y no exclusivamente del Estado.

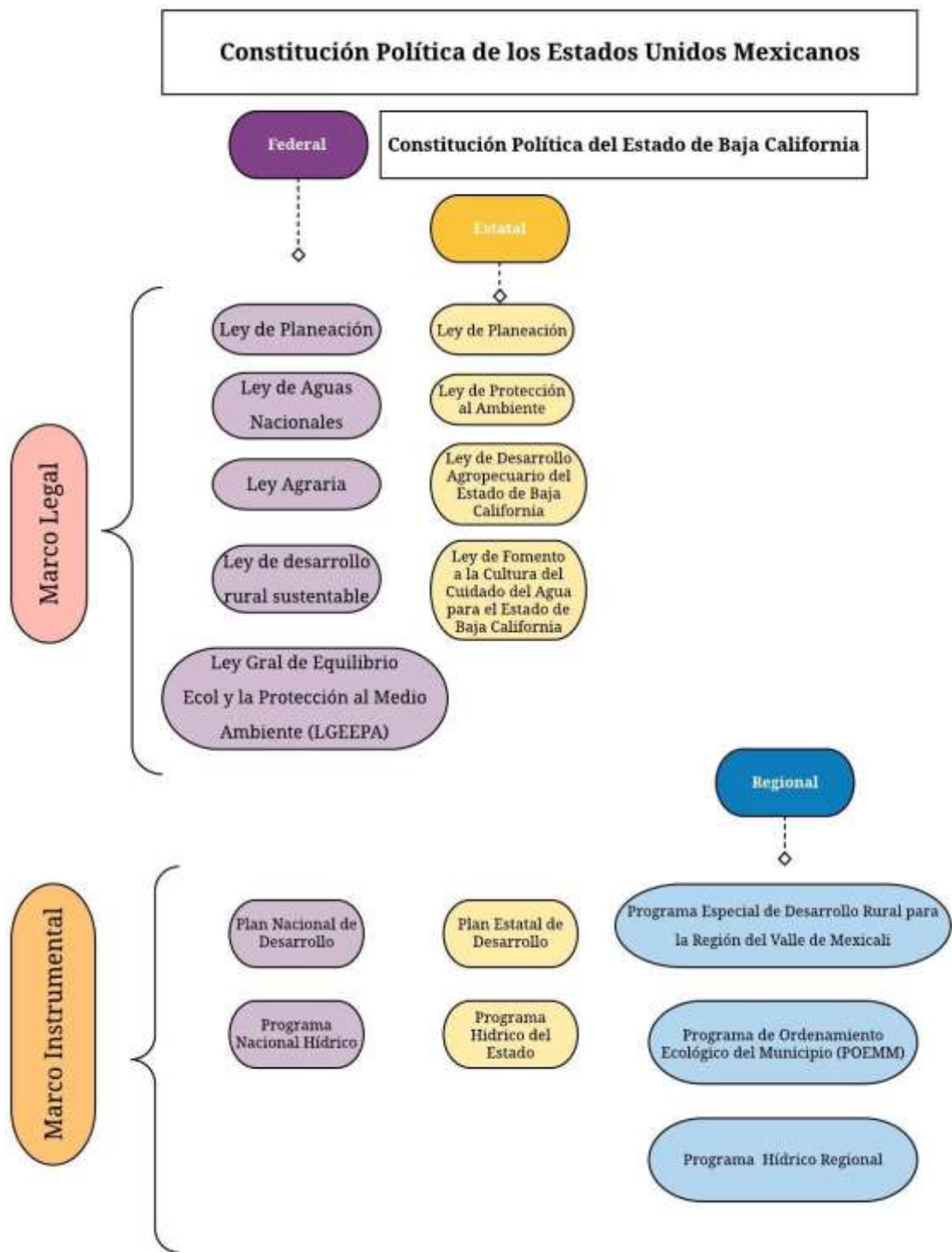
De acuerdo con la LAN, “La gestión del agua comprende en su totalidad a la administración gubernamental del agua”, y lo define como, el “proceso mediante el cual coordinadamente el Estado, los usuarios del agua y las organizaciones de la sociedad, promueven e instrumentan para lograr el desarrollo sustentable en beneficio de los seres humanos y su medio social, económico ambiental” (DOF, 2016).

### **2.3 Análisis del Marco legal en materia de planeación hídrica**

La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos es la Ley máxima que rige la vida económica, social y política en México, funge como respaldo para el Congreso de la Unión y las legislaturas en cada Estado para la expedición de las Leyes federales y locales. Asimismo, la base para la elaboración de un plan de desarrollo estatal o municipal se fundamenta en las normas e instrumentos principales como la constitución política y la ley de planeación a nivel nacional y estatal, así como el plan de desarrollo. De acuerdo con el artículo 40, de la ley de planeación para el desarrollo de Baja California, el Plan Estatal de Desarrollo tendrá una vigencia de seis años y debe estar relacionado con el Plan Estratégico del Estado.

En acorde al artículo 52, los instrumentos normativos, que representan las obligaciones establecidas en los planes, como el cumplimiento de objetivos, líneas de acción, seguimiento y evaluación, estarán en base a las leyes y reglamentos administrativos que deriven de las dependencias o entidades de la administración pública (Periódico Oficial del Estado, 2015), es así que se conforma el marco legal e instrumental para el desarrollo de un plan o programa, asociado al uso del recurso hídrico (ver Figura 3).

Figura 3. Marco legal y principales instrumentos de planeación, en el manejo del agua.



Fuente: Elaboración propia

### 2.3.1 Análisis de los principales instrumentos de planeación y gestión referentes al manejo del agua para riego en la agricultura.

De acuerdo con los planes de desarrollo a nivel municipal, se encontró que hay una preocupación por los recursos naturales, pero no hay ninguna política que apunte a la planeación hídrica hacia los rectores agrícolas, por lo tanto, no se llega a ninguna estrategia o línea de acción. Por otro lado, se analizaron los diferentes Planes Estatales de Desarrollo que abarcan el periodo de 2003 a 2018, de este modo, se pudo observar que se toma en consideración la alineación al Plan Nacional de Desarrollo y los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), debido a que se da a conocer la nueva Agenda de Desarrollo Sostenible, con objetivos, metas y una visión 2030. En el plan estatal de desarrollo de 2002, se observa, una preocupación en términos generales por perfeccionar la gobernanza, ser más incluyentes y mejorar las capacidades de gestión, no obstante, no se encontró ninguna estrategia acorde a la preocupación por el uso eficiente del agua (COPLADE, 2002). El plan estatal de desarrollo de 2008, mantiene un sentido de preocupación por la competitividad y el desarrollo económico, en base al aprovechamiento de las vocaciones regionales, con el fin de impulsar la productividad agropecuaria y la diversificación de actividades económicas en el sector agropecuario, con el objetivo de fomentar un uso eficiente del agua (COPLADE, 2008). El plan estatal de desarrollo de 2014, sigue con la finalidad de fortalecer las actividades económicas arraigadas de la región e impulsar la productividad, además, aquí se hace hincapié al fomento de la reconversión productiva y tecnológica, de cultivos que requieran menos volumen de agua y sean de mayor demanda en el mercado. Además se consideran las políticas ambientales para la conservación del medio ambiente, que permita un desarrollo sustentable y se establece implementar los parámetros internacionales para lograr la industrialización de las actividades agropecuarias, potencializando la capacidad productiva de la región y uno de los proyectos importantes es la Conclusión del Centro de Capacitación, Investigación e Innovación Agropecuaria y Alimentaria (CCIIA), (COPLADE, 2013a).

Asimismo, el Plan Estratégico de Baja California 2013, tiene por objetivo realizar una síntesis de los programas institucionales elaborados en el plan del mismo periodo, de este modo, se da continuación con la estrategia de creación del Centro Estatal de Investigación de Productividad Agrícola y Pecuaria, así mismo, le da importancia a la modernización de la

infraestructura hidroagrícola para el uso eficiente del agua a nivel parcelario (GOBBC, 2014).

Por otra parte, se puede afirmar que al programa hídrico se le atribuye mayor relevancia, en cuanto a los objetivos, pues este se encuentra directamente relacionado, a las problemáticas hídricas del sector agrícola, haciendo énfasis al uso eficiente del agua, así como de acciones de mejora en el sector (ver Tabla 2).

Tabla 2. Principales instrumentos de planeación en relación con el uso del agua Agrícola

<b>Periodo Administrativo</b>	<b>Objetivo</b>	<b>Política/Estrategia</b>
<b>Plan Estatal de Desarrollo de Baja California 2002-2007</b>	Perfeccionar el quehacer del gobierno en su acción promotora, incluyente y con capacidad de gestión (COPLADE, 2002).	*
<b>Plan Estatal de Desarrollo de Baja California 2008-2013</b>	Promover la competitividad del estado con base en los recursos y vocaciones regionales, aprovechando ventajas competitivas para el logro de un desarrollo económico y garantizar el manejo sustentable de los recursos naturales del estado (COPLADE, 2008).	Impulsar y apoyar la diversificación de actividades económicas en el medio rural. Fomentar la producción agropecuaria de alta rentabilidad. Apoyar el mejoramiento sustancial de la infraestructura y equipamiento para la producción agropecuaria. Promover la concertación interinstitucional y con productores para la aplicación de acciones de recuperación y mejoramiento de suelos y agostaderos. Coadyuvar en el esfuerzo institucional para garantizar la recarga de acuíferos. Fomentar el uso eficiente del agua. Mejorar los procesos de planeación y ejecución de programas públicos.
<b>Plan Estatal de Desarrollo de Baja California 2014-2019</b>	Fortalecer las actividades económicas arraigadas en la región e impulsar nuevas actividades con alto potencial de crecimiento. Impulsar la productividad en el sector agroalimentario. Fomentar la reconversión productiva y tecnológica hacia cultivos con menores requerimientos hídricos y mayor demanda en el mercado. Impulsar políticas ambientales para proteger y conservar el medio ambiente y sus recursos naturales, a través de una regulación que permita el desarrollo sustentable y mejore la	Reactivar las actividades agropecuarias y lograr su industrialización con parámetros internacionales. Incrementar la infraestructura de apoyo para la producción de las actividades económicas en el Estado potencializando la capacidad productiva de la región, generando un crecimiento sustentable. Promover el desarrollo de actividades agropecuarias de alta rentabilidad. Promover la inversión pública y privada en las actividades agropecuarias que permitan una mayor integración, generando un incremento en el valor económico.

	<p>calidad de vida de la población de Baja California y la región transfronteriza (COPLADE, 2013a).</p>	<p>Crear un centro de investigación de productividad agrícola y pecuaria estatal.  Implementar un plan de reactivación económica para el Valle de Mexicali.  Capacitar a los productores agropecuarios con nuevas técnicas y formas de producción para alcanzar mayores niveles de productividad.  Actualizar el marco jurídico y observar su estricto cumplimiento para asegurar el uso sustentable de los recursos suelo y agua.  Establecer un programa agropecuario que contemple recursos para la tecnificación, uso eficiente del agua, capacitación y financiamiento.  Promover la recuperación y uso sustentable de los acuíferos.  Programa de Georreferenciación de Cultivos  Crear el Centro de Capacitación, Investigación e Innovación Agropecuaria y Alimentaria de Baja California.  Desarrollar programas de autorregulación, certificación y de inspección y vigilancia ambiental para el sector productivo.</p>
<b>Plan Estratégico de Baja California 2013-2019</b>	<p>El plan estratégico es una síntesis de diversos programas institucionales, elaborados a partir de las demandas ciudadanas, en el cual se definen políticas y estrategias (GOBBC, 2014).</p>	<p>Creación del Centro Estatal de Investigación de Productividad Agrícola y Pecuaria.  Tecnificación y uso eficiente del agua de riego a nivel parcelario. Modernización de la infraestructura hidroagrícola.</p>
<b>Plan de Ordenamiento Ecológico del Municipio Mexicali 1995</b>	<p>Generar un instrumento técnico normativo, como base de gestión ambiental para alcanzar un desarrollo sustentable en la región.  Establecer un modelo de ordenamiento ecológico que precise las políticas ambientales de protección, aprovechamiento, restauración y conservación de las vocaciones de uso del suelo, para el manejo racional de los recursos naturales y la protección al medio ambiente en el Municipio (POEMM, 1995), (POEMM, 2000).</p>	<p>Ordenar los usos del suelo en el Municipio fuera de los centros de población.  Determinar lineamientos de ordenamiento ecológico, que regulen las actividades productivas actuales y futuras.  Proponer alternativas de cambio de usos de suelo en base a la vocación del territorio.  Establecer políticas de protección y conservación de ecosistemas susceptibles a sufrir procesos de deterioro.</p>
<b>Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio Mexicali 2000</b>	<p>Mejorar las condiciones de la vida social para el desarrollo pleno del ser humano, en un ambiente de colaboración activa y solidaria de la población (POEBC, 2014).</p>	<p>Es necesario en el futuro próximo procurar el incremento en los rendimientos por hectárea en lugar de ampliar la superficie sembrada, mismos, mediante la aplicación de técnicas adecuadas.  Por vocación económica, se recomienda aumentar la superficie a sembrar de cultivos hortícolas y frutales.  Se presentan criterios de regulación ecológica en el manejo de agua, el cual señala que se debe contar con sistemas eficientes para el uso del agua, la captación de agua pluvial, el tratamiento</p>

		<p>de aguas residuales y el manejo de residuos sólidos, así como con sistemas de generación de energía alternativa.</p> <p>Con el cambio en el modelo de producción, de agricultura intensiva y de uso tradicional hacía una agricultura intensiva y tecnificada, se busca rentabilidad y aumentan o se mantienen los niveles de producción, pero no se consideran aspectos como la conservación de la biodiversidad.</p> <p>Deberán mejorarse los sistemas de irrigación para ahorro del recurso.</p> <p>Mejorar los sistemas de utilización de agua de riego para no provocar la elevación de los niveles freáticos, lo cual provoca la salinización de los suelos.</p> <p>Mejorar los sistemas de irrigación, para ahorro del recurso.</p>
<b>Programa Estatal Hídrico 2008-2013</b>	<p>Lograr la seguridad en el suministro del agua que requiere el Estado de Baja California para su bienestar y desarrollo, realizar su uso eficiente, establecer su valor estratégico y económico, proteger los cuerpos de agua y preservar el medio ambiente para las futuras generaciones (CEA, 2008).</p>	<p>Definir nuevas fuentes de abastecimiento de agua.</p> <p>Consolidar la participación de los usuarios, la sociedad organizada y la cooperación binacional en el manejo del agua y promover la cultura de su buen uso.</p> <p>Desarrollar, técnica, administrativa y financieramente, al sector hidráulico.</p> <p>Transparencia en la información sobre disponibilidad, uso y manejo del agua, así como del ejercicio de los recursos.</p> <p>Instituir la investigación y capacitación en materia de agua.</p> <p>Restauración, conservación y uso sustentable de los acuíferos.</p> <p>Desarrollo de la cultura del agua de acuerdo con las características de la región.</p>
<b>Programa Estatal de Desarrollo Agropecuario 2015-2019</b>	<p>Transformar el conjunto de condiciones y procesos económicos, tecnológicos y empresariales de los productores para potenciar competitiva y sustentablemente las cadenas de valor de los agroclústers, traduciéndose en mayores niveles de bienestar de la población rural (COPLADE, 2015).</p>	<p>Promover el desarrollo de las actividades agropecuarias de alta rentabilidad.</p> <p>Capacitar a los productores agropecuarios con nuevas técnicas y formas de producción para alcanzar mayores niveles de productividad.</p> <p>Actualizar el marco jurídico y observar su estricto cumplimiento para asegurar el uso sustentable de los recursos suelo y agua.</p> <p>Establecer un programa agropecuario que contemple recursos para la tecnificación, uso eficiente del agua, capacitación y financiamiento.</p>
<b>Programa Hídrico Regional Visión 2030</b>	<p>Asegurar el equilibrio de cuencas y acuíferos, mediante la reducción del consumo, del desperdicio y de las</p>	<p>Apoyar las acciones de mejora de eficiencias en el sector agrícola.</p> <p>Tecnificación de riego parcelario.</p>

	<p>pérdidas de agua en todos los usos. Rehabilitar la calidad del agua en cauces, vasos, acuíferos y playas, y contribuir a rehabilitar los ecosistemas en las cuencas. Asegurar el acceso apropiado a toda la población, especialmente a la vulnerable, a servicios de calidad de agua potable, alcantarillado y saneamiento. Mejorar la eficacia en la gobernabilidad regional de los recursos hídricos y naturales asociados (SEMARNAT, 2012).</p>	<p>Dispositivos ahorradores. El aumento de la productividad manteniendo nutrientes y agua en el suelo. La reducción del consumo de agua e incremento de la productividad mediante el empleo de sistemas de riego localizados (goteo, cintilla, aspersion, etc.). Nivelación de parcelas. Capacitación de regadores.</p>
<p><b>Programa Hídrico del Estado de Baja California visión 2035</b></p>	<p>Guiar la política hídrica del Estado por los próximos 20 años, para garantizar agua suficiente y de calidad para el desarrollo integral y sostenible (CEABC, 2016).</p>	<p>Reformas administrativas para aumentar la gestión y eficiencia en el uso de los recursos públicos destinados al manejo sustentable del recurso hídrico. Impulso a políticas públicas para proteger la calidad de vida y la sustentabilidad hídrica. Reforzar los sistemas de registro de volúmenes concesionados y asignados, y simplificar los procesos de transferencia entre sectores. Gestión de acciones para la protección de cuencas y acuíferos. Rehabilitación, mantenimiento, tecnificación y equipamiento de distritos de riego.</p>

Fuente: Elaboración propia en base a los diferentes planes.

\*No se encontró información.

### 2.3.2 Identificación de los principales actores relacionados

Los principios esenciales que operan en la identificación de actores son la inclusividad, la pertinencia y la perspectiva de género; con el propósito de asegurar la inclusión de todos los actores pertinentes, promoviendo la equidad y la justicia social, incluyendo los grupos más vulnerables, con igualdad de género en los procesos participativos. Otro de los propósitos es el de maximizar el papel de cada actor, con la involucración de cada uno en las estrategias y líneas de acción para un desarrollo sustentable UN-HABITAT (2002).

De acuerdo con Ardón et al. (2017), existe dificultad en la definición de los actores que participan en la toma de decisiones, ya que estos se encuentran en función a los aspectos

operativos y la implementación de la participación y la crítica de los intereses personales. En ese sentido, se origina una falta de diálogo, haciendo que sólo los actores de índole institucional se relacionen en los temas del agua. Por otra parte, los actores que se encuentran involucrados son muchos, lo que provoca una complicación en la planeación, al no haber claridad en las funciones y objetivos de cada organismo, de modo que llegar a las estrategias y soluciones, ya en temas de gestión dependen de las soluciones técnicas.

Es trascendental realizar un análisis a partir de la identificación de los principales actores, que caracterizan el sistema rural de la planificación y gestión del agua, en ese sentido, la identificación de actores podría tomarse como un instrumento importante para la participación conjunta de todos los actores y de esta manera tener la certeza que se tomaron todos los puntos de vista necesarios para cualquier tipo de actividad y toma de decisiones en torno al recurso hídrico. De acuerdo con el Manual de Gestión Urbana Participativa de (UN-HABITAT, 2002), se despliega un listado (ver Tabla 3), de los principales actores que se relacionan en el tema de gestión de agua para riego en el sector agrícola de Mexicali Baja California.

Tabla 3. Principales actores relacionados con el manejo del agua en el sector agrícola

<b>Actores relacionados con el agua en el sector agrícola</b>		
<b>Institucional</b>	<b>Mixto</b>	<b>Social</b>
Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA)	Consejo de Cuenca	Organizaciones no gubernamentales (ONG)
Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)	Agricultores	Activistas
Comisión Nacional del Agua (CONAGUA)	Módulos de riego	Académicos
Organismo de Cuenca	Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS)	
Distrito de Riego Rio C.		
Registro Público del Agua (REPGA)		

Fuente: Elaboración propia.

### 2.3.3 Funciones de los principales actores

De acuerdo con el Artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, establece que la Ley de Aguas Nacionales (LAN) es reglamentaria y el Artículo 1ro de esta ley, señala que sus disposiciones son de orden público e interés social, la cual tiene por objeto regular la explotación, uso o aprovechamiento de dichas aguas, su distribución y control, así como la preservación de su cantidad y calidad para lograr su desarrollo integral sustentable (DOF, 2016).

Asimismo, la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), se encarga de proponer la política nacional hídrica, expedir normas oficiales, en materia ambiental, hídrica y de vida silvestre al Ejecutivo Federal, con la finalidad de fomentar la restauración y conservación de los recursos naturales (SEMARNAT, s/f). Seguido de las leyes reglamentarias, acuerdos internacionales y secretarías, se encuentra la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el cual es un órgano desconcentrado de la SEMARNAT, con funciones de derecho público en materia de gestión de aguas nacionales (ver

Figura 4), con autonomía técnica, ejecutiva, administrativa, presupuestal y de gestión, para la consecución de su objeto, la realización de sus funciones y la emisión de los actos de autoridad que conforme a la LAN (DOF, 2016).

Adscrita directamente a CONAGUA se deriva el organismo de cuenca, el cual es una unidad técnica administrativa y jurídica, con carácter autónomo y gubernamental y se encarga de presentar informes a la comisión y el consejo consultivo de cuenca, expedir los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga. De modo que el Consejo de Cuenca, es un órgano afiliado de integración mixta, orientada a formular y ejecutar programas y acciones para la mejor administración de las aguas, el desarrollo de la infraestructura hidráulica y de los servicios respectivos y la preservación de los recursos de la cuenca, los Consejos de Cuenca no están subordinados a "la Comisión" o a los Organismos de Cuenca, considerarán la pluralidad de intereses, demandas y necesidades en la cuenca o cuencas hidrológicas que correspondan (DOF, 2016).

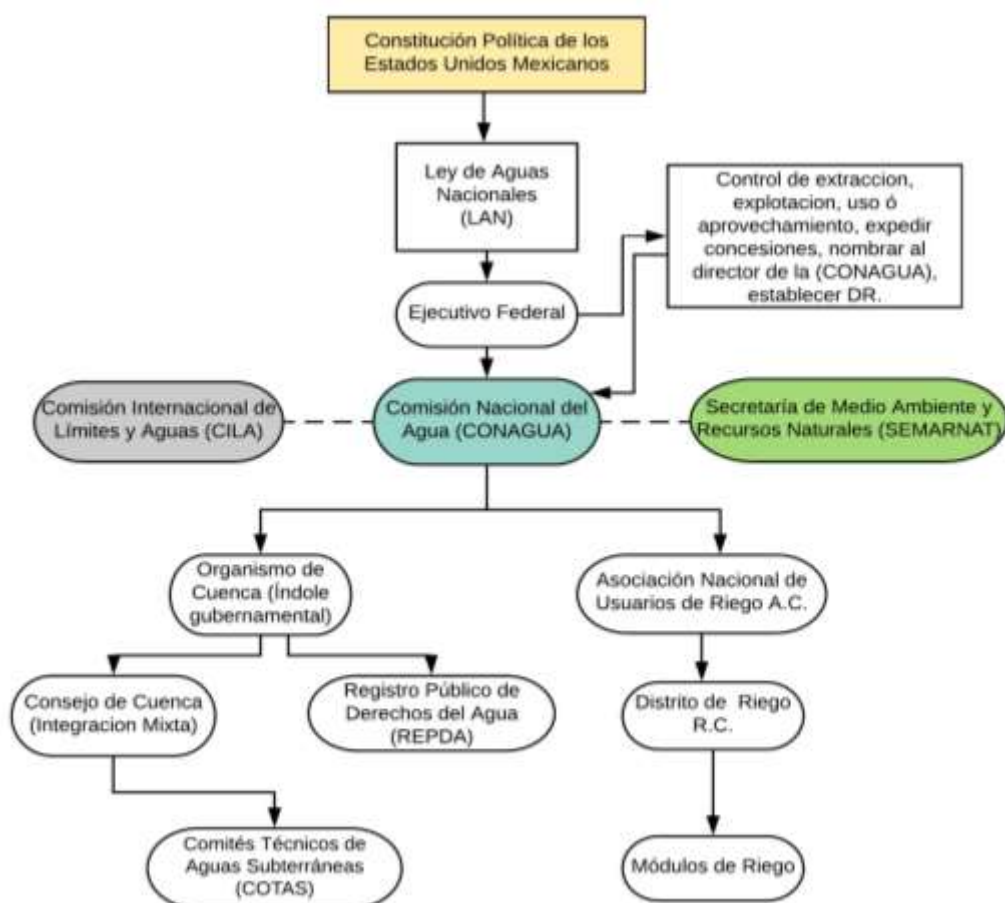
Así pues los Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS), se conducen como órganos auxiliares del Consejo de Cuenca, los cuales son responsables de colaborar con las autoridades en la preservación del recurso hidráulico en cantidad y calidad, en los términos que marca la LAN y su Reglamento, facilitan el uso y aprovechamiento de las aguas subterráneas, a fin de evitar la sobreexplotación y contaminación de los acuíferos, a través de la formulación de programas y acciones que permitan su preservación (Consejo de Cuenca de BC Y MSLRC, 2017).

El Registro Público del Agua (REPDA), es el registro que proporciona información y seguridad jurídica a los usuarios de aguas nacionales y bienes inherentes a través de la inscripción de los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga, así como las modificaciones que se efectúen en las características de los mismos (DOF, 2016).

En 1998 se integra la concesión del gobierno federal para operar, conservar y administrar la Infraestructura Hidráulica de la red mayor del Distrito de Riego 014, Río Colorado, ubicado en los Valles de Mexicali, en Baja California y de San Luis Río Colorado, en Sonora. El distrito de riego se encarga de proporcionar, el servicio de entrega de agua en bloque a través de la red mayor a los módulos de riego y a los organismos operadores urbanos,

con oportunidad, eficiencia, equidad y en la cantidad a la que tienen derechos, para beneficio y progreso de los productores agrícolas y población de esta región en los estados de sonora y baja california (Distrito de Riego Río Colorado, s/f).

Figura 4. Actores relacionados a la administración del agua en el sector agrícola de Mexicali



Fuente: Elaboración propia en base a los diferentes instrumentos de planeación.

## 2.4 La gobernanza y gobernabilidad del agua un desafío de gestión

Para definir el concepto de gobernabilidad de manera más concreta, hay que definir el concepto de gobernanza, en relación a ello, el autor (Quintero, 2017), señala que es un proceso mediante el cual, los actores sociales, se coordinan para la construcción de instrumentos de gobierno. The Global Water Partnership (GWP), se refiere a la gobernanza del agua como el marco de la estructura política, social, económica y legal (Kindler & Liiv, 2003), asimismo la gobernanza incluye las mejoras en el mismo marco, así como la distribución de los recursos, no obstante, uno de los elementos más importantes y problemas de la gobernanza, están en la toma de decisiones y en cómo otorgar poder a cualquiera de los actores en relación, en ese sentido, la gobernanza del agua está ligada a la conformación y

toma de decisiones, procesos y comportamientos en el ejercicio del poder y la inclusión de todos los actores sociales (Domínguez, 2018). El autor Quintero (2017), señala que de acuerdo con los distintos modos de gobernanza e interacciones entre sus actores, se desarrollan distintos órdenes: de aprovechamiento de oportunidades y resolución de problemas en primer grado, y de entramado institucional y organizacional en un segundo grado. En base al desarrollo de este proceso, es que resulta la gobernabilidad.

En efecto, el concepto de gobernabilidad se encuentra estrechamente ligado a las crisis en los sistemas políticos, los cuales apuntan a la incapacidad de los gobernantes y las demandas excesivas de los ciudadanos (Alcántara, 1994), lo cual confluiría en una situación de ingobernabilidad. Desde un punto de vista más económico, algunos estudiosos afirman que la gobernabilidad se refiere al sistema amplio de gobierno social, el cual no se limita al gobierno como el principal responsable, en la toma de decisiones, la gobernabilidad es de vital importancia para los resultados económicos, sociales y ambientales, considera la manera en que las políticas son ejercidas en la gestión de los recursos (Rogers & Hall, 2003). El Segundo Informe de las Naciones Unidas sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo de la UNESCO (2006), hace alusión a que los problemas del agua son por consiguiente, un problema de gestión, al cual después de una evaluación del recurso en el planeta, se le denomina como gobernabilidad del agua ya que dentro del marco de desarrollo, la gestión del agua debe tener una responsabilidad compartida, considerando intrínsecamente el desarrollo y bienestar humano.

El problema del agua en América Latina es de gobernabilidad, según Domínguez (2018), y es que el problema de gobernabilidad se encuentra en la priorización de las políticas públicas, en el uso del agua, en el abastecimiento con equidad, en la descoordinación y en la inexistente continuidad y seguimiento. En ese sentido, se puede entender por gobernabilidad a las condiciones favorables que concurren al hacer gobierno (Alcántara, 1994) y de acuerdo con Domínguez (2018), el concepto de gobernabilidad incluye la gestión integral de los recursos y la participación de todos los actores sociales en la conformación de las decisiones, coordinarse en la priorización y toma de decisiones. De carácter fundamental, la gobernabilidad podría definirse a la “capacidad de gobierno” (Alcántara, 1994).

## **CAPITULO 3. ANÁLISIS DEL SECTOR AGRÍCOLA**

En este capítulo se analizará el papel de la agricultura en México desde el milagro mexicano, mismo que se caracterizó por mantener un crecimiento sostenido y una transición hacia una nación industrial, así como algunas de las problemáticas, características y el degradamiento del sector agropecuario.

### **3.1 La evolución del sector agrícola en México**

El papel de la agricultura en la literatura clásica se catalogaba como el motor para el desarrollo industrial, una agricultura dinámica era necesaria para mantener una sinergia entre el sector rural y la ciudad, ya que propiciaba la concentración y acumulación de capital, asegurando el abastecimiento de las ciudades y la industria, permitiendo la migración de la población rural sobrante, hacia el sector industrial urbano, así es como se vivió el “milagro mexicano” (De Grammont, 2010). El sector agrícola desde el inicio de los tiempos ha suministrado alimento a la población, esta evolución en el sector agrícola se debe a diferentes factores como el crecimiento de la población, que conforme va creciendo, genera un aumento en la productividad, tecnologías, aspectos sociales y políticas económicas (Cruz y Polanco, 2014). Todo ello deriva a la generación de empleos e ingresos, el cual a su vez demandará mayor cantidad de alimento, por lo que el sector agrícola económicamente funge como la base para que el sector industrial se fortalezca y expanda, mismo que permite ser un impulsor del crecimiento económico, de modo que la agricultura viene a desempeñar la columna vertebral, para la gestión sostenible del agua y el desarrollo económico, aumentando el uso eficiente de los recursos (Martin-Nagle et al., 2012).

No obstante, algunos estudiosos señalan, que la dinámica de la agricultura y las políticas de desarrollo aplicadas durante el periodo de (1950-1970), durante el llamado “milagro mexicano”, encontraron un límite con la globalización, pues si bien, los procesos de automatización han permitido mejorar la rentabilidad, no obstante el crecimiento industrial ya no depende de la prosperidad de la agricultura y con ello la disminución de las fuentes de empleo, situación que marcó una reestructuración productiva, pues, de (1989-1994), con Salinas de Gortari, se aceleraron los procesos de apertura comercial y aplicación de políticas de privatización en la economía nacional, de acuerdo con De Grammont (2010),

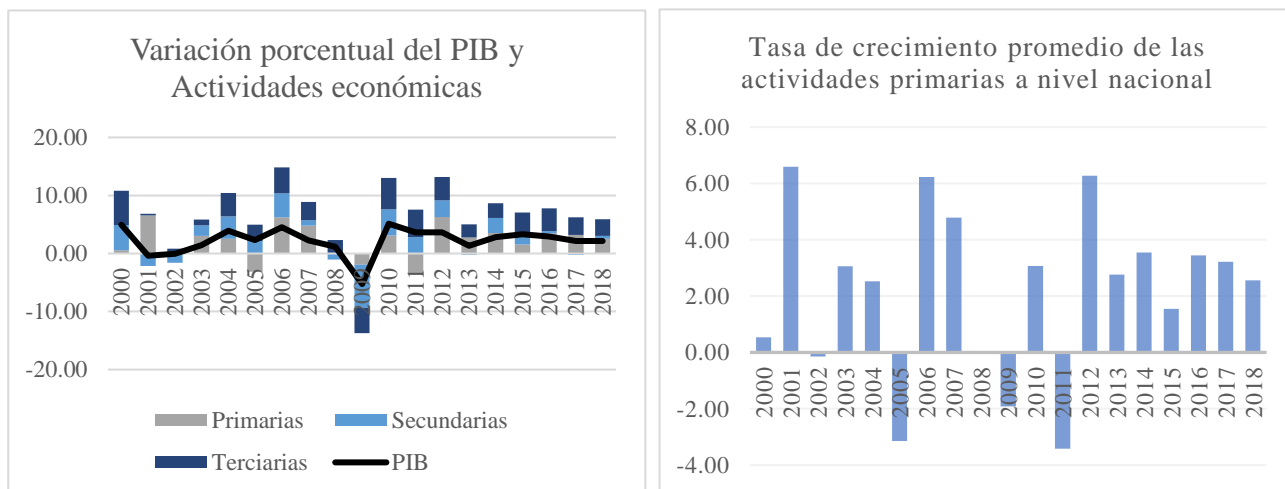
hay dos procesos importantes dentro del desarrollo agrícola, uno es el incremento de la producción gracias a la reestructuración tecnológica y el incremento de la desigualdad, pues la mayoría de las empresas que logran sobrevivir a la caída de los precios, se mantienen en el mercado gracias a su productividad, las demás son para autoconsumo o desaparecen, en consecuencia, muchos abandonaron la actividad agropecuaria, migrando en busca de un salario, asimismo, los préstamos en apoyo al sector disminuyeron, en la que intervinieron muchos factores, uno de ellos la edad de los jefes de la unidad productiva y el nivel educativo, que sin duda es una limitante para la población más desfavorecida. Además De Grammont (2010) señala, que una agricultura eficiente es aquella “que se ubica en cadenas productivas en donde prevalece la agricultura a contrato controlada por las comercializadoras y las industrias de dicho ramo”, miles de empresas concentran su producción para exportar y las empresas más grandes tienen sus propias comercializadoras, lo que les permite controlar parte del sector y en consecuencia desaparecen muchos productores.

Se ha incrementado la productividad gracias a las nuevas tecnologías, no obstante, todos estos procesos han conducido a una situación de insustentabilidad ante la creciente demanda del mercado de consumo, situación que no podrá mitigarse y conducirá un deterioro con el tiempo, si no se cambian las condiciones de monocultivo (Zinck et al., 2005). Del mismo modo Flores y Juárez (2006), señalan de importancia las formas de manejo de los recursos y la reconversión del modelo de agricultura actual.

En México, la gestión del recurso hídrico representa un desafío y es que de acuerdo con Sisto (2010), el sector primario es uno de los sectores que consume más del 85% del recurso hídrico para riego de cultivos. La aportación de las actividades primarias al PIB se ha visto degradada a lo largo del siglo XX, de manera que ha disminuido en comparación a las actividades secundarias y terciarias, esto debido al cambio en la distribución de la población y con ello la reducción de los mexicanos ocupados en el sector primario, que de acuerdo con CONAGUA (2018), de 1950 a 2018, ha disminuido la tasa de ocupación en el sector primario de un 58.3% a un 13.0% y con ello el incremento de la población ocupada en el sector terciario del 25.7% a un 60.8% en el cuarto trimestre de 2017. Asimismo, en el periodo (2000-2018), se puede observar una tendencia similar (ver

Figura 5).

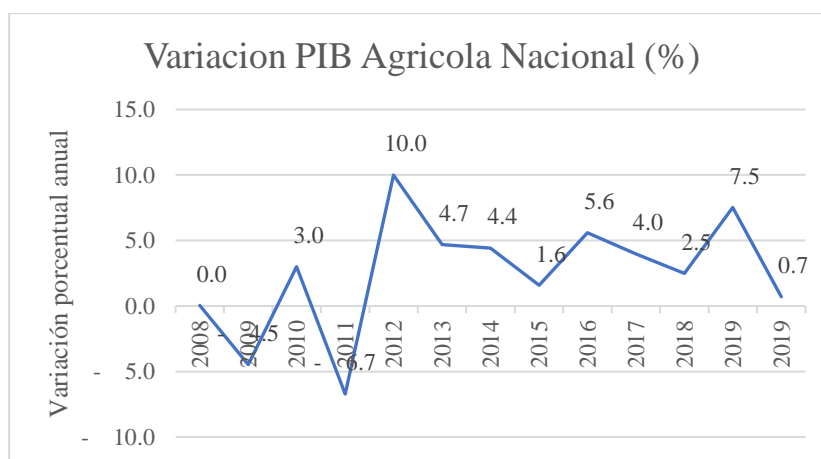
Figura 5. Variación porcentual del PIB por actividad económica



Fuente: Elaboración propia con datos del, Banco de México (2018b) y Banco de México (2018a).

En 2011, se presenta una reducción del crecimiento a nivel mundial de acuerdo con Basurto y Escalante (2012), y en 2012 se presenta una etapa de recuperación de la economía, la cual se ve reflejada con el aumento al 10% de la aportación agrícola en el PIB nacional (ver Figura 6). Seguido de una desaceleración del PIB, ocasionada por una contracción de las exportaciones agropecuarias. En el primer trimestre de 2019, el PIB agrícola creció a un 7.5%.

Figura 6. Variación porcentual anual del PIB Real del sector agrícola nacional



Nota: PIB Real a Precios del 2013. Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2019).

En México, existen alrededor de 30 millones de hectáreas agrícolas, de las cuales alrededor de un 22% es de riego y el resto de temporal, la superficie sembrada anualmente es de un 73% aproximadamente, además de cada 100 litros de agua empleados en México, 76 son de uso agropecuario, para 2017 el grado de presión hídrica<sup>1</sup> a nivel nacional fue de 19.5%, el cual se considera bajo, es decir “*sin presión*” (CONAGUA, 2018c). En Baja California el grado de presión hídrica de 2003 a 2017 rebasa el 70%, en 2018 el estrés hídrico aumento a un 90% (CONAGUA, 2018b).

De acuerdo con la Encuesta Nacional Agropecuaria 2012 (INEGI), la mano de obra en el sector agropecuario mantuvo un 61.4% de personas que fueron contratadas por menos de seis meses, de los cuales destacan los jornaleros, por otra parte el personal contratado por más de seis meses representa un 6.0%, algunos de los principales problemas de producción que se enuncian en 2012, se centran principalmente en la falta de apoyos con un 83.2%, seguido de los altos costos de insumos y servicios con 81.4% y la pérdida de producción por cuestiones climáticas con un 74.0%, otras de las problemáticas que se exponen, son la falta de capacitación y asistencia técnica, la pérdida de la fertilidad del suelo y la infraestructura insuficiente para la producción (INEGI, 2012), lo que refleja un inadecuado manejo de los recursos y da una mayor relevancia al cuidado de los mismos.

Asimismo, un 75% de los productores son mayores de 45 años, lo que podría representar otro problema en el sector y una decadencia en la agricultura a causa de la edad de los productores. Los cultivos anuales con mayor superficie cosechada en ese mismo año, fue el maíz grano con 7.8 millones de hectáreas, el frijol con 1.7 millones de hectáreas y el sorgo grano con 1.5 millones de hectáreas, los cultivos perennes con mayor superficie cosechada, fue el café con 734 mil hectáreas, la caña de azúcar con 686 mil hectáreas y la alfalfa con 316 mil hectáreas (INEGI, 2012).

En 2014, la Encuesta Nacional Agropecuaria, muestra la mano de obra ocupada en ese año un 59.5% como personal remunerado contratado por menos de seis meses y un 26.4%

---

<sup>1</sup> El grado de presión hídrica, se obtiene de dividir el agua usada (a excepción de la hidroelectricidad), entre el agua renovable, cuando es mayor al 40% se considera alto, cuando es menor a 10% es sin estrés (CONAGUA, 2018c)

de personal no remunerado, en ese mismo periodo las principales problemáticas para la realización de las actividades productivas, se debió a los altos costos de insumos y servicios con un 83.4%, el cual aumento a un 2% respecto al año anterior, la pérdida de la producción por causas climáticas con un 78.2%, el cual mantiene un aumento considerable de esta problemática en un 4.2%, mismas que siguen sobresaliendo como los principales problemas para la realización de actividades agropecuarias (INEGI, 2014a). Los cultivos con mayor superficie sembrada anualmente en 2014, fueron el maíz grano con 6.7 millones de hectáreas, el sorgo grano con 2.1 millones de hectáreas y el frijol con 1.8 millones de hectáreas, los cultivos perennes con mayor superficie sembrada fueron el café con 762 mil hectáreas, la caña de azúcar con 752 mil hectáreas y la naranja con 336 mil hectáreas, destacando el maíz como cultivo anual y la caña de azúcar como cultivo perenne, del 100% de la producción el 73.4% del volumen, es destinado a su venta y un 23.0% es de autoconsumo, el resto son pérdidas por merma (INEGI, 2014a).

En 2017, uno de los principales problemas que siguen prevaleciendo, son los altos costos de insumos y servicios con un 75.7%, el cual disminuyó considerablemente respecto al año anterior un 7.7%, la falta de capacitación y asistencia técnica con un 33.1%, el cual disminuye un 12.4% respecto al año anterior y esto se puede ver reflejado en el nivel de estudios de los productores agrícolas, ya que un 52.2% tiene primaria, 18.9% secundaria, 8.6% licenciatura y un 11.5% no tiene estudios. Asimismo el porcentaje de unidades productoras con agricultura a cielo abierto, según el sistema de riego, el tipo de irrigación más utilizado en el país es el riego por gravedad o rodado con un 70.8%, seguido de la implementación de sistemas de tecnificación como el riego por goteo con un 15.6%, aspersión 5.5% y microaspersión con un 5.2% (INEGI, 2017a).

### **3.2 El sector agrícola en Baja California**

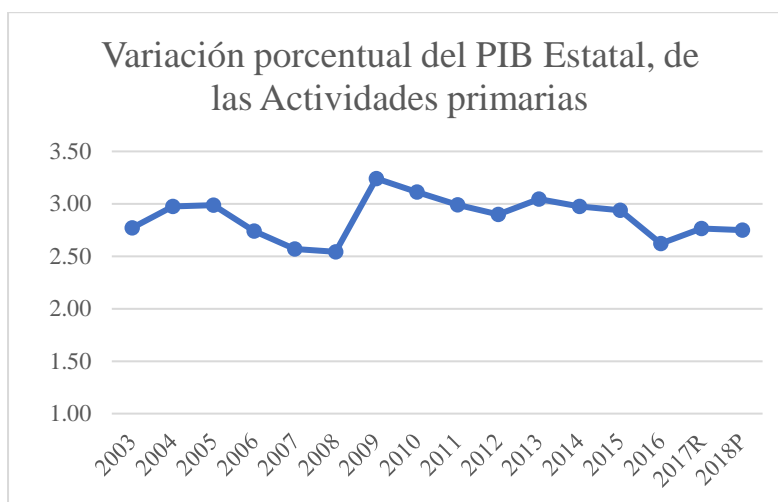
Baja California se encuentra ubicado en una zona de vocación productiva de exportación, gracias a que colinda geográficamente con la frontera de Estados Unidos, ya que en 2011, se estimó que el volumen de las exportaciones en Baja California se posicionó como la segunda entidad en la frontera norte y tercera a nivel nacional en exportaciones agropecuarias (COPLADE, 2015). De acuerdo con el Programa Estatal de Población 2015-

2019, el crecimiento de la población hacia 1930 era superior a los 52 mil habitantes, mismos que se concentraban en su mayor proporción en los municipios de Mexicali y Tijuana (COPLADE, 2017). En 2010, la población en Baja California sumaba los 3 millones 155 mil 070 habitantes (INEGI, 2019b), según proyecciones del Consejo Nacional de Población (CONAPO), de acuerdo con la encuesta intercensal de 2015, del Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), estimó la población en 3,315,766 de habitantes en el estado, lo que representa un 2.8% de la población Nacional (INEGI, 2015), actualmente, el principal crecimiento de la población tiende a concentrarse en los centros urbanos de Tijuana y Mexicali (COPLADE, 2017), y se estima una población de 3 millones 484 mil 150 habitantes en 2020 y rebasar los 4 millones de habitantes para 2030 (COPLADE, 2013b). Asimismo, un 92% de la población, reside en localidades urbanas y el 8% en localidades rurales.

Asimismo, la FAO estima un aumento en la demanda calórica, para países en desarrollo, lo que significa, un aumento en la competencia por los recursos naturales, con el fin de lograr una seguridad alimentaria, además, se espera una reestructuración en la dieta de países desarrollados, hacia productos con mayor aportación nutrimental y menos calórica, como las hortalizas, tubérculos y semillas (FAO, 2017).

De acuerdo con el Programa Estatal de Desarrollo Agropecuario 2015-2019, el sector agropecuario de Baja California, desde hace diez años ha presentado una disminución en la aportación al valor de la producción nacional y con ello una pérdida de competitividad (ver Figura 7), a su vez que se ha detectado una reducción en la superficie cultivada y una pérdida de crecimiento en el sector, una de las causas que se identifican como generadora de la pérdida de competitividad es la escasa cultura empresarial, la desorganización productiva, comercial y territorial, así como el deterioro de los recursos naturales en especial el agua y la capacidad productiva del suelo, los cuales tenderán a ser los factores restrictivos en los próximos años (COPLADE, 2015).

Figura 7. Variación porcentual del PIB, en las actividades primarias de Baja California, periodo (2003-2018)



Fuente: (INEGI, 2019a)

En el año 2007, hay una lenta recuperación de los créditos públicos y privados en el sector agropecuario hasta 2014, no obstante, los niveles de recuperación alcanzados son inferiores que años anteriores de 1995, también en 2007 se genera una brecha entre la banca comercial y la de desarrollo, hasta 2016, ya que en este año se incrementó el financiamiento detonando un incremento de tecnificación en la producción y mayores rendimientos. Otra de las principales limitantes para la producción, es el deterioro de los recursos naturales, como el agua y el suelo, pues se presenta una baja precipitación pluvial en Baja California y la disponibilidad de agua se considera apremiante, al ritmo del crecimiento de la población (COPLADE, 2015).

En Baja California, el uso del agua en el sector agrícola es muy similar al panorama nacional, ya que se destina un 70% de las aguas a este sector (ver Tabla 4) (GOBMX, 2019).

Tabla 4. Usos del Agua en Baja California 2019.

USO	BAJA CALIFORNIA		VOLUMEN TOTAL
	AGUAS SUPERFICIALES	AGUAS SUBTERRÁNEAS	
<b>Agrícola</b>	<b>70.910%</b>	<b>68.676%</b>	<b>70.078%</b>
<b>Agroindustrial</b>	0.000%	0.000%	0.000%
<b>Doméstico</b>	0.001%	0.036%	0.014%
<b>Acuacultura</b>	0.064%	0.009%	0.043%
<b>Servicios</b>	0.085%	0.564%	0.264%
<b>Industrial</b>	2.885%	14.113%	7.069%
<b>Pecuario</b>	0.033%	0.189%	0.091%
<b>Comercio</b>	0.000%	0.000%	0.000%
<b>Otros</b>	0.000%	0.000%	0.000%
<b>Conservación ecológica</b>	0.000%	0.000%	0.000%
<b>Total</b>	<b>100.000%</b>	<b>100.000%</b>	<b>100.000%</b>

Fuente: Elaboración propia con datos del Gobierno de México (2019).

### 3.3 El Sector agrícola en el Valle de Mexicali

Mexicali es la capital del estado de Baja California, llamada así por su frontera con México y California, y mejor conocida por la ciudad que capturó el sol por sus altas temperaturas, a principios del año 1900, Mexicali se encontraba despoblado, con excepción de la comunidad indígena Cucapá y asentamientos, como Los Algodones. La palabra Mexicali representa esta fusión de los vocablos México y California, que en el escudo los separa una línea punteada que simboliza la línea que divide la frontera de California en Estados Unidos, de México (XXIII Ayuntamiento de Mexicali, 2015).

En sus primeros meses Mexicali formó parte del Municipio de Ensenada como una sección municipal adscrita a Los Algodones y después como cabecera de sección, sin embargo, la fundación oficial de Mexicali se considera que tuvo lugar el 14 de Marzo de 1903 con el nombramiento de Manuel Vizcarra como juez auxiliar (GOB BC, 2015b). Y fue en 1914 que se decreta municipio de Mexicali y se convoca a formar un ayuntamiento. La empresa *Colorado River Land Company* se dedicó a rentar terrenos agrícolas a extranjeros, como su principal actividad económica, considerando a los mexicanos simples trabajadores, dadas las desigualdades sociales y económicas, se dio pie a un conflicto agrario conocido

como el “Asalto a las Tierras” en 1937, movimiento organizado por campesinos, que lucharon por su derecho a tener tierras después de un tiempo de solicitarlas al gobierno, fue así que los campesinos se situaron en ranchos que eran trabajados por extranjeros, colocando una bandera roja en muestra de inconformidad y señalando la apropiación de la tierra. De esta manera los campesinos se instalaron en el Valle de Mexicali utilizando su principal fuente de recurso y es así como se alcanzó un importante nivel de economía y la demanda de algodón en la zona (SEFOA, 2010).

El desarrollo de Mexicali fue impulsado inicialmente por la actividad agrícola, en donde se practica la agricultura de riego (ver Figura 8), con una superficie bruta de 340 ha. No obstante de acuerdo con la encuesta intercensal de 2015, la población de Mexicali se estimó en 988,417 habitantes en el estado (INEGI, 2015), en donde casi un 90% de su población reside en localidades urbanas y el 11% en localidades rurales (COPLADE, 2017).

Los principales cultivos en el municipio son: trigo, cebada, algodón, alfalfa achicalada, avena, ajonjolí, cártamo, sorgo forrajero, hortalizas para exportación y consumo regional; chile, cebolla, col, rabanito, cilantro, lechuga, brócoli, betabel, coliflor, jitomate, tomatillo, pepino, calabaza, quelite y espárrago. Por la abundancia de agua que había en la región y más de 200 mil hectáreas de tierras fértiles, la actividad agrícola ha tenido gran relevancia en este Municipio (GOB BC, 2015a). La actividad económica de mayor importancia en el Valle de Mexicali es la agricultura, donde se desarrollan cultivos cíclicos y perennes que hacen de esta zona el distrito de riego más importante de la República (CONAGUA, 2015).

De acuerdo con Zavala Álvarez (2006), en años previos a 2003 se distinguen cambios en la producción agrícola del Valle de Mexicali, de carácter climático, así como por el efecto de las políticas agrícolas nacionales, pues de 1984 a 1987 se presentaron excedentes de agua debido a los deshielos de las partes altas en estados unidos, en consecuencia, los volúmenes de agua que conduce el Rio Colorado hasta el Valle de Mexicali provocaron inundaciones en diferentes zonas, dando como resultado la disponibilidad hidráulica para mayores superficies de siembra y dobles cultivos, así mismo las políticas agrícolas promovieron la producción a través de créditos y programas de apoyo, estimulando la siembra de mayores superficies de forrajes. No obstante de acuerdo con Zavala Álvarez (2006), la región agrícola del Valle de

Mexicali ya mostraba un estancamiento en el volumen de producción ya que señala un decrecimiento de la frontera agrícola en un periodo de estudio de 1980 a 2003.

Figura 8. Agricultura de Riego Valle de Mexicali



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2014b).

### 3.4 Origen y distribución de volúmenes de agua

El sistema hidrológico de Baja California se encuentra compuesto por el Golfo de California y el Océano Pacífico, en la cual se localiza la cuenca del Río Colorado, la cual tiene origen en territorio estadounidense y contiene agua gracias al deshielo de las montañas rocallosas, el río fluye hacia el golfo de California con una longitud de 2,334 km aproximadamente, recorriendo siete estados en territorio estadounidense (ver Figura 9) y por último recorre 160 km aproximadamente de territorio mexicano entre Baja California y

Sonora, de la extensión de la cuenca, casi un 98% se encuentra en territorio norteamericano y el resto desemboca en territorio mexicano (IMTA, 2020).

Figura 9. Recorrido de la Cuenca Hidrológica del Río Colorado



Fuente: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA, 2020).

Las aguas del río Colorado, son mayormente utilizadas para fines agrícolas, siendo así de gran importancia al ser la principal corriente dentro del municipio. Dicha cuenca es sumamente considerada, como una de las más sobreconsecionadas en el mundo, de acuerdo con el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA), el cual señala que esta problemática fue identificada por el hidrólogo Eugene Clyde La Rue en 1925, recomendaciones que fueron ignoradas, causando así una sobre explotación en la cuenca, ha sido identificada y monitoreada por la NASA desde 2002, encontrando que de 2005 a 2014 la cuenca había perdido alrededor de  $64,800 \text{ hm}^3$  de agua dulce. Del total de los derechos de agua concesionados de la cuenca casi un 92% se encuentra distribuida en los siete estados norteamericanos y el 8.6% en México.

Tabla 5. Derechos de agua concesionados totales (hm<sup>3</sup>).

Estados Unidos			México			Total
Usuario cuenca alta	Volumen (hm <sup>3</sup> /año)	%	Usuario cuenca baja	Volumen (hm <sup>3</sup> /año)	%	
<b>Arizona</b>	62	0.3%	<b>Arizona</b>	3,454	16.0%	<b>México</b> <b>1,850</b> 8.6%
<b>Colorado</b>	4,761	22.1%	<b>California</b>	5,427	25.1%	
<b>Nuevo M.</b>	1,036	4.8%	<b>Nevada</b>	370	1.7%	
<b>Utah</b>	2,109	9.8%	<b>Adicional (Ca.)</b>	1,234	5.7%	
<b>Wyoming</b>	1,283	5.9%				
<b>Total</b>	<b>9,251</b>			<b>10,485</b>		

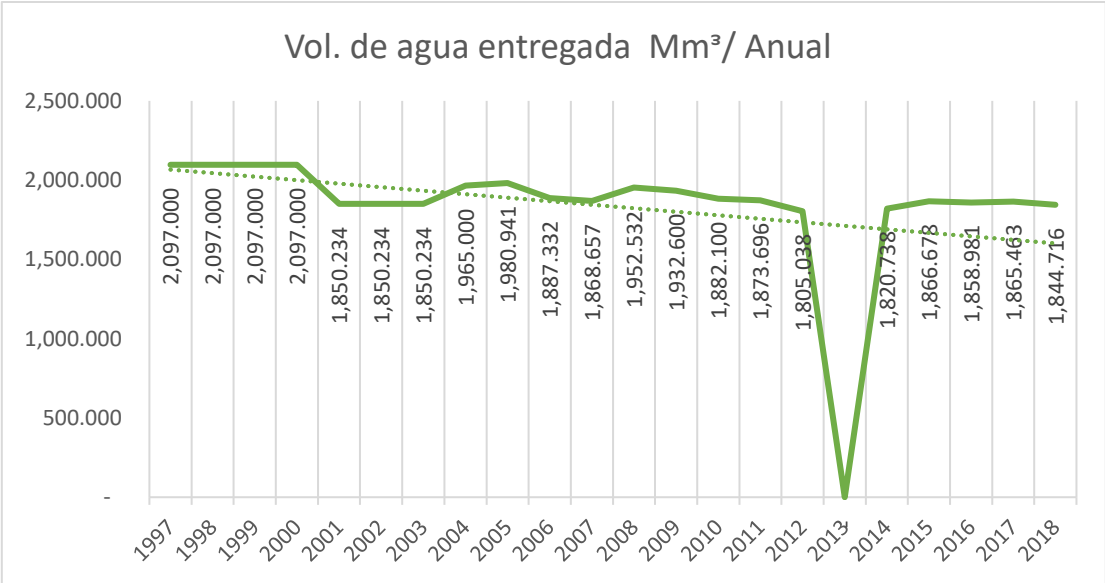
Fuente: Elaboración propia, con datos del IMTA (2020).

A esta problemática se le suman los cambios climatológicos, asimismo, el ciclo del agua se ve alterado, por las diversas infraestructuras hidráulicas, las cuales terminan por afectar la disponibilidad del agua, que de acuerdo a los modelos numéricos y el escenario Representative Concentration Pathway (RCP), los niveles del río descenderán un 19% a un 31% en los próximos 50 años (IMTA, 2020).

Actualmente bajo el tratado de Aguas internacionales celebrado entre México y los Estados Unidos en 1944, se entrega a México un volumen de 1,850,234 millones de metros cúbicos de agua del Río Colorado de los cuales 1,677,545 millones de metros cúbicos son entregados por Lindero Internacional Norte (LIN) en presa Morelos, es así que en el tratado queda plasmado que si existiera un exceso del recurso hídrico, se podrá entregar excedente de hasta 2,096,931 millones de metros cúbicos (CILA, 2018). De acuerdo con datos de la Comisión Internacional de Límites y Aguas (CILA), dicho acuerdo se ha cumplido de manera ininterrumpida, no obstante años previos a 2001 Estados Unidos había entregado volúmenes excedentes a la sección mexicana de 2,097.00 Mm<sup>3</sup>, tal y como se estipula en el tratado de aguas internacionales de 1944 del Río Colorado y es a partir de ese mismo año que principian las reducciones de los volúmenes de agua entregados. Pese a que los volúmenes de agua se vieron en una disminución por parte de la sección estadounidense, los límites van acorde al mínimo estipulado en el tratado, en 2010 con el sismo registrado en el Valle de Mexicali, se firma el acta 318, en el cual México decide diferir la entrega de aguas, permitiendo que el agua se almacenara en presas estadounidenses, en relación a esto se hace un ajuste en el

calendario de entrega de aguas para México para los años 2010 hasta 2013 y esto con motivo a los daños ocasionados en la infraestructura del distrito de riego 014 (ver Figura 10). Pese a que se vio una disminución en los volúmenes entregados por Estados Unidos a partir de 2001, la producción no se ve del todo afectada, puesto que no disminuye de manera alarmante, por lo que, el grado de presión por el recurso hídrico, podría estar estrechamente relacionado a los cambios drásticos en las temperaturas y la sobreexplotación del recurso.

Figura 10. Entrega de volúmenes de agua de la cuenca del Río Colorado a México.



Fuente: Elaboración propia con datos de CILA (2018) e Informes Anuales del CILA (1998-2012)  
 \*2013 – No se encontró información.

3.4.1 Fuentes de abastecimiento y disponibilidad de agua en el Valle de Mexicali

En cada extensión a irrigar, siempre se encontrará una demanda y un abastecimiento de agua, la demanda de agua cambiará con el paso del tiempo y dependerá del tipo de cultivo, clima y la fase del crecimiento en que se encuentra el cultivo. El abastecimiento de agua en un sistema de riego debería ser igual o casi igual a la demanda de agua, la cual sería el total de la necesidad de riego en la extensión del campo, cuando el abastecimiento es mayor a la demanda, las plantas estarían recibiendo agua de más, lo cual afectaría en su crecimiento, o bien derrocamiento de agua (FAO, 1994).

En el ciclo hidrológico una parte importante de las precipitaciones pluviales regresa a la atmosfera en forma de evapotranspiración, mientras que el resto, escurre por corrientes y cuerpos de agua, las cuales conforman el terreno y constituyen las aguas superficiales o pueden infiltrarse en el subsuelo como agua subterránea (CONAGUA, 2018a). El sistema hidrológico de Baja California se encuentra compuesto por el Golfo de California y el Océano Pacífico, en la cual se localiza el Río Colorado, siendo el de mayor importancia por ser la principal corriente dentro del municipio (POEMM, 1995) y porque es uno de los sistemas que presentan mayor disputa entre sus usuarios, los cuales han tenido que convivir y resistir la mala calidad y cantidad de agua a fin de beneficiarse de este recurso (Cortez, 2011), siendo así el Río Colorado la fuente superficial y el acuífero Valle de Mexicali la fuente subterránea principales en la región.

#### 3.4.1.1 Agua superficial

Las cuencas, son unidades naturales de terreno, con la presencia de una división de las aguas superficiales, las cuencas del país se encuentran organizadas en 37 regiones hidrológicas y para efectos administrativos se agrupan en 13 regiones hidrológico-administrativas (RHA), siendo la Baja California la RHA-I y la región hidrológica 7 del Río Colorado (CONAGUA, 2018a). El Río Colorado, cruza nuestro país aproximadamente 90 km, sus aguas se aprovechan principalmente para actividades agrícolas y para uso urbano, cubre una superficie de 5,923.16 km, y su corriente principal es el río Colorado. Tiene como subcuencas la del río Colorado, río Las Abejas, Canal El Álamo, Canal Cerro Prieto, río Nuevo, río Hardy, río Pescadores y Bajo Río Colorado (UNAM, 2012).

De acuerdo con el IMTA, el agua superficial en el Valle de Mexicali tiene un volumen de 1,862.75 hm<sup>3</sup> anuales, de los cuales 1,729.08 hm<sup>3</sup> se encuentran concesionados, considerando un caudal ecológico de 1.25 hm<sup>3</sup> y una disponibilidad anual de 132.42 hm<sup>3</sup> el cual se encuentra vedado (IMTA, 2020).

#### 3.4.1.2 Agua subterránea

El país se encuentra dividido en 653 acuíferos y la denominación de estos se encuentra publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) (CONAGUA, 2018a). El acuífero Valle de Mexicali, definido con la clave 0210 en el Sistema de Información

Geográfica para el Manejo del Agua Subterránea (SIGMAS) de la CONAGUA y pertenece a la región hidrológica I, el cual se encuentra sujeto a decreto que establece veda tipo III, la cual señala, que la capacidad del acuífero permite extracciones limitadas para usos domésticos, industriales, de riego y otros, mismo que se ubica en el extremo norte del estado de Baja California, perteneciente al municipio de Mexicali y colinda al norte con Estados Unidos de América, al este con el acuífero Valle de San Luis Río Colorado, Sonora, al oeste con el acuífero Laguna Salada y al sur con el acuífero El Chinero y el Golfo de California. El acuífero Valle de Mexicali cubre una superficie de 4908 km<sup>2</sup> y se localiza entre los paralelos 32° 43' 7.2" y 31° 38' 52.3" de latitud norte y 115° 48' 54.2" y 114° 43' 8.9" de longitud oeste del Meridiano de Greenwich (CONAGUA, 2015).

De acuerdo con el IMTA, el acuífero Valle de Mexicali tiene un volumen concesionado de 783.12 hm<sup>3</sup> y se desconoce el volumen de agua subterránea almacenada en el acuífero, no obstante, se estima en 2.5 hm<sup>3</sup>, lo que significa que se rebasa la extracción del recurso por arriba de la recarga natural, dejando un déficit de 265.12 hm<sup>3</sup> (IMTA, 2020).

#### 3.4.1.3 Disponibilidad

De acuerdo con la SEMARNAT (2014), la disponibilidad natural de agua depende del balance entre el agua que entra al sistema, ya sea por medio de precipitación y las pérdidas por evaporación de los cuerpos de agua y se le suma la evapotranspiración vegetal. A esta diferencia entre la lluvia y la evaporación, se puede almacenar en los cuerpos de agua superficiales como en ríos y arroyos, o recargar los acuíferos (ver Tabla 6). Por su parte la LAN, señala que la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), debe publicar en el Diario Oficial de la Federación, la disponibilidad de las aguas nacionales por acuífero y de acuerdo a los lineamientos que considera la Norma Oficial Mexicana (NOM011-CNA-2000), indica que para calcular la disponibilidad de aguas subterráneas deberá de realizarse un balance de estas, en el que de esta manera se defina la recarga de los acuíferos, y de ésta deducir los volúmenes comprometidos con otros acuíferos, la demanda de los ecosistemas y los usuarios registrados con derechos vigentes en el Registro Público de Derechos del Agua (REPDA). En ese sentido con el cálculo de la disponibilidad, se obtendrá una mejor administración del recurso hídrico (CONAGUA, 2015).

Tabla 6. Fuentes de abastecimiento y disponibilidad de agua en el Valle de Mexicali

Volumen (hm <sup>3</sup> /año)	Superficial		Subterránea	
	Anual	1,862.75	Recarga anual	520.50
Concesionado	1,729.08	Concesionado	783.12	
Caudal ecológico	1.25	Salidas	2.50	
Disponibilidad	<b>132.42</b>	Disponibilidad	<b>-265.12</b>	

Fuente: Elaboración propia con datos del Diario Oficial de la Federación (2016), (2019) y el IMTA (2020).

### 3.4.2 Clima característico de la región

El clima en este Distrito de Riego 014 es extremoso, la temperatura media anual es de 21.7 °C; de julio a agosto es normal que se registren temperaturas máximas de 45 °C, de diciembre a enero es común que se registren temperaturas mínimas de -2.0 °C, aunque es posible que se presenten de -7.0 °C. La precipitación media anual fluctúa entre 58 y 76 mm. De noviembre a mayo se acumulan 343 horas-frío. En base a 10 °C, anualmente se llegan a acumular alrededor de 4,500 unidades-calor. La máxima longitud del día es de 14.5 horas luz (junio-julio), y la mínima es de 10 horas de luz en diciembre y enero. La radiación solar media anual es de 475.3 langleys/día. El promedio anual de evaporación es de 2,350 mm; la evaporación diaria más alta es de 10.5 mm que se registra en junio y julio y la más baja es de 2.50 mm en diciembre y enero. Los vientos dominantes en la región son los del norte, noreste y noroeste, se presentan en los meses fríos de octubre a abril. Los vientos del sur, sureste y suroeste dominan en la temporada de calor de los meses de julio y agosto (INIFAP, 2010).

Tabla 7. Clima que se registra en el distrito de riego 014.

Concepto	Promedio anual	Junio - Julio	Diciembre – Enero	
Horas Luz	12.25	14.5	10	
Temperatura DR014 (°C)	21.70	45	-7	-2
Evaporación Diaria (mm)	2350	10.5	2.5	
Precipitación (mm)	35	1.5	10	

Fuente: Elaboración propia con datos de INIFAP (2010) y OEIDRUS-BC (2018).

### 3.4.3 Características del suelo agrícola

Los suelos predominantes en el Valle de Mexicali son los llamados yermosoles y xerosoles, característicos de zonas áridas y semiáridas, pobres en materia orgánica, los cuales con agua de riego y fertilización adecuada son capaces de elevada producción agrícola. Así, sólo el 62% de la superficie del Valle es susceptible de explotación agrícola. El suelo agrícola está concentrado en el Valle de Mexicali con más de 200 mil hectáreas de tierras fértiles que está clasificado en los de alta productividad, mediana, baja y muy baja. El de mediana productividad ocupa el primer lugar en producción, le sigue el de la alta productividad, mediana, baja y muy baja (CONAGUA, 2015). En la región se encuentran 3 tipos de suelos (ver Tabla 8), los cuales se clasifican en medios o francos 50.8%, ligeros o arenosos 33.6% y pesados o arcillosos 15.6% (INIFAP, 2010).

Tabla 8. Tipos de Suelo características y composición en el Valle de Mexicali

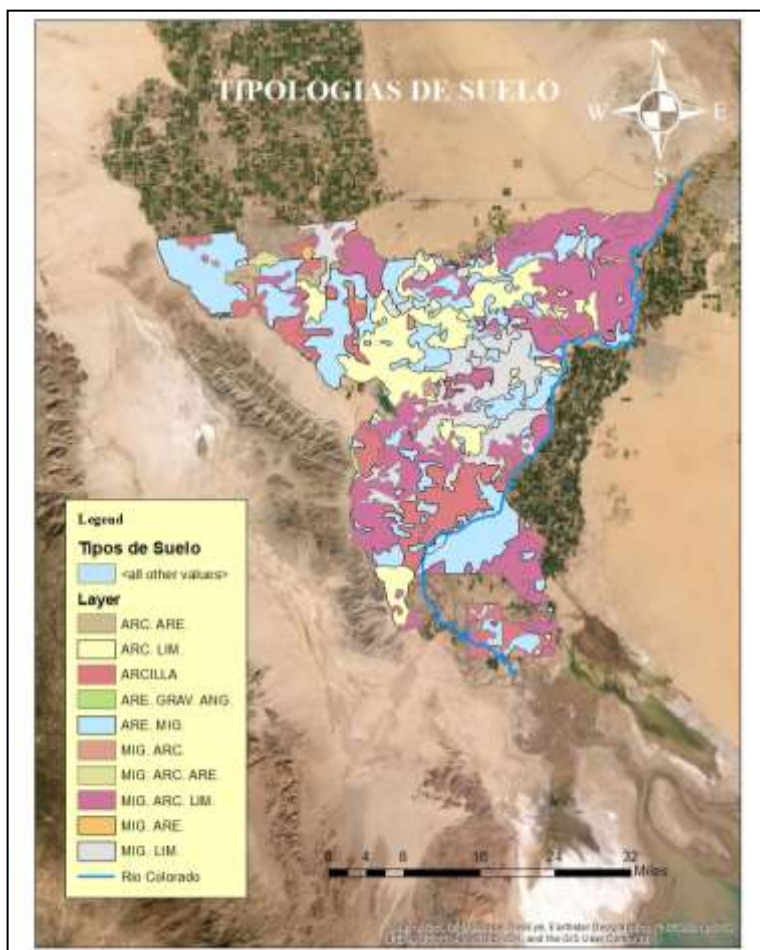
<i>Tipos de Suelo</i>	<i>Composición Territorial</i>	<i>Color</i>	<i>Contenido</i>	<i>Características</i>
<b><i>Pesados arcillosos</i></b>	15.60 %	Café oscuro	60%/70%	Alta capacidad de retención de agua y drenaje deficiente
<b><i>Medios o franco</i></b>	50.88 %	Café Gris	80%	Buen drenaje, buen desarrollo radicular, altos rendimientos
<b><i>Ligeros o arenosos</i></b>	33.6 %	Gris claro	50%/60%	Drenaje excesivo de agua, requiere un mayor número de riegos para obtener altos rendimientos

Fuente: Elaboración propia con datos de INIFAP (2010).

El suelo medio o franco, se caracteriza por tener un color café gris, con un 80% de limo y arena, buen drenaje, favorecen el desarrollo y se obtienen altos rendimientos. El suelo de textura pesada es color café oscuro, con un 60% de arcilla, con una alta capacidad de retención, se requiere buen manejo para obtener buenos rendimientos. El suelo ligero es color gris claro, con alto contenido de arena, tiene un drenaje excesivo, mismo que ocasiona un mayor número de riegos para obtener rendimientos (INIFAP, 2010). De acuerdo con INEGI (2017b), la mayor parte de la composición territorial en el distrito de riego 014, se encuentra el suelo pesado (ver Figura 11), el cual como se mencionó tiene una alta composición de arcilla y limo, comúnmente son suelos fértiles, aunque se erosionan con facilidad cuando se

encuentran en declive y carecen de suficiente protección por parte de la vegetación, el suelo pesado, suele ser propenso a inundaciones y por la humedad del suelo puede aumentar la cantidad de sales, en los suelos arcillo – arenosos, se desarrolla comúnmente el mezquite, no obstante, estos son eliminados para utilizar los terrenos en la agricultura.

Figura 11. Tipologías de suelo Agrícola



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2016).

### 3.5 Alternativas para el mejor uso e incremento de la disponibilidad de agua

Las habilidades en la irrigación han ido evolucionando con el paso del tiempo, desde las primeras civilizaciones se ha practicado esta labor sobre la tierra y sigue persistiendo, muchos de los expertos en riego señalan que esta cultura permanecerá, por tiempo indefinido, sin embargo, hay otros que afirman que una civilización que se base en una agricultura de

regadío está destinada a decaer. Por otra parte, la supervivencia de las civilizaciones depende de diversos factores, entre los que destacan, una agricultura de rentabilidad permanente (Israelsen y Hansen, 1965).

Dentro de la historia agraria de México, se han explicado procesos de distribución y luchas por la tierra, sin embargo, no es muy conocido el uso productivo del agua en la agricultura (Vargas y Sánchez, 1996). El riego es un factor importante en los últimos tiempos, ya que, con el aumento de la presión demográfica, también se incrementan las necesidades de alimentos, el cual impacta en las regiones áridas, con la necesidad de un desarrollo en las técnicas de irrigación, ya que en estas regiones las zonas a irrigar son muy extensas. En dichas regiones las civilizaciones han existido y siguen existiendo, gracias a la irrigación.

### 3.5.1 Productividad y eficiencia del recurso hídrico

De acuerdo con la Asamblea General de las Naciones Unidas, el agua es el cetro del desarrollo sostenible y es fundamental para el desarrollo socio-económico, uno de los Objetivos de Desarrollo Sostenible es, promover una agricultura sostenible (Naciones Unidas, 2015)

La Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO, 2003), define la productividad como la relación entre la unidad de resultado y la unidad de insumo. En ese sentido el concepto de productividad del agua se usa para indicar la cantidad o el valor del producto sobre el volumen o valor del agua consumida o desviada. El valor del producto podría ser expresado en diferentes términos: biomasa, grano, dinero. Existe otro enfoque llamado cultivo por gota, que refiere la cantidad de producto que se obtiene por unidad de gota de agua. La productividad del agua en los cultivos se encuentra regida por la transpiración, la cual es complicado separar de la evaporación de la superficie del suelo, de modo que en el sector agrícola la productividad se rige en términos de la evapotranspiración.

Los autores Seckler et al. (2003), señalan que la productividad del agua es importante ya que sirve como insumo a la producción como el riego en la producción de cultivos y como un bien final. Es decir que la productividad del agua puede ser definida como la reutilización de agua. La productividad económica del agua se refiere al valor total o valor neto dividido

entre la cantidad de agua aplicada o asignada, el cual puede ser empleado para definir los costos de oportunidad o usos alternativos del agua.

Desde la perspectiva agronómica existen diferentes definiciones para explicar la eficiencia del agua, dentro de las cuales se encuentra la eficiencia del riego, la cual significa la proporción o cantidad de agua aplicada o asignada a un cultivo para su producción dividida entre la proporción de agua que se aplicó. En ese sentido un cociente donde el numerador se encuentra la cantidad de agua empleada para la producción de determinado cultivo, y en el denominador se encuentra la cantidad de producto generado (físico, económico, social). (Ríos Flores et al., 2016).

### **3.6 Caracterización de los principales sistemas de riego en la región**

El riego se puede definir como la aplicación de agua al terreno, con el fin de dotar a las plantas, la humedad necesaria para su desarrollo (Israelsen y Hansen, 1965). La eficiencia de la aplicación se determina en gran medida, de acuerdo con el método de riego (Nuñez, 2015).

#### **3.6.1 Riego gravitacional**

Uno de los sistemas de riego más comunes en el Valle de Mexicali es el de gravedad, el cual se caracteriza por distribuir el agua sobre la superficie del suelo, debido a la acción de la fuerza gravitacional. De acuerdo con la superficie de suelo cubierta por agua, será el método de riego, ya sean surcos, melgas, inundación etc. En el riego por surcos el agua fluye por pequeños cauces, mojando sólo una parte del terreno, conduciendo un caudal que puede variar entre 0.3 y 3 l/s, según pendiente y textura del suelo. La aplicación del agua al terreno se hace desde una zanja de cabecera o zanja principal. En el riego por melgas el agua escurre a través de cauces muy anchos, comprendidos entre 5 y 20 m., inundando totalmente la superficie del terreno. El flujo escurre en láminas entre 5 y 15 cm., con un caudal que puede variar entre 10 y 100 l/s (FAO, 2018).

Las condiciones topográficas del terreno introducen variantes en el método de riego por superficie. Un terreno plano, de suave pendiente, permite un trazado de surcos y melgas

rectas, mientras que un terreno con fuerte pendiente requiere el trazado de surcos y melgas en contorno. Si la pendiente del terreno no permite el riego en contorno, una alternativa para incorporar agua al suelo, aunque sea irregularmente distribuida, es el riego por inundación, en este método el agua desborda desde una reguera que sigue aproximadamente la curva de nivel (FAO, 2018).

En la aplicación de un riego tradicional, como el de gravedad o inundación, se tiene una eficiencia de aplicación de un 10% a 30% y esto debido a que, al ser un método muy rudimentario, el trabajo y la inversión es reducido, es decir, que no se efectúan mayores trabajos para emparejar o nivelar el suelo, perdiéndose gran cantidad de agua (Nuñez, 2015).

### 3.6.2 Riego tecnificado

El riego tecnificado, como su nombre lo dice, es un método mecanizado, el cual genera presión para mover el agua (Nuñez, 2015). Una de las mejoras para la utilización del agua son, la inversión de tecnologías de riego, que implique un incremento en la eficiencia y productividad del agua (FAO, 2005). Los métodos de riego presurizados se caracterizan por tener un sistema de distribución del agua a presión. Se trata de un sistema de riego mecanizado que asegura un control preciso de la cantidad de agua a aplicarse, adaptándose a cualquier condición de suelo, clima y topografía. Entre los principales métodos de riego a presión se tienen el riego de aspersión, y el método de Goteo (FAO, 1994).

### 3.6.3 Riego por aspersión

El riego por aspersión se caracteriza por aplicar el agua al suelo en forma de lluvia. Según la presión de trabajo se puede clasificar en aspersión tradicional, aspersión gigante (cañones) y aspersión de pivote central (FAO, 1994). De acuerdo con Nuñez (2015), el riego por aspersión tiene ciertos beneficios, ya que no es necesario nivelar el suelo, no erosiona el suelo si se usa adecuadamente, de acuerdo con las condiciones y características del suelo y tiene una eficiencia de aplicación, de hasta un 90%.

### 3.6.4 Riego por goteo

Otro de los métodos tecnificados, es el riego por goteo o localizado, el cual se denomina así, debido a la aplicación del agua en forma de gotas y que se encuentra localizada con alta frecuencia, en cantidades estrictamente necesarias, la aplicación de este método se hace mediante una red de tuberías, con emisores o goteros, los cuales entregan pequeños volúmenes de agua, de manera periódica, en función de los requerimientos del cultivo y las

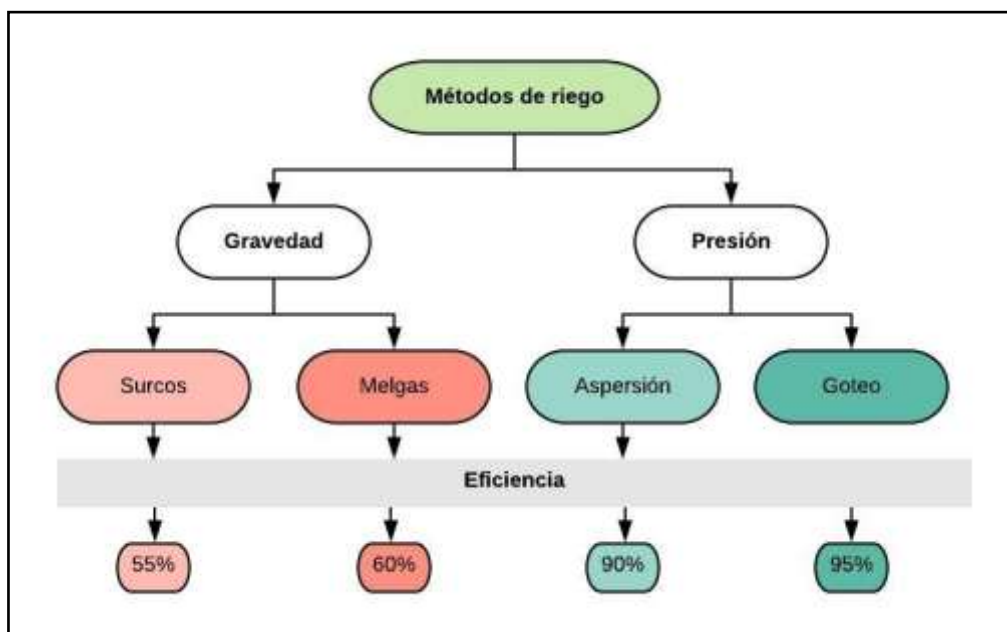
características del suelo, este método de riego permite alcanzar una eficiencia de aplicación de hasta un 95%, algunas ventajas de este método, es que se adapta a cualquier suelo, es posible regar y fertilizar en paralelo al control de plagas y con ello evitar el desarrollo de malezas y enfermedades en la planta (Nuñez, 2015).

### **3.7 Características y coeficientes de eficiencias de los principales sistemas de riego en la región**

La mayoría de los autores emplean diferentes coeficientes de eficiencia, según los procedimientos o métodos de riego, no obstante, la otra mayoría coincide con Maldonado (2001), el cual señala que es posible alcanzar una eficiencia en el buen manejo de cada método de riego, pues según sus cálculos, el método de riego por desbordamiento tiene un 40% de eficiencia, mientras que uno tecnificado, como el método de aspersión y goteo, pueden alcanzar hasta un 95% de eficiencia, logrando así un aumento en la eficiencia y productividad del agua.

En el distrito de riego 014, uno de los métodos de riego más comunes es el de gravedad, usualmente conocido como inundación, con surcos o melgas, de acuerdo con SEFOA (2013), al menos un 94% de la superficie sembrada, se riega por este método, asimismo, casi en el 1% de la superficie sembrada se emplea el sistema de riego de goteo y un 0.85% por aspersión, el resto es mixto.

Figura 12. Eficiencia de los principales métodos de riego



Fuente: Elaboración propia, con base en Maldonado (2001).

### 3.8 Calidad del agua y el suelo

Otro de los problemas que denotan en la región, se centra en la calidad del agua y del suelo, pues de acuerdo con Cámara (1994), el anegamiento de suelos y el ensalitramiento, son uno de los mayores problemas que se enfrentan en las regiones agrícolas bajo riego y mayormente en zonas áridas y semiáridas, lo cual representa una complicación para el uso eficiente del agua, así como una limitante para alcanzar una agricultura sostenible, mismo que es consecuencia del modelo de agricultura intensiva, el cual ha llevado a un incremento de la producción y rendimientos, con la utilización de fertilizantes, plaguicidas y otros agroquímicos, pero también ha encauzado a la degradación de los recursos.

Uno de los objetivos del Programa Hídrico Regional visión 2030, es monitorear las aguas que son entregadas por Estados Unidos a México, así como monitorear la calidad de agua desde la derivadora Morelos, misma que abastece la ciudad de Mexicali, asimismo se señala que existen altos índices de intrusión salina en el acuífero del Valle de Mexicali (SEMARNAT, 2012), a causa de la explotación intensiva de los acuíferos por parte del sector agrícola al menos en un 80% y el resto de los sectores usuarios, lo que ha originado un

desequilibrio hídrico (CEABC, 2016). De acuerdo con el acta 242 de la CILA, se establece que las aguas arriba, derivadas de la presa Morelos tenga una salinidad media anual que no sobrepase los 121 p.p.m. +/- 30 p.p.m. de acuerdo con las normas mexicanas (115 p.p.m. +/- 30 p.p.m. normas de Estados Unidos) (CILA, 1973), no obstante, de acuerdo con las gráficas emitidas por el CILA, las cifras de salinidad anualmente siempre se encuentran por arriba de lo establecido, esto se puede observar desde el año 2000 a 2018 con una salinidad entre los 700 p.p.m. y 980 p.p.m., sin embargo en promedio anual casi nunca se sobrepasan los límites (CILA, 2020), asimismo algunas de las estrategias para mejorar la eficiencia del uso del agua y el incremento de la productividad en el sector agrícola, son la implementación de sistemas de riego localizados, apoyados de la nivelación de parcelas, pues para 2012 al menos un 61% de la superficie se encontraba nivelada (Gobierno de Baja California, 2012), y la capacitación de regadores, no obstante, la modernización y tecnificación de riego, no tiene la posibilidad de aplicarse en cualquier zona, pues se debe tomar en cuenta las características, del cultivo, así como del suelo y el tiempo, tal es el caso del riego por aspersión, que debido a la salinidad del agua y tipo de suelo no puede ser instalado, asimismo algunos cultivos como el algodón, las hortalizas y cítricos, no toleran la concentración de sales, pues de acuerdo con el programa, los sistemas de riego por goteo, microaspersión y cintilla pueden ser instalados en suelos ligeros y cultivos hortícolas y frutícolas (SEMARNAT, 2012).

Una de las prácticas que se realizan para la recuperación de suelos salinos es el mismo lavado de suelos, originando un flujo de agua que desciende a través del suelo arrastrando las sales, no obstante, antes de iniciar el lavado es necesario, realizar un análisis para conocer la concentración de sales, así como el tipo de suelo, este análisis permite conocer el nivel de salinidad y de conductividad eléctrica, el resultado indicará la necesidad de lavado y el volumen de agua que se debe aplicar (Babelis y Liotta, 2011). Asimismo por la concentración de sales, en Mexicali es preciso el lavado de suelos lo cual incrementa el volumen de agua utilizado.

## **CAPITULO 4. METODOLOGÍA**

En este apartado se contempla el proceso metodológico que se siguió en la investigación, para el análisis de la productividad y eficiencia del uso del agua para riego en sus principales cultivos. El estudio es de corte longitudinal, el cual abarca la producción agrícola del año 2003 a 2018, en el transcurso de la investigación se desarrolla un enfoque cualitativo y cuantitativo, puesto que, se implementan cálculos lógicos matemáticos, para determinar diversas variables. El motivo por el cual se seleccionó el DISTRITO DE RIEGO 014, es debido a que la problemática se centra en el uso del recurso hídrico para riego y pese a las riquezas naturales y sus tierras fértiles, una disminución en los volúmenes de agua afectaría, el desarrollo económico, social y ambiental de la región.

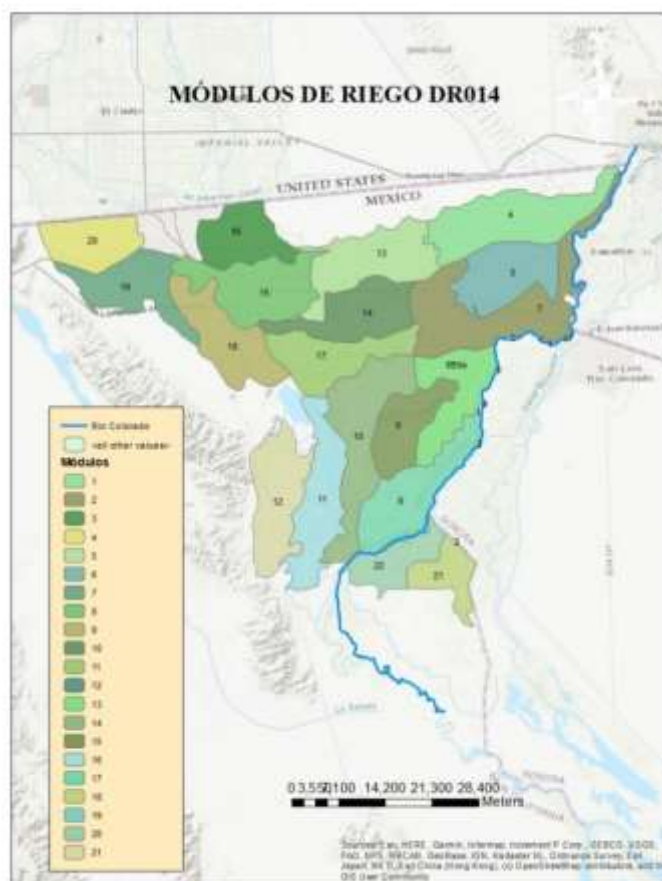
### **4.1 Zona de Estudio**

La zona de estudio seleccionada es el distrito de riego 014, se ubica en la parte final de la cuenca baja del Río Colorado, comprendiendo el Valle de Mexicali y el Valle de San Luis Río Colorado, se encuentra localizado al noreste de Baja California, bajo el Delta del Río Colorado, se extiende de la frontera con Estados Unidos y México, hasta desembocar en el golfo de California (ver Figura 13), en la parte noroeste se encuentra el cerro El Centinela, al oeste y suroeste la sierra Cucapá, cabe destacar que el Valle de Mexicali se encuentra sobre la falla de San Andrés, lo que la distingue por una zona altamente sísmica (Meade, 1996).

Con una altitud de -2 hasta 45 m sobre el nivel del mar (Cortez, 2000), el DR014, es el mayor usuario de agua en la región, dispone de una superficie regable de 204,036 ha, de las cuales se irrigan 190,000 ha aproximadamente, de esa superficie un 66% se riega con agua superficial y el resto con agua subterránea, este distrito cuenta con 2,135.1 hm<sup>3</sup> de volumen de agua concesionada, 1,645.04 hm<sup>3</sup> del Río Colorado y un volumen anual de 490.06 hm<sup>3</sup>, de aguas subterráneas (IMTA, 2020). La infraestructura en el Distrito de Riego 014 es de 424 km de canales principales, 2,152 km de canales secundarios, 1,687 km de drenes a cielo abierto, 2,576 km de caminos, 9,432 estructuras en canales, 1,693 estructuras en drenes, 725 pozos de bombeo de los cuales 422 son federales, 236 particulares y 67 pozos de uso público urbano (INIFAP, 2010). Está altamente caracterizado por su clima árido, así

como la escasez, ante ese escenario resulta necesario realizar un análisis en cuanto a la eficiencia en el uso del recurso.

Figura 13. Localización módulos de riego del DR014 en Mexicali.



Fuente: Elaboración propia con datos de INEGI (2014c).

El distrito de riego 014 cuenta con 22 módulos de riego, de los cuales el 1, 2 y 3 pertenecen a San Luis Rio Colorado, Sonora. Los principales cultivos en la agricultura de riego y dentro del distrito son: el trigo grano, alfalfa achicalada, algodón hueso, forrajes, cebolla, espárrago, entre otros. Solamente los primeros tres cultivos sobrepasan el 80% de la superficie sembrada total a excepción del año 2018, en donde se vio reflejada una disminución de la superficie sembrada de casi un 20% en el trigo grano (ver Tabla 9).

Tabla 9. Principales cultivos del DR014 (2018).

2018		
<b>Cultivo</b>	<b>Superficie Sembrada (ha)</b>	<b>Part (%)</b>
<i>Trigo grano</i>	47,881	33%
<i>Alfalfa achicalada</i>	30,072	21%
<i>Algodón hueso</i>	28,476	20%
<i>Avena forrajera en verde</i>	5,811	4%
<i>Cebolla</i>	5,708	4%
<i>Espárrago</i>	4,117	3%
<i>Pastos y praderas</i>	3,679	3%
<i>Sorgo forrajero en verde</i>	3,252	2%
<i>Cártamo</i>	1,910	1%
<i>Dátil</i>	1,389	1%
<i>Otros</i>	12,163	8%
<b>Total</b>	<b>144,458</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP (2018).

## 4.2 Fuentes de información

Para el desarrollo de esta investigación, no fue necesario el trabajo de campo en primera instancia, no obstante, se realizó la visita al distrito de riego y módulos de riego. Para el desarrollo y caracterización de los escenarios se obtuvieron datos recolectados por distintas fuentes, los cuales se enlistan de la siguiente manera, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), Instituto Nacional de geografía y estadística (INEGI), Secretaría de Agricultura y Desarrollo Rural (SADER), Secretaría de Fomento Agropecuario (SEFOA), la Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable (OEIDRUS-BC) y Sistema de Información para el Manejo de Agua de Riego en Baja California (SIMARBC), por medio de los datos recolectados, se obtuvieron las variables necesarias para el desarrollo de la metodología. Asimismo, solo se tomó en cuenta la producción agrícola de la fracción Mexicali, del distrito de riego 014, descartando San Luis Rio Colorado por limitada información, no obstante, los resultados

obtenidos, en cuanto a productividad y eficiencia, podrían ser similares por las características de la región.

Tabla 10. Descripción del cuadro Metodológico

Objetivo-Método	Etapas	Instrumentos	Herramientas	Fuentes de información
1. Realizar un análisis de la evolución en la producción y el crecimiento de la superficie irrigada en el periodo 2003-2018, así como su relación con la demanda de agua agrícola (diagnóstico).	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Investigar y lograr adquirir los datos necesarios para el desarrollo de la metodología.</li> <li>2. Análisis de la superficie sembrada.</li> <li>3. Análisis de la evolución de la producción.</li> <li>4. De acuerdo con los datos obtenidos, realizar los cálculos necesarios para la conformación de otras variables necesarias para el estudio.</li> </ol>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Computadora.</li> <li>➤ Investigación.</li> <li>➤ Revisión documental</li> <li>➤ Visita a distrito de riego y módulos de riego.</li> <li>➤ Equipo de papelería.</li> </ul>	Excel	SADER CONAGUA SIMARBC Tesis
<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Estimar la demanda hídrica por cultivo.</li> <li>3. Calcular la productividad y eficiencia del uso del agua de riego.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Cálculo de los volúmenes de agua por cultivo.</li> <li>2. Investigar, en diferentes fuentes de información, los datos necesarios para determinar la eficiencia y productividad del agua de riego.</li> <li>3. Calcular:               <ol style="list-style-type: none"> <li>3.1. Productividad en términos físicos: ambientales y económicos</li> </ol> </li> </ol>		Excel	SIMARBC Artículos en línea Libros Tesis
4. Proponer un sistema de riego tecnificado, que sea adecuado al cultivo altamente demandado.	<ol style="list-style-type: none"> <li>4. Investigar, los principales sistemas de riego en la región y sistemas de tecnificación, que se adecuen a las características del cultivo en cuestión.</li> <li>5. Identificar las características climatológicas, edafológicas y agronómicas de la región.</li> </ol>		Excel	SADER CONAGUA INIFAP Artículos en línea Libros Tesis
5. Realizar una comparativa de los distintos tipos de sistemas de riego tecnificado, que sean convenientes y se adecuen a las características climatológicas, edafológicas y de calidad química del agua y suelo de la región, que impulse la reducción y conservación del recurso hídrico.	<ol style="list-style-type: none"> <li>6. Investigar, en diferentes fuentes de información.</li> <li>7. Calcular la eficiencia de riego, en base al coeficiente de eficiencia de aplicación del sistema.</li> </ol>		Excel Arcgis Qgis Computadora	Artículos en línea Libros Tesis Organismos administrativos

Fuente: Elaboración propia

#### 4.2.1 Caracterización de las principales Variables

Las variables a utilizar en la presente metodología son las siguientes,

Tabla 11. Caracterización de variables

Variable	Definición	Unidad de medida
<b>Productividad del Agua</b>	Cantidad o el valor del producto sobre el volumen o valor del agua consumida	Kg/m <sup>3</sup>
<b>Eficiencia del agua</b>	Relación de la transpiración de la planta, con relación a la evaporación de la superficie y la cantidad producida	m <sup>3</sup> /kg
<b>Coefficiente de eficiencia (EC)</b>	Es la relación entre la lámina de riego y la cantidad necesaria de agua	%
<b>Volumen de agua irrigada (V)</b>	Es la relación de la cantidad de agua que necesita un cultivo multiplicado por una hectárea	m <sup>3</sup> /ha
<b>Rendimiento físico (RF)</b>	Es la relación del volumen de producción y la superficie cosechada	Ton
<b>Rendimiento económico (RE)</b>	Es el valor o el rendimiento de la producción por hectárea	\$/ha
<b>Rendimiento monetario (RM)</b>	Es producto del rendimiento físico (RF) y el precio medio rural (Pmr)	\$
<b>Evapotranspiración (Etr)</b>	Toma en cuenta datos climatológicos como la temperatura del aire, humedad atmosférica, radiación y la velocidad del viento	%
<b>Coefficiente de cultivo (Kc)</b>	Considera las diferencias de evaporación y transpiración, integrándolo en un solo coeficiente	%
<b>Lamina de riego promedio (Lr)</b>	Son los requerimientos hídricos de un cultivo	Mts
<b>Valor de Producción (VP)</b>	Es el valor total de la producción de la superficie cosechada expresado en pesos	\$
<b>Valor Constante (VPC)</b>	Es la relación del valor de producción y el índice nacional de precios al productor, el cual inflacta o deflacta de acuerdo con el año base	\$

Fuente: Elaboración propia con datos de SIMARBC (2020), SIAP (2018).

La presente metodología, se realizó a partir de toda la producción agrícola de riego así como la agrupación de 85 variedades de cultivos del distrito de riego 014 en el Valle de Mexicali, en el periodo 2003 a 2018, enfatizando el análisis en los principales cultivos, que son altamente demandados y con mayor superficie sembrada, así como los que demandan mayores volúmenes de agua. Si bien se pretendía realizar un análisis a partir del año 2001, no obstante, algunos de los datos a recolectar resultaron inaccesibles para integrar el análisis,

ya que es cuando los volúmenes de agua entregados por Estados Unidos comienzan a disminuir dejando de entregar excedentes debido a la presencia de sequía, de acuerdo con el último informe del Plan Binacional de Contingencia ante la escasez de agua, CILA (2019) y el Monitor de Sequia en México (CONAGUA, 2019). Igualmente, los estudiosos Udall & Overpeck (2017), señalan que de 2000 a 2014 se ha presentado la peor sequía debido a las altas temperaturas en la cuenca como resultado del cambio climático ocasionado por los humanos.

#### **4.3 Metodología para la productividad y eficiencia del agua para riego**

La presente investigación se encuadra dentro de un enfoque lógico matemático, propuesto por Ríos et al. (2016), en su trabajo *Eficiencia y productividad del agua de riego en trigo (*Triticum vulgare*) de Ensenada y Valle de Mexicali, Baja California, México*, el cual emplea un modelo para determinar la eficiencia y productividad del agua, en donde considera la producción como un sistema de “entradas y salidas”, basándose en un modelo de productividad propuesto por Viets (1966), el cual define la eficiencia del uso del agua como, la relación de la transpiración de la planta, pero también de la evaporación de la superficie, es decir, que la eficiencia en el uso del agua está estrechamente relacionada con la radiación solar, ya que en el proceso de crecimiento de la planta hay evaporación de forma simultánea a la transpiración, es decir evapotranspiración, una de las ventajas del término eficiencia del uso del agua, es que pone mayor énfasis al mejor aprovechamiento del recurso (Viets, 1966).

Ríos et al. (2016), define la productividad como la relación entre la unidad de resultado y la unidad de insumo. Asimismo, el concepto de productividad del agua se usa para indicar la cantidad o el valor del producto sobre el volumen o valor del agua consumida o desviada. En un sentido más amplio, la productividad agrícola del agua supone aumentar la cantidad de producto, por unidad de agua (FAO, 2003). El producto generado puede ser expresado en diferentes términos: físico o económico o social, es decir que de acuerdo con el enfoque ya sea físico, económico o social, serán las variables que se introduzcan en la función matemática (cociente y numerador) (Ríos et al., 2016).



cual es producto de la producción total, sobre la superficie cosechada. La variable  $Y_2$ , es la inversa de la variable  $Y_1$ , pero tiene distinta connotación, esta expresa los kilogramos producidos por metro cúbico de agua irrigada y se expresa en kilos por metro cúbico ( $\text{kg}/\text{m}^3$ ).

➤ Términos económicos:

La variable  $Y_4$ , muestra la relación entre el ingreso monetario (RM) que se generó al emplear determinado volumen de agua (V), es decir, el ingreso producido por cultivo que fue generado de acuerdo con el precio en el mercado, por metro cúbico de agua irrigada, el numerador es el producto de RF por el precio medio rural (p) y el denominador es el mismo que  $Y_2$ , y se representa de la siguiente manera:

$$3) \quad Y_{4=} = \frac{RF(p)}{10000(Lr)}$$

Adicionalmente para el análisis se calcularon los rendimientos económicos por hectárea (RE), el cual es producto del valor de la producción a precios constantes (VPC) y la superficie sembrada (SS), asimismo se calculó el valor a precios constantes (VPC), mismo que es producto del volumen de producción (VP), inflactado o deflactado, al ser dividido por el índice nacional de precios al productor (INPP) base 2018, dando como resultado, el rendimiento económico por hectárea ( $\$/\text{ha}$ ):

$$VPC = \frac{VP}{INPP} \qquad RE = \frac{VPC}{SS}$$

Además, se calculó el rendimiento monetario (RM) para el desarrollo del análisis, el cual es producto del rendimiento físico (RF) y el precio medio rural (Pmr).

Para el cálculo de la lámina promedio de riego<sup>2</sup>, se consideró un enfoque de coeficiente de cultivo de acuerdo con Sanchez y Vazquez (2006), quienes consideran la evapotranspiración de referencia (Etr), el cual toma en cuenta datos climatológicos como la

---

<sup>2</sup> Para el desarrollo de la metodología no fue posible obtener las láminas de riego para los cultivos del área de estudio, por lo tanto, se realiza el cálculo de acuerdo a Sanchez y Vazquez (2006).

temperatura del aire, humedad atmosférica, radiación y la velocidad del viento, asimismo, los autores toman en cuenta datos del coeficiente de desarrollo de cada cultivo ( $Kc$ )<sup>3</sup>, el cual considera las diferencias de evaporación y transpiración, integrándolo en un solo coeficiente (SIMARBC, 2020), de manera que con el enfoque del coeficiente de cultivo, se calcula la evapotranspiración del cultivo ( $Etc$ )<sup>4</sup>:

$$Etc = Kc * Etr$$

En cuanto al cálculo de la lámina de riego, y conforme al método de riego, se tomaron en cuenta los coeficientes de eficiencia (EC), de los métodos tradicionales y tecnificados que son usualmente utilizados en la región, siguiendo el mismo enfoque del coeficiente de cultivo. De esta manera se calculó la evapotranspiración por cultivo ( $Etc$ ) en milímetros, agregando ahora, un factor (F), característico de cada método de riego.

$$Etc = Etr * F * Kc$$

La lámina de riego según el método está condicionada según la eficiencia de cada método, siendo así, se expresa de la siguiente manera:

Lámina de riego por surcos ( $Lrs$ ):

$$Lrs = Lr / \text{Eficiencia de riego}$$

Lámina de riego por melgas ( $Lrm$ ):

$$Lrm = Lr / \text{Eficiencia de riego}$$

Lámina de riego por aspersión ( $Lra$ ):

$$Lra = Lr / \text{Eficiencia de riego}$$

Lámina de riego por goteo ( $Lrg$ ):

$$Lrg = Lr / \text{Eficiencia de riego}$$

---

<sup>3</sup> La evapotranspiración de referencia se multiplicó por el coeficiente de desarrollo por cultivo ( $Kc$ ), en su etapa de desarrollo de acuerdo con SIMARBC.

<sup>4</sup> Para el cálculo de ( $Etc$ ), se obtuvo la evapotranspiración diaria de 2005 a 2018, siendo este periodo el único disponible en el portal SIMARBC, así mismo se calculó una evapotranspiración promedio para cada año.

## **CAPITULO 5. INTERPRETACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS**

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos, los cuales se basan en el objetivo principal de esta investigación, mismos que se enfocan en el análisis de la planeación y gestión del uso del agua para riego, además, se presentan los resultados de los cálculos señalados en la metodología con relación a la productividad y eficiencia del uso del agua para riego en el DR014 del Valle de Mexicali, en los principales cultivos. Cabe señalar que los cálculos realizados, son estimaciones que van de acuerdo con la lámina de riego promedio de cada cultivo, debido a que el cálculo de la lámina se encuentra estrechamente ligada al factor climatológico, misma que puede cambiar según la temporada, tipo de suelo y características del cultivo.

### **5.1 Análisis de la planeación y gestión a nivel regional, de acuerdo con los distintos instrumentos de planeación periodo 2003-2018.**

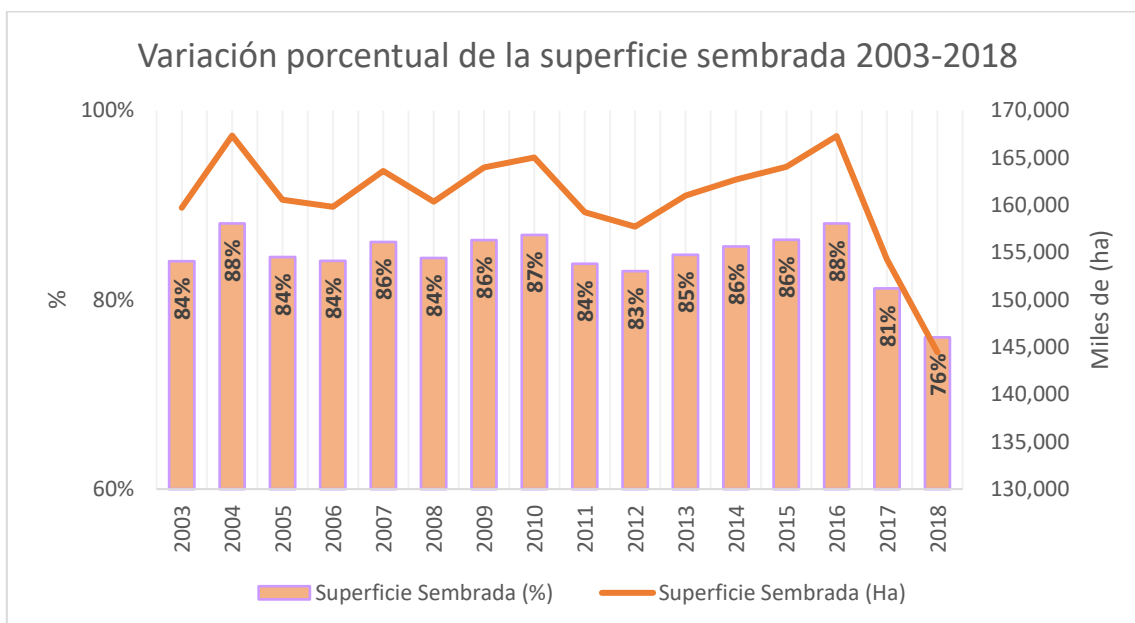
De acuerdo con el análisis realizado a los distintos instrumentos de planeación, se consultó el Monitoreo de Cumplimiento Programático de Baja California, de los programas establecidos en los distintos planes, del cual solo se contaba con información del año 2012 a 2018, de años previos, no se encontró información. Así mismo, dentro del informe de 2012 de las principales metas se encontró, el promover entre productores y agropecuarios el acceso a programas de apoyo gubernamental con un grado de cumplimiento del 100%, promover la inducción de tecnología en unidades de producción agrícola con un grado de cumplimiento del 99%. En cuanto, al uso sustentable de los recursos naturales, se señaló como una meta, el promover entre los usuarios de riego el uso eficiente del agua para uso agrícola, así como promover la recuperación de suelos para uso agrícola con un grado de cumplimiento del 100%. Se incluyó en este plan la capacitación de los productores agropecuarios alcanzando un 49.8% del 39% previo. El porcentaje de superficie agrícola nivelada en el Valle de Mexicali alcanzó un 61.5% del 58% que se tenía establecido, asimismo, se señala el proyecto de Impulso del Uso Sustentable de los Recursos Naturales en la Producción Agropecuaria con un avance de 102% (GOBBC, 2012). Anteriormente el informe de evaluación mostraba indicadores de forma desplegada, por objetivo o programa, de manera que permitía estimar el grado de cumplimiento de las metas establecidas, a partir de 2013 el formato cambia,

mostrando los resultados del índice de cumplimiento por dependencia, con la finalidad de integrar los resultados y presentarlos de forma global, mismo que limita la estimación detallada por cada meta establecida, por lo tanto los programas y objetivos planteados en 2014 mostraron un grado de cumplimiento del 100% para la Secretaría de Desarrollo Económico y 95% para la Secretaría de Fomento Agropecuario, así mismo, para la Secretaría de Protección al Ambiente alcanzo un 84% (SPF, 2014). De acuerdo con los objetivos y metas planteadas para 2018, la Secretaría de Desarrollo Agropecuario alcanzo un 90.6% de grado de cumplimiento (SEDED, 2018).

## **5.2 Análisis de la evolución en la producción y el crecimiento de la superficie sembrada e irrigada en el periodo 2003-2018.**

De acuerdo con el Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP, 2008), dentro del periodo de estudio 2003-2018, la superficie sembrada que se abarca en el Valle de Mexicali es de casi un 84% de la superficie susceptible en el DR014, en comparación a la superficie sembrada en el Valle de San Luis Rio Colorado, en la que se siembran en promedio un 16% de la superficie, así mismo se presenta un mayor crecimiento en 2004 con 167,335 ha de superficie sembrada en el Valle de Mexicali, en el periodo de 2005 a 2016, se experimentó una serie de fluctuaciones como incrementos y reducciones en la superficie sembrada, manteniendo una tendencia que oscila arriba de las 157,000 ha (ver Figura 14). De acuerdo con el IMTA (2020), la superficie susceptible a irrigar es de 190,000 ha en el DR014, en relación a ello, los años 2017 y 2018, son los mayormente afectados, con una reducción de la superficie sembrada, de casi el 25% (ver Tabla 12).

Figura 14. Evolución de la superficie sembrada en el periodo 2003-2018



Fuente: Elaboración propia, con datos de SIAP (2003-2018).

En el distrito de riego 014 la superficie regable es de 204, 036 ha, no obstante, la superficie susceptible promedio a irrigar es de 190,000 ha, según el IMTA (2020), en relación a esto, en el último informe del Plan Binacional de Contingencia ante la escasez de agua, se señala que la cuenca del Río Colorado continúa experimentando la peor sequía en 20 años CILA (2019), no obstante la superficie irrigada no ha disminuido de manera abrupta, pues se puede observar, que en 2018 es donde disminuye en promedio casi un 10% la superficie irrigada, en relación a los años anteriores (ver Tabla 12).

Tabla 12. Porcentaje de Superficie irrigada (2003-2018).

Año	Superficie susceptible para irrigar 190,000.00 ha		%	Superficie sembrada Valle de San Luis Rio Colorado Mexicali (ha)	%
	Superficie sembrada Valle de Mexicali (ha)	%			
2003	159,714.00	84%		31,558.70	16%
2004	167,335.00	84%		31,822.00	16%
2005	160,544.00	84%		30,490.00	16%
2006	159,822.50	85%		28,418.00	15%
2007	163,597.00	85%		29,523.00	15%
2008	160,358.00	84%		30,124.00	16%
2009	163,978.60	84%		30,161.00	16%
2010	165,016.20	84%		30,425.60	16%
2011	159,237.45	83%		32,416.80	17%
2012	157,723.12	83%		31,514.86	17%
2013	160,988.87	83%		31,843.99	17%
2014	162,702.08	83%		32,619.53	17%
2015	164,055.59	84%		30,263.80	16%
2016	167,280.22	84%		31,817.39	16%
2017	154,267.75	83%		31,804.66	17%
2018	144,457.94	82%		32,328.88	18%

Fuente: Elaboración propia, con datos de SIAP (2008-2018) y IMTA (2020).

Los cultivos que abarcan casi el 90% de la superficie sembrada en el periodo 2003-2018, son el trigo grano, el alfalfa achicalada, algodón hueso, pastos y praderas, sorgo forrajero y grano y la avena forrajera en verde, mismos que en 2009 y 2010, aumentan la superficie sembrada en la región, no obstante, para los periodos 2017 y 2018, disminuye la superficie sembrada en el distrito de riego, uno de los cultivos más afectados con la disminución de la superficie sembrada, es el trigo ya que ha disminuido hasta un 33% su producción en 2018, en comparación a 2008 o 2013 (ver Tabla 13).

Tabla 13. Cultivos que abarcan la mayor parte de la superficie sembrada (2003-2018).

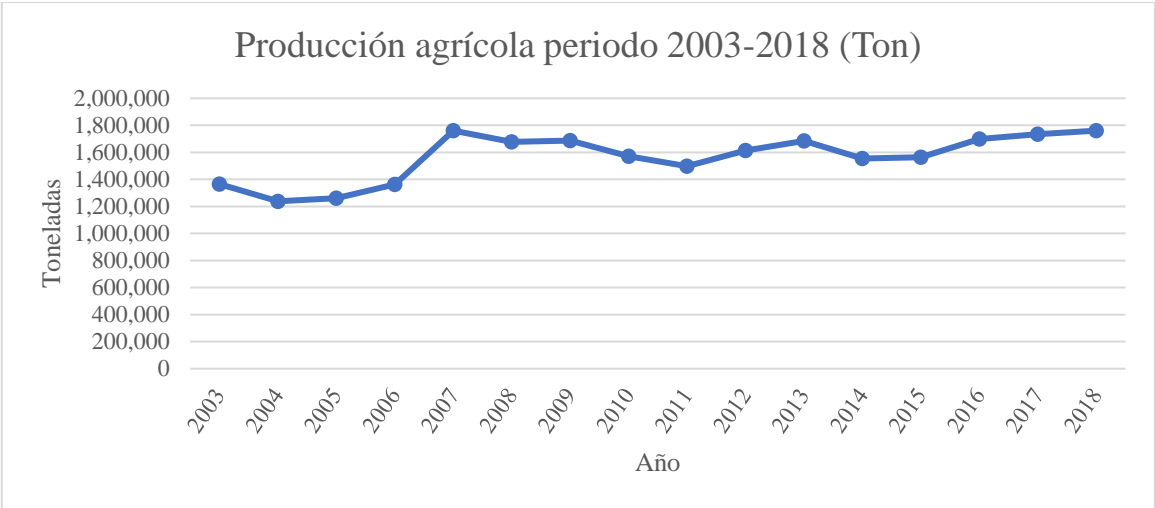
2003			2008		
Cultivo	Superficie Sembrada (Ha)	%	Cultivo	Superficie Sembrada (Ha)	%
<i>Trigo grano</i>	75,035.00	57%	<i>Trigo grano</i>	82,142.00	51%
<i>Algodón hueso</i>	13,433.00	10%	<i>Alfalfa achicalada</i>	29,907.00	19%
<i>Sorgo grano</i>	6,706.00	5%	<i>Algodón hueso</i>	19,719.00	12%
<i>Sorgo forrajero en verde</i>	6,437.00	5%	<i>Pastos y praderas</i>	6,178.00	4%
<i>Pastos y praderas</i>	5,175.00	4%	<i>Sorgo forrajero en verde</i>	6,060.00	4%
<i>Cebolla</i>	3,846.00	3%	<i>Cebolla</i>	3,587.00	2%
<i>Semilla de pastos y praderas</i>	3,617.00	3%	<i>Aceituna</i>	1,659.00	1%
<i>Chicharo</i>	3,146.00	2%	<i>Espárrago</i>	1,467.00	1%
<i>Cebada grano</i>	2,964.00	2%	<i>Sorgo grano</i>	1,172.00	1%
<i>Espárrago</i>	2,030.00	2%	<i>Avena forrajera en verde</i>	1,047.00	1%
<i>Otros</i>	9,020.00	7%	<i>Otros</i>	7,420.00	5%
<b>Total</b>	<b>131,409.00</b>	<b>100%</b>	<b>Total</b>	<b>160,358.00</b>	<b>100%</b>
2013			2018		
Cultivo	Superficie Sembrada (Ha)	%	Cultivo	Superficie Sembrada (Ha)	%
<i>Trigo grano</i>	83,147.00	52%	<i>Trigo grano</i>	47,881.00	33%
<i>Alfalfa achicalada</i>	27,091.00	17%	<i>Alfalfa achicalada</i>	30,072.00	21%
<i>Algodón hueso</i>	22,173.50	14%	<i>Algodón hueso</i>	28,476.49	20%
<i>Sorgo forrajero en verde</i>	7,607.50	5%	<i>Avena forrajera en verde</i>	5,811.00	4%
<i>Sorgo grano</i>	3,682.00	2%	<i>Cebolla</i>	5,708.16	4%
<i>Pastos y praderas</i>	3,353.93	2%	<i>Espárrago</i>	4,117.00	3%
<i>Cebolla</i>	3,242.57	2%	<i>Pastos y praderas</i>	3,678.50	3%
<i>Avena forrajera en verde</i>	2,051.00	1%	<i>Sorgo forrajero en verde</i>	3,252.00	2%
<i>Espárrago</i>	1,691.50	1%	<i>Cártamo</i>	1,910.00	1%
<i>Aceituna</i>	1,492.00	1%	<i>Dátil</i>	1,388.70	1%
<i>Otros</i>	5,456.87	3%	<i>Otros</i>	12,163.09	8%
<b>Total</b>	<b>160,988.87</b>	<b>100%</b>	<b>Total</b>	<b>144457.94</b>	<b>100%</b>

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP (2003-2018).

Asimismo, se puede observar una leve recuperación de la producción agrícola y superficie sembrada para el año 2007 (ver Figura 15), no obstante, en años posteriores se manifestó un aumento en la superficie siniestrada de los cultivos altamente demandados y con mayor superficie sembrada, tales como el trigo grano, el algodón hueso, pastos y praderas, sorgo grano entre otros. Así mismo para 2010 el cultivo de trigo grano presento su mayor afectación con una superficie siniestrada de 1831 ha y una reducción de la superficie

sembrada, de casi el 25%, en relación con otros años, lo que podría denotar la inmensa disminución de la producción, al ser uno de los cultivos más demandados y productivos (ver Figura 16).

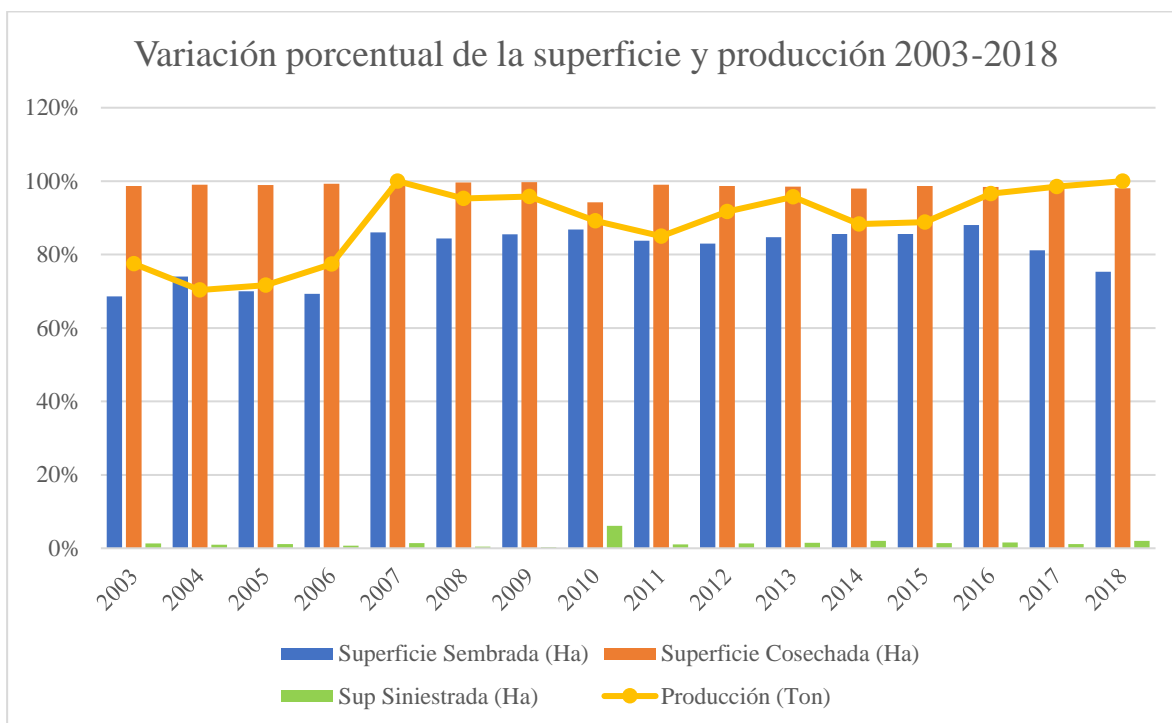
Figura 15. Evolución de la producción agrícola 2003-2018



Fuente: Elaboración propia, con datos de SIAP (2003-2018).

Además, se puede observar que las cifras que presenta el Sistema de Información Agroalimentaria de Consulta (SIACON), en cuanto a la superficie sembrada y la superficie cosechada de 2016 a 2018, van acorde a la temporalidad y disponibilidad de los recursos naturales, así como financieros, pues a partir de 2016, se incrementan los financiamientos en el sector agrícola, mientras que, en 2007, hubo una lenta recuperación de los créditos públicos y privados para el sector agropecuario hasta 2014 (COPLADE, 2015), mismos que hacen evidentes los efectos previos y la difícil recuperación tras la crisis financiera de 2008 y agravó el sistema financiero, creando una brecha en la banca comercial y la banca de desarrollo, dificultando aún más la gestión de los recursos, así como el terremoto de 2010 en el Valle de Mexicali, pese algunos otros factores como el clima, que en 2007 y 2018 se registraron sequías extremas en la región, de acuerdo con el Monitor de Sequia en México (CONAGUA, 2019).

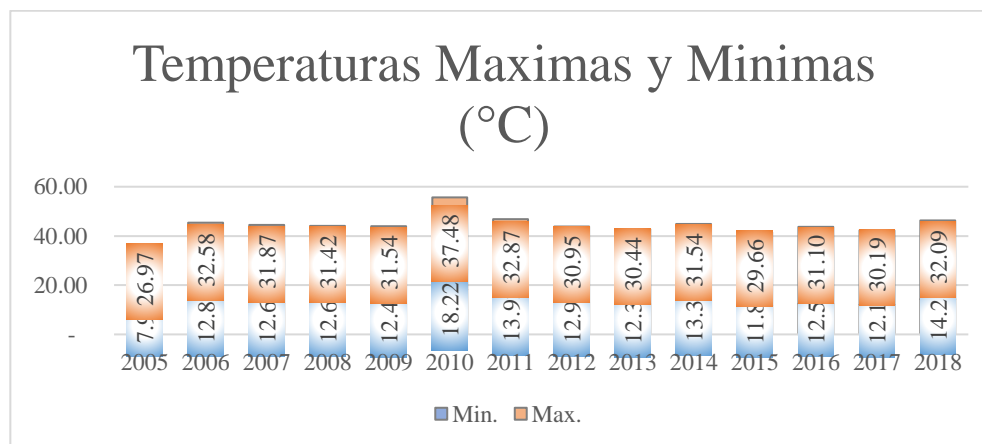
Figura 16. Variación porcentual de la superficie sembrada, cosechada y producción 2003-2013



Fuente: Elaboración propia, con datos de SIAP (2018).

De acuerdo con los datos proporcionados de la Oficina Estatal para el Desarrollo Rural Sustentable de Baja California (OEIDRUS-BC, 2018), la temperatura máxima de 2005 a 2018, oscila entre los 27°C a los 38°C, misma que en efecto, tiene su máximo pico en el año 2010 y 2011 (ver Figura 17), en ese mismo año se registró un sismo de magnitud 7.2, el cual tuvo epicentro dentro del Valle de Mexicali, coincidiendo así, con una leve disminución de la superficie sembrada en ese mismo año y complicaciones en los años posteriores.

Figura 17. Temperaturas máximas y mínimas de la región (2005-2018).



Fuente: Elaboración propia, con datos de OEIDRUS-BC (2018).

### **5.3 Productividad y eficiencia del uso del agua para riego en el DR014**

En esta sección se analizará la productividad y eficiencia del uso del agua para riego en términos físicos y económicos, como resultado de los cálculos aplicados, de acuerdo con la metodología. El agua es esencial para el desarrollo de las actividades agrícolas, considerando que el clima que se registra en la región, es árido y extremo, la mayoría de los productores tratan de utilizar de manera eficiente el recurso para obtener una mayor producción, es decir, un aumento en los rendimientos, sin embargo no se obtienen los mismos resultados para todos, una manera de hacer frente a esta problemática y aprovechar mejor el recurso, es implementando métodos de irrigación tecnificados, de manera que se genere un aumento de la productividad en la región.

#### **5.3.1 Estimación de las demandas hídricas por cultivo y otras variables**

De acuerdo con algunos datos proporcionados por la Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable OEIDRUS-BC (2018), se calcularon las láminas de riego tomando como base la evapotranspiración y los coeficientes de cada cultivo, dadas las características, se calcularon los volúmenes de agua utilizados por cada cultivo en una hectárea (verFigura 18), dando como resultado, el cultivo de alfalfa achicalada como uno de los altamente demandantes de agua con 16,146.09 m<sup>3</sup>/ha, seguido del trigo y la cebada con un volumen que va por arriba de los 15,000 m<sup>3</sup>/ha , no obstante, cabe resaltar que los resultados que se observan en esta gráfica son un promedio del periodo estudiado de los diez cultivos que demandan mayores volúmenes de agua, no contemplan la cantidad de riegos necesarias para el desarrollo de cada cultivo.

Figura 18. Cultivos que demandan mayores volúmenes de agua (2003-2018).



Fuente: Elaboración propia, con datos de IMTA (2020), SIAP (2003-2018) y OEIDRUS-BC (2018).

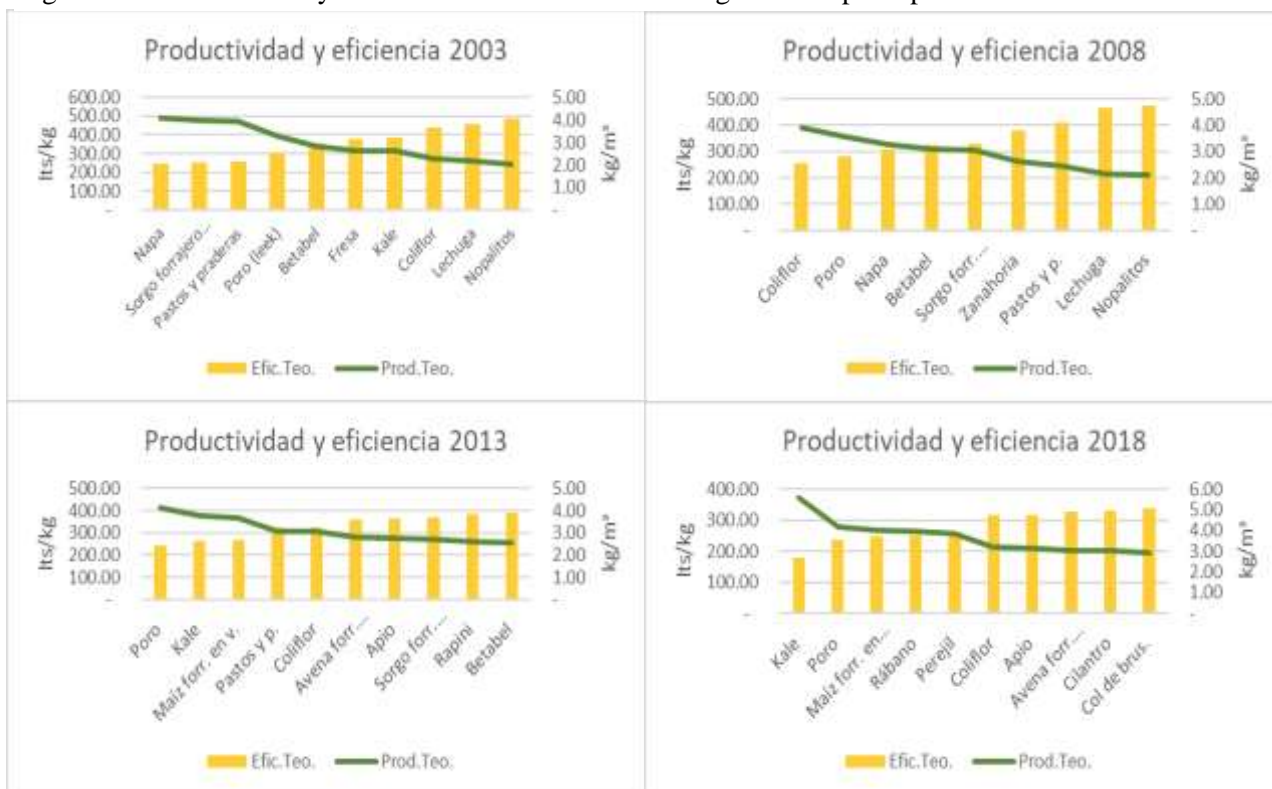
Además, los cultivos que demandan un mayor uso de agua en la región, por deducción coinciden con los cultivos que tienen una mayor superficie sembrada, así pues, se entiende, que, de acuerdo con la extensión irrigada, el volumen total o global de agua usado será mayor. Así mismo, lo anterior obedece a la lógica matemática, pues los cultivos con una lámina mayor, por consiguiente, serán los que demanden los mayores volúmenes de agua.

De esta manera, se pudo observar que en el distrito de riego 014, los cultivos que utilizan los mayores volúmenes de agua en el periodo 2003-2018, son el trigo grano, alfalfa achicalada, cultivos forrajeros como la cebada y sorgo, estos últimos, utilizan hasta un 85% del volumen total y son utilizados como alimento para el ganado, destinado al sector agrícola, no obstante, que dichos cultivos sean los que demanden los mayores volúmenes de agua, no quiere decir que sean menos eficientes.

En el periodo de 2003 a 2018, los cultivos con mayor productividad y eficiencia fueron el kale, alfalfa achicalada, poro, napa, maíz forrajero, sorgo forrajero, pastos y praderas, avena forrajera, entre otros (ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**), y es que son los cultivos que, dentro del periodo seleccionado, tuvieron mayores

rendimientos físicos, no obstante, al incluir la lámina de riego por cultivo en el cálculo, se pudieron determinar los cultivos con mayor eficiencia en el uso del agua.

Figura 19. Productividad y eficiencia teórica en el uso del agua de los principales cultivos en el DR014.



Fuente: Elaboración propia, con datos de IMTA (2020), SIAP (2003-2018) y OEIDRUS-BC (2018). \* Para el análisis se seleccionó un rango de cada 5 años que abarcara el periodo de 2003 a 2018. La información completa por año se encuentra desplegada en el anexo.

### ➤ Económico

Dado que la productividad y eficiencia en términos físicos como lo plantea el autor se encuentra condicionada al rendimiento físico por hectárea, el rendimiento económico proyecta un panorama distinto, pues, el rendimiento económico por hectárea de cada cultivo es producto de la división del valor de la producción a precios constantes y la superficie sembrada. El valor de la producción es producto de la multiplicación del precio medio rural y el volumen de producción, mismos que al ser inflactados o deflactados al dividirse por el índice nacional de precios al productor (INPP) base 2018, dan como

resultado, el rendimiento económico por hectárea (\$/ha), en relación a lo anterior, se determinó el rendimiento económico por ha, en donde se pudo observar que en el periodo de 2003 a 2018, los cultivos que tuvieron mayores rendimientos en 2003 y 2008 fue la fresa y la sandía con un rendimiento de casi 713 mil \$/ha y 487 mil \$/ha de rendimiento, no obstante, para los siguientes años no se sitúan dentro de los cultivos con mayor rendimiento económico, la lechuga tuvo un rendimiento de 315 mil \$/ha, no obstante para 2008, ese rendimiento disminuye casi un 29%, por otra parte el cultivo del dátil alcanzó un rendimiento de 252 mil \$/ha, pero en 2008 disminuye un 3%, el espárrago en 2003 tiene un rendimiento económico de 255 mil \$/ha y para 2008 aumenta casi un 3%, el espárrago en 2008 tiene un rendimiento superior a 2003, con un aumento de casi el 23%, la zanahoria es otro de los cultivos de alto rendimiento económico en 2008 con un rendimiento de 270 mil \$/ha, todos estos cultivos se sitúan al menos dentro de los primeros diez cultivos de mayor demanda (ver Tabla 14).

Tabla 14. Cultivos de mayor y menor rendimiento económico 2003-2008

2003				2008			
Cultivo	Mayor Rend. Econ. (Miles de \$/Ha)	Cultivo	Menor Rend. Econ. (Miles de \$/Ha)	Cultivo	Mayor Rend. Econ. (Miles de \$/Ha)	Cultivo	Menor Rend. Econ. (Miles de \$/Ha)
Fresa	712.98	Eucalipto	6.02	Zanahoria	270.43	Aceituna	5.76
Sandía	487.17	Chícharo	9.77	Dátil	266.90	Cártamo	7.34
Palma de or. *	450.85	Cebada grano	13.16	Espárrago	261.51	Avena forrajera en verde	9.34
Lechuga	315.59	Maíz grano	14.12	Lechuga	224.16	Cebada forrajera en verde	13.59
Dátil	275.56	Sorgo grano	14.66	Nopalitos	219.70	Pastos y praderas	15.06
Tomate rojo	260.24	Mostaza	14.70	Betabel	195.93	Elote	15.28
Espárrago	255.06	Frijol	17.96	Coliflor	195.29	Sorgo grano	18.26
Betabel	253.59	Cacahuete	19.97	Napa	193.59	Sorgo forrajero en verde	19.49
Melón	219.33	Trigo grano	20.75	Calabacita	186.38	Algodón hueso	25.56
Col (repollo)	206.02	Manzana	21.76	Brócoli	160.48	Palma de ornato (planta)	27.00

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP (2003-2008). \* por planta

Dentro de los cultivos con menor rendimiento económico, se encuentran, el eucalipto, chícharo, cebada grano, maíz grano, trigo grano, aceituna, cártamo, avena forrajera, sorgo y algodón, cabe resaltar que muchos de los cultivos de menor rendimiento económico, se sitúan como aquellos que utilizan mayores volúmenes de agua. Para los años de 2013 a 2018, los cultivos de mayores rendimientos económicos fueron, el ajo con un rendimiento de 529 mil \$/ha, aunque con una disminución de su rendimiento para 2018 que rebasa el 50%, el cultivo del apio generó rendimientos de 375 mil \$/ha para 2013, sin embargo, para 2018 este cultivo aumenta sus rendimientos en un 30%, el brócoli y el cilantro son otros de los cultivos que se sitúan dentro de los que generan un mayor rendimiento y para 2018 caen un 17% y 7%, no obstante, para 2018, los cultivos que aumentaron sus rendimientos económicos fueron, el espárrago, la cebolla y el rábano, con un aumento del 7%, 11% y el 85% (ver Tabla 15).

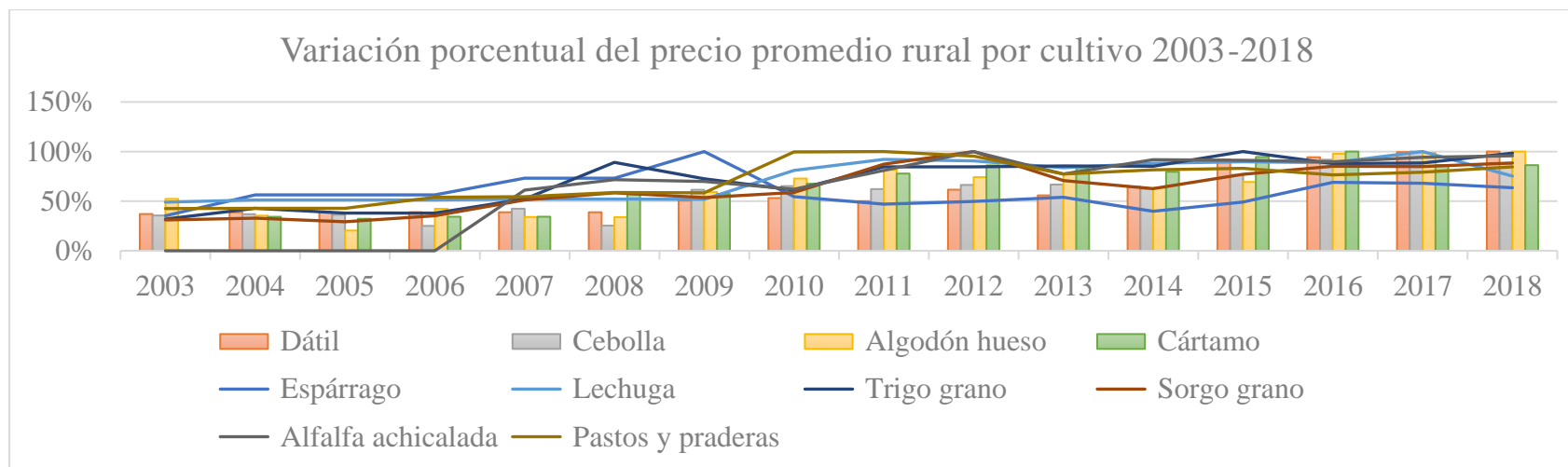
Tabla 15. Cultivos de mayor y menor rendimiento económico 2013-2018

2013				2018			
Cultivo	Mayor Rend. Econ.(Miles de \$/Ha)	Cultivo	Menor Rend. Econ.(Miles de \$/Ha)	Cultivo	Mayor Rend. Econ.(Miles de \$/Ha)	Cultivo	Menor Rend. Econ.(Miles de \$/Ha)
Ajo	529.56	Cebada forrajera en v.	12.00	Apio	488.95	Higuerilla	11.37
Poro (leek)	385.35	Cártamo	13.38	Rábano	433.07	Cebada forrajera en v.	11.59
Apio	375.66	Avena forrajera en v.	14.86	Perejil	316.36	Cártamo	13.00
Coliflor	371.99	Sorgo forrajero en v.	16.46	Espárrago	278.76	Pastos y praderas	14.14
Brócoli	315.86	Aceituna	17.48	Cebolla	272.47	Avena forrajera en v.	15.70
Espárrago	258.80	Sorgo grano	17.71	Col de Brus.	268.13	Sorgo grano	15.84
Cilantro	250.05	Pastos y praderas	19.97	Brócoli	261.57	Cebada grano	16.45
Rábano	232.99	Maíz forrajero en v.	20.88	Ajo	252.21	Sorgo forrajero en v.	19.86
Cebolla	229.81	Nopalitos	28.63	Cilantro	222.29	Trigo grano	24.60
Espinaca	225.65	Trigo grano	30.27	Kale	202.17	Maíz forrajero en v.	35.83

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP (2003-2008).

De acuerdo con la normatividad para la generación de estadística básica agropecuaria y pesquera, el precio medio rural es el precio que es pagado al productor por la venta de primera mano, ya sea su zona de producción (SIAP, 2013). A principios del periodo 2003 a 2007, el precio medio rural se mantenía bajo y a partir de 2008, los precios de los diez principales cultivos en 2003 a 2007 sobresalen, así como la mayoría de los cultivos, tal es el caso del algodón que cae su precio pagado en un 80% para 2005 de acuerdo con su máximo pagado que fue hasta 2018, pero inicia un incremento a partir de 2009, asimismo, el dátil es uno de los cultivos que es bien pagado pues sus precios han ido incrementando progresivamente, pero para 2015 su precio da un salto de casi el 30% de incremento. Otro de los cultivos que son bien pagados es el espárrago, llegando a su máximo en 2009, no obstante, su precio cae por arriba del 50% en los años posteriores, de acuerdo con los datos proporcionados por el SIAP (ver Figura 20).

Figura 20. Evolución de la variación porcentual del precio promedio rural 2003-2018

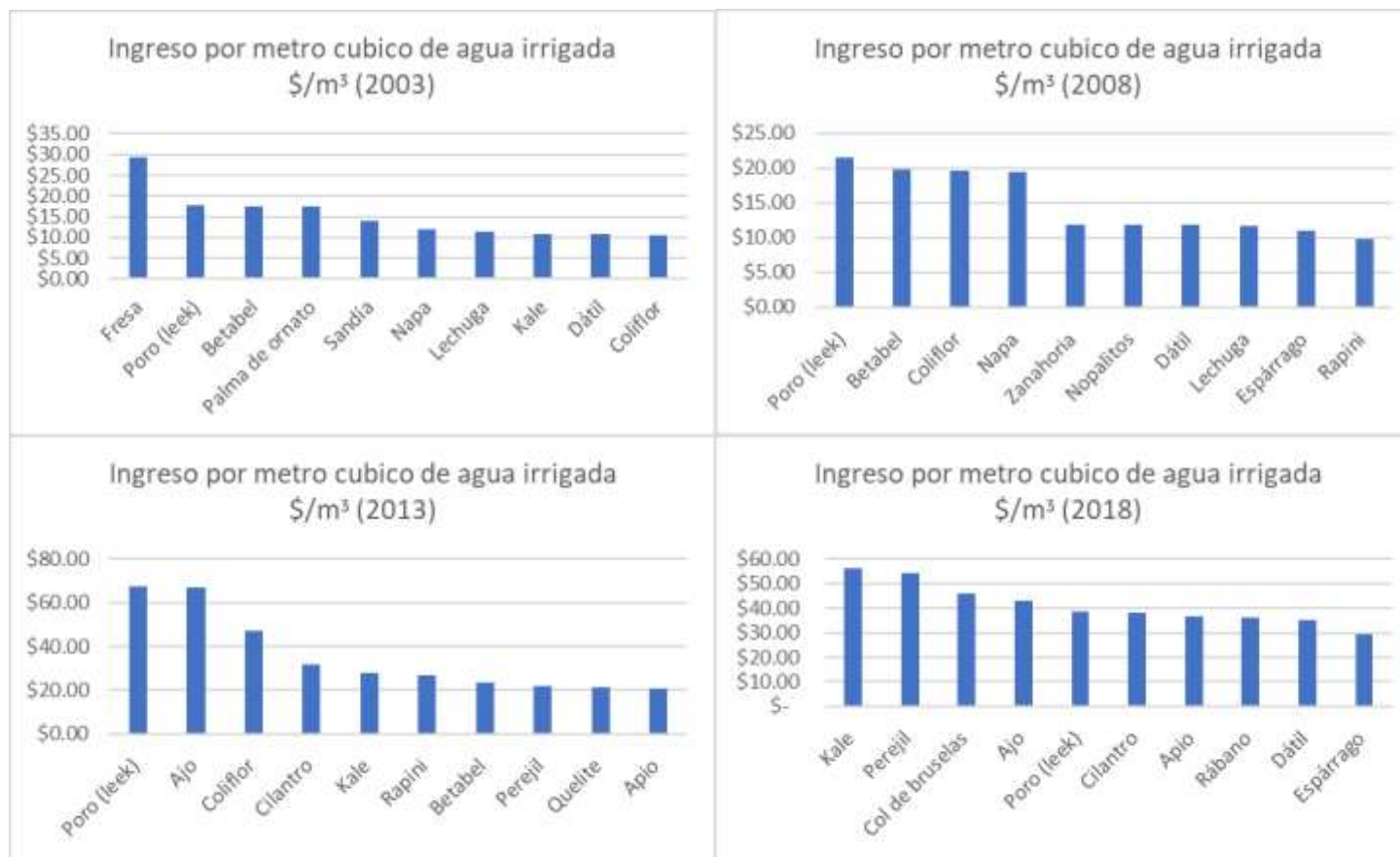


Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP (2003-2018).

Asimismo, se muestra la relación entre el ingreso monetario que se generó por metro cúbico de agua irrigada, de acuerdo con el rendimiento físico de la producción y el precio medio rural y se puede observar un aumento del ingreso generado a partir de 2010 en la mayoría de los cultivos, lo cual resulta curioso, ya que en ese año hubo una disminución de los volúmenes de agua entregados, a causa del terremoto. El cultivo del ajo se posicionó en primer lugar de 2010 a 2012, llegando a su máximo en 2011 con \$91.13 pesos por metro cúbico de agua irrigada, otros de los cultivos que otorgan mayor valor al agua por metro cúbico y se posicionó por varios años del periodo en primer lugar es el poro, mismo que en 2014 generó \$75.00 pesos por metro cúbico y se ha mantenido dentro de los cinco principales cultivos en todo el periodo de análisis. A su vez, el cultivo del rábano generó su mayor ingreso en 2016 y 2015, el cultivo de col. de Bruselas, perejil, coliflor, dátil, rapini, cilantro entre otros, son los que conforman los principales cultivos que generan un mayor ingreso por metro cúbico de agua irrigada (ver Figura 21). El análisis cruzado de variables mostró que la mayoría de los cultivos que generan un

mayor ingreso por metro cúbico de agua irrigada tienen relación con aquellos que generan un mayor rendimiento económico mismo que se puede observar en la (Tabla 14) y (Tabla 15).

Figura 21. Ingreso generado en pesos corrientes, por metro cúbico de agua irrigada.



Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP (2003-2018).

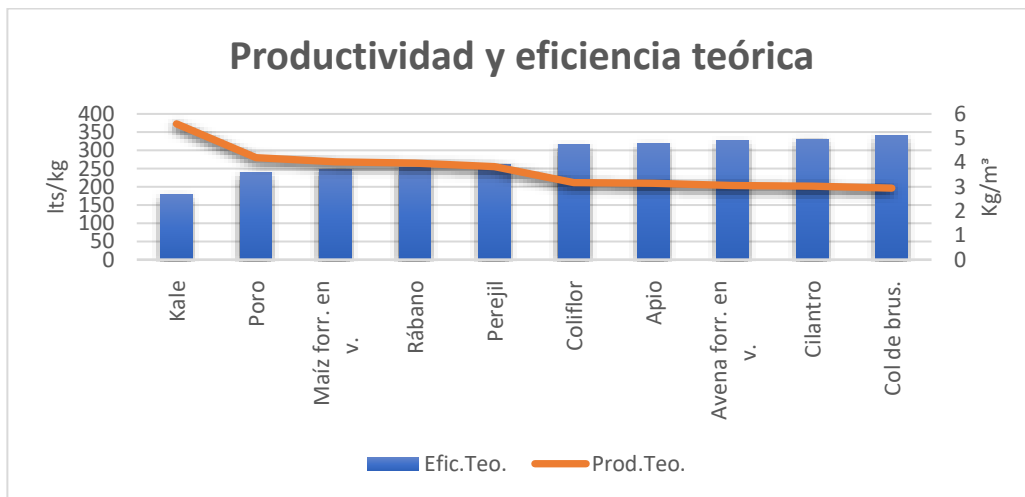
## 5.4 Eficiencia de los principales métodos y sistemas de riego en el DR014

Tomando en cuenta los cálculos sugeridos por el autor y los coeficientes de eficiencia de cada método de riego se pudo estimar lo siguiente:

### 5.4.1 Riego gravitacional

Como ya se mencionó, el riego gravitacional es uno de los métodos de riego más comunes en el distrito de riego 014, ya que de acuerdo con SEFOA (2013), al menos un 94% de la superficie se riega por este método, asimismo, de acuerdo con el coeficiente de cada cultivo y el volumen hídrico por cultivo, se pueden indicar los cultivos más productivos y eficientes en el uso del agua, pues para el cultivo de kale, nos indica un uso de 178.82 litros por kilogramo, y una productividad de 5.59 kilos por cada metro cúbico de agua utilizados, otros de los cultivos que se suman a la lista de los más eficientes y productivos, son, el cultivo del poro, maíz forrajero en verde, rábano, perejil entre otros (ver Figura 22).

Figura 22. Productividad y eficiencia de los principales cultivos 2018.



Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP (2003-2018) y Maldonado (2001).

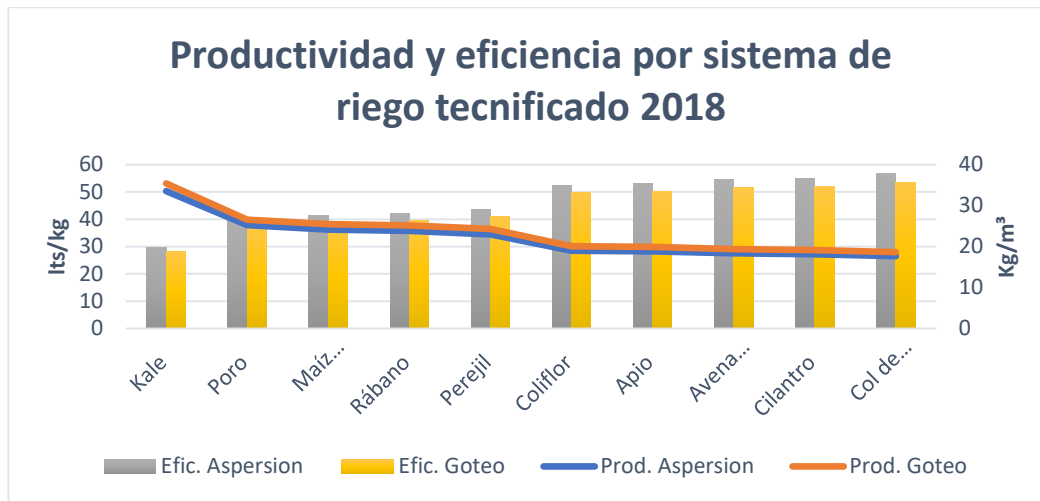
### 5.4.2 Sistemas de riego tecnificado

De acuerdo con SEFOA (2013), casi el 2% de la superficie sembrada emplea un sistema de riego tecnificado como el riego por aspersión y el riego por goteo, asimismo, de acuerdo con la FAO (2005), para un uso adecuado y el incremento de la eficiencia y

productividad del agua, la inversión e implementación en tecnologías de riego es una de las alternativas.

La tendencia en la curva de la productividad y eficiencia de los sistemas de riego por aspersión y goteo, son muy similares, debido a que de acuerdo con Maldonado (2001), los coeficientes de eficiencia para estos sistemas, son del 90% y 95%. Asimismo, los cultivos más eficientes y productivos son los mismos para cada sistema o método de riego, lo único que cambia es el rendimiento, es decir que para 2018, se ubica el kale como el cultivo más eficiente con 19.87 litros por kilogramo con un riego por aspersión y 18.82 litros por kilogramo con un riego por goteo y una productividad de 50.33 kg/m<sup>3</sup> con riego por aspersión y 53.13 kg/m<sup>3</sup> con riego por goteo. Para el cultivo de poro con 26.45 L/kg con el método de aspersión y 25.06 L/kg con un riego por goteo y una productividad de 37.81 kg/m<sup>3</sup> con riego de aspersión y 39.91 kg/m<sup>3</sup> con riego por goteo. Asimismo, el maíz forrajero en verde tiene una eficiencia con un riego por aspersión de 27.63 L/kg y 26.18 L/kg por el método de goteo y una productividad de 36.19 kg/m<sup>3</sup> por el método de aspersión y 38.20 kg/m<sup>3</sup> por goteo. El cultivo del rábano tiene una eficiencia de riego por aspersión de 27.97 L/kg y 26.50 L/kg por el método de goteo con una productividad de 35.76 kg/m<sup>3</sup> irrigado por el método de aspersión y 37.74 kg/m<sup>3</sup> por el método de goteo. El perejil produce 34.53 kg por cada metro cubico irrigado con un método de aspersión y 36.45 kg/m<sup>3</sup> con el método de goteo. El cultivo de coliflor tiene una eficiencia de 35.03 L/kg para el método de riego por aspersión y 33.18 L/kg por goteo y una productividad de 28.55 kg/m<sup>3</sup> por aspersión y 30.13 kg/m<sup>3</sup> por el método de goteo. El apio tiene una eficiencia con un riego por aspersión de 35.35 L/kg y 33.49 L/kg con riego por goteo y una productividad de 28.29 kg/m<sup>3</sup> por aspersión y 29.86 kg/m<sup>3</sup> por el método de goteo. El cultivo de avena forrajera en verde tiene una eficiencia con riego por aspersión de 36.33 L/kg y 34.42 L/kg con método de goteo y una productividad con riego por aspersión de 27.52 kg/m<sup>3</sup> y 29.05 kg/m<sup>3</sup> con el método de goteo. El cultivo de cilantro tiene una productividad de 27.25 kg por cada metro cubico de agua irrigada con el método de aspersión y 28.77 kg/ m<sup>3</sup> con el método de goteo, mientras que la col de Bruselas tiene una productividad de 26.50 kg/ m<sup>3</sup> con el método de aspersión y alcanza los 27.98 kg/ m<sup>3</sup> con el método de goteo (ver Figura 23).

Figura 23. Productividad y eficiencia teórica de los diez principales cultivos, por sistema de riego tecnificado 2018.



Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP (2018) y Maldonado (2001). \* Los datos desplegados por cada uno de los cultivos se encuentra en el anexo.

De acuerdo con lo anterior, no se puede dejar de lado que existen muchos factores que afectan el uso eficiente del agua, puesto que, no se puede implementar un método o sistema tecnificado de riego, sin antes tomar en cuenta las características del suelo, pues si bien el suelo de la región contiene altas cantidades de sal debido a que se presenta intrusión marina y ocasiona la salinización del agua subterránea, a causa de esto, para la recuperación del suelo salino se implementa la práctica de lavado de suelos, como una manera efectiva de eliminar las sales, de esta manera el flujo descendente de agua arrastra las sales y lava de manera horizontal y vertical a medida que el agua se infiltra a profundidad, también resulta conveniente realizar una nivelación de las parcelas, para lograr un uso eficiente y con mayores rendimientos en la producción, considerando lo anterior, se presenta una matriz compactada con fichas técnicas de los principales cultivos que son altamente demandados en la región (ver tabla 16).

Tabla 16. Características y consideraciones de los principales cultivos del DR014.

Cultivo	Características	Métod. de riego / Tecnificación	Riegos	Eficiencia	Suelos	Época de siembra	Factores a considerar para seleccionar el sistema de riego más adecuado
<b>Alfalfa achicalada</b>	El rendimiento promedio de la alfalfa ronda las 15.77 toneladas, no obstante, esta puede aumentar casi un 37% su rendimiento si se prepara correctamente la tierra, de acuerdo con el paquete tecnológico, la demanda de forraje ha aumentado, debido al aumento de las actividades pecuarias, pues aproximadamente el 75% de la producción está destinado a la alimentación de ganado lechero, 15% a la de bovinos y el 10% para la elaboración de alimentos concentrados	Melgas	13-22	55%	Medios Pesados	Octubre Noviembre	Clasificación de los principales sistemas de riego  Adaptación a los cultivos  Adaptación a las características del terreno
<b>Algodón</b>	De acuerdo con la agenda técnica, en los últimos ciclos la productividad del algodón ha disminuido, debido a que ha sido afectada por los altos costos de producción, así como las altas temperaturas	Melgas Surcos	7	60%	Medios		Consumo de agua
<b>Cártamo</b>	El cultivo del cártamo se adapta bien a las condiciones climatológicas de invierno, cuenta con una creciente demanda, debido a que tiene rendimientos de grano para la producción de aceites	Surcos	4-7		Medios Ligeros Pesados	Noviembre Diciembre	Calidad del agua  Eficiencia de riego
<b>Cítricos</b>	El cultivo de cítricos, en el Valle de Mexicali cubre una superficie promedio de 400 hectáreas, mismos que requieren mayor volumen de agua que el trigo y el algodón, asimismo tienen mayor retribución económica por metro cúbico de agua	Melgas Goteo Micro-aspersión	120-180		Medios	Septiembre Noviembre Febrero Marzo	Control del agua aplicada
<b>Esparrago</b>	El esparrago ha sido clasificado como una planta tolerante a la sequía, no obstante, algunos investigadores han observado marchitez, muerte del helecho y tallo, así como una reducción en el rendimiento bajo condiciones de baja humedad. En regiones desérticas la producción del esparrago, depende del riego pues en zonas donde las temperaturas son elevadas y la tasa de evaporación es excesiva, los requerimientos de agua aumentan	Surcos Goteo Aspersión	5-9	40%-70%	Medios	Septiembre	Nivelación  Riesgo ambiental  Dispersión de plagas y enfermedades
<b>Hortalizas</b>	Las hortalizas, representan una importante fuente de empleo en el Valle de Mexicali, dentro de los más importantes se encuentra, el cebollín, esparrago, rábano, lechuga, ajo, cebolla bola, melón, apio, zanahoria, cilantro, calabacita, col, tomatillo, rapini, espinaca, betabel, leek, entre otras.	Surcos Goteo Aspersión	-	*	*	*	Utilización de mano de obra  Conocimiento para la instalación y operación del sistema
<b>Maíz</b>	De acuerdo con la agenda técnica, el maíz ha experimentado bajos rendimientos y mala calidad sanitaria y esto debido a un manejo	Surcos	7-8		Medios Ligeros Pesados	Febrero Julio	

	ineficiente en la siembra, mismo que puede tener un rendimiento superior a 8 toneladas por hectárea					
<b>Sorgo grano</b>	El sorgo es utilizado para la elaboración de alimento para aves y ganado, sus hojas se aprovechan como forraje, es adaptable a las condiciones climatológicas de la región, resistente a la sequía con buena respuesta al riego y se encuentra dentro de los principales cultivos, después del trigo, la cebada o el cártamo, su rendimiento por hectárea es de 4.5 ton y hasta 6 ton	Surcos	7	90%	Medios Ligeros Pesados	Febrero Marzo Julio
<b>Trigo</b>	El trigo, es un cultivo que se encuentra sujeto a las fluctuaciones del mercado global, mismas que condicionan los precios, lo que representa un reto para el productor al buscar la optimización y eficiencia en el uso de los insumos, así como el manejo del agua para riego	Surcos- Melgas	5-7	95%	Medios Ligeros Pesados	Noviembre Diciembre

Fuente: Elaboración propia con datos de González y del Pozo (1999), INIFAP (2008), FAO (2008) INIFAP (2010). \* Ver en anexo ...

De acuerdo con lo anterior se puede indicar, que los cítricos son los cultivos que demandan los mayores volúmenes de agua y esto de acuerdo a la cantidad de riegos necesarios para alcanzar óptimos rendimientos para la cosecha de los mismos, no obstante, otro cultivo que le secunda es el alfalfa, pues es uno de los cultivos altamente demandantes de agua, así como uno de los cultivos que abarca el mayor porcentaje de superficie sembrada en la región, el cual vendría a detonar un mayor impacto y precisar una mayor atención en otorgar eficiencia en su método de riego.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Lo expuesto a lo largo de este trabajo, permite aproximar a las siguientes conclusiones al modelo de productividad y eficiencia. De la información obtenida de la matriz diagnóstica de los principales instrumentos de planeación analizados en el periodo 2003 a 20018, se pudo apreciar cómo se establecen los criterios de planeación en el uso de agua para riego agrícola en Mexicali Baja, California, mismos que atienden los lineamientos establecidos en el Plan Nacional de Desarrollo. Con relación a lo anterior, se pudo observar una latente preocupación por la implementación de un modelo de producción basándose en la vocación productiva, con una visión más económica, es decir, que impulsa el potencial productivo y no denota la vocación natural, contrario a lo que se contempla en la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente (LGEEPA), misma que se orienta hacia la capacidad de carga y equilibrio del medio natural. Asimismo, los planes y programas hídricos no contemplan lo señalado por la LGEEPA, puesto que, lo definen como el uso de volúmenes sustentables de agua, el cual implica extraer una cantidad de agua superficial o subterránea, sin afectar la fuente natural de abastecimiento, mientras que la región apunta a un estrés hídrico, se podría señalar, que no se extrae un volumen sustentable de agua.

Así mismo se observa el impacto en la implementación de los diferentes planes en el desarrollo económico en el sector agrícola, dado que el sector agropecuario es de gran importancia para la generación de alimentos a la población, en 2001 los procesos de planeación para el Plan Nacional de Desarrollo 2001-2006 fueron participativos, debido a que se incluyó la participación ciudadana con los expertos para debatir y expresar temas prioritarios del país. Así mismo, en 2002 el Plan Estatal de Desarrollo de Baja California, denota una preocupación por perfeccionar la gobernanza y se integra la preocupación por ser más incluyentes, no obstante, no se encontró ninguna estrategia acorde a la preocupación por el uso eficiente del agua. En 2008, se mantiene un sentido de preocupación por la competitividad y el desarrollo económico, en base al aprovechamiento de las vocaciones regionales, con el fin de impulsar la productividad agropecuaria y la diversificación de actividades económicas en el sector agropecuario, con el objetivo de fomentar un uso eficiente del agua. En 2014, continua la preocupación por fortalecer las actividades económicas arraigadas de la región e impulsar la productividad, además, se hace hincapié al

fomento de la reconversión productiva y tecnológica, de cultivos que requieran menos volumen de agua y sean de mayor demanda en el mercado. Para los años subsecuentes se denota una alineación a los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) y la agenda 2030 para el desarrollo sostenible, como resultado de la preocupación por los recursos, hacia una sostenibilidad económica, social y ambiental.

De esta manera, se pudo observar que en el distrito de riego 014, los cultivos que utilizan los mayores volúmenes de agua en el periodo 2003-2018, son el trigo grano, alfalfa achicalada y algodón hueso, estos últimos, utilizan hasta un 85% del volumen total, destinado al sector agrícola, no obstante, que dichos cultivos sean los que demanden los mayores volúmenes de agua, no quiere decir que sean menos eficientes.

Así mismo se pudo determinar, que los cultivos que demandan los mayores volúmenes de agua, no son los de mayor rendimiento económico, pues los principales cultivos que son sembrados en la región son el algodón, el trigo y el alfalfa y demandan arriba de 15,000 m<sup>3</sup>/ha, en cambio, en los cultivos de mayor rendimiento económico se encuentran, el ajo, apio, brócoli y cilantro, mismos que no superan los 15,000 m<sup>3</sup>/ha en volumen de agua, y aumentaron arriba del 30% sus rendimientos económicos para la mitad del periodo, así mismo los cultivos de espárrago, cebolla y rábano incrementaron sus rendimientos para 2018. A pesar de que, Estados Unidos dejó de entregar volúmenes excedentes de agua a partir de 2001, la producción no se vió afectada en años posteriores, no obstante en 2010 y 2011, se registra un aumento en la temperatura del ambiente seguido de una disminución de las precipitaciones y se denota un leve descenso de la producción agrícola, por lo que, el grado de presión por el recurso hídrico, podría estar estrechamente relacionado a los cambios drásticos en las temperaturas y la sobreexplotación del recurso. En el año 2010, se registró un terremoto de magnitud 7.2 en la escala de Richter, que afectó principalmente la infraestructura hidroagrícola, de modo que es claro percatarse, de los efectos del sismo a partir de ese año y su difícil recuperación.

Al realizar el cruce de variables se pudo determinar que la mayoría de los cultivos que otorgan un mayor valor al agua, ingreso por metro cúbico de agua irrigada, tienen relación con aquellos que generan un mayor rendimiento económico, tal es el caso del poro, coliflor, ajo, cilantro, rábano, dátil, espárrago entre otros, mismo que pueden ser utilizados

para llevar un control en la toma de decisiones de producción y con ello se alcanzarían mayores rendimientos a la vez de hacer un uso eficiente del agua y otorgarle mayor valor.

De 2010 a 2018 se observa un aumento del ingreso generado a precios corrientes por metro cúbico de agua irrigada, no obstante, es necesario adoptar un modelo de maximización de la eficiencia en el uso del agua para riego, de manera simultánea a la reconversión del modelo de agricultura, es decir, integrar en la vocación productiva, la preocupación por la vocación natural, adoptando también la reconversión productiva y tecnológica propuesta en los diferentes planes, de este modo, hacer frente a las fluctuaciones del mercado global y lograr un uso sustentable del agua, y una mejor distribución de la producción.

Uno de los inconvenientes al introducir nuevos mecanismos para aumentar la eficiencia del agua, como los sistemas de riego tecnificados, son las condiciones topográficas, puesto que la modernización y tecnificación de riego, no tienen la posibilidad de aplicarse en cualquier zona, pues se debe tomar en cuenta las características, del cultivo, así como del suelo y el tiempo, si no se mantiene un terreno plano de suave pendiente, este no permite un trazado óptimo de surcos y melgas, por lo tanto, si la pendiente es irregular el método de riego que mayormente se recomienda, es el de inundación. No obstante, a pesar de que Nuñez (2015), afirma que no es necesario nivelar el suelo, al utilizar el método de aspersion, en el programa hídrico, se señala que no se puede utilizar en esta región, lo que limita la utilización de este método de riego tecnificado y hace necesaria una mayor inversión para el productor, al nivelar sus terrenos. Además, la calidad del agua y del suelo son otros limitantes, dado que el ensalitramiento es uno de los mayores problemas que se enfrenta en la región y representa una complicación para el uso eficiente del agua, pues una de las prácticas que se realizan para la recuperación de suelos salinos es el mismo lavado de suelos, lo que origina un incremento en el volumen de agua utilizado.

Existen muchos factores que interfieren al hacer un uso eficiente y sustentable del agua para riego en la región, pese a que, implementar un método o sistema tecnificado de riego sería la mejor opción, se debe tomar en cuenta las características de la región. El valor de la productividad y eficiencia del agua para un mismo cultivo es muy variable y es un factor que puede limitar el rendimiento, en función de la adaptación del cultivo, de acuerdo con el

medio donde se desarrolla, de modo que, las condiciones topográficas del terreno, así como las condiciones climatológicas, son las que dirigen las variables, para introducir un óptimo método de riego y serán las que den pauta al logro de mejores resultados en la producción y uso eficiente del recurso. Los procesos de transformación son complejos, así como su sociedad misma, mejorar la eficiencia y productividad en el uso del agua, es uno de los desafíos del presente y el futuro, mayor es el desafío en zonas con clima árido y semiárido en donde hacer un uso eficiente del recurso hídrico es imprescindible.

Finalmente, durante el proceso de investigación, es importante destacar que se abrieron nuevas líneas de investigación que se recomienda sean atendidas, mismas que por falta de tiempo, así como complicaciones por temas de la actual pandemia, no se lograron desarrollar en la presente investigación.

### **Proyectos a futuro**

- ❖ Medición de la sustentabilidad de la producción agrícola, de acuerdo con los indicadores emitidos por la FAO
- ❖ Proyección de escenarios futuros y la vulnerabilidad de los recursos naturales y el suelo
- ❖ Estudio de la eficiencia y el valor del agua en el sector secundario y terciario
- ❖ Decisiones de producción, desde el punto de vista del productor y tomando en cuenta las características de la región, así como del cultivo
- ❖ Productividad social
- ❖ Elaboración de una guía de costos y medición de utilidades a partir del uso sustentable del agua

## BIBLIOGRAFÍA

- Alcántara Sáez, M. (1994). De la gobernabilidad. *América latina hoy: Revista de ciencias sociales*, 8(8), 7–14.
- Ardón, L., Guerrero, S., & de las Nieves, G. (2017). Caracterización de los escenarios como herramienta para la planeación pública del agua. El caso mexicano. *Gestión y política pública*, 26(1), 53–103. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-10792017000100053&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1405-10792017000100053&script=sci_arttext)
- Babelis, G., & Liotta, M. (2011). Recuperación de suelos salinos.
- Banco de México. (2018a). Indicador Global de la Actividad Económica (IGAE). Recuperado el 26 de mayo de 2020, de <https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=2&accion=consultarCuadro&idCuadro=CR210&locale=es>
- Banco de México. (2018b). Producto interno bruto. Recuperado el 26 de mayo de 2020, de <https://www.banxico.org.mx/SieInternet/consultarDirectorioInternetAction.do?sector=2&accion=consultarCuadro&idCuadro=CR199&locale=es>
- Barrera, O. S. H., y Arango, O. M. (2018). Consideraciones para la gestión del territorio desde un enfoque de sustentabilidad. *Red Internacional de Investigadores en Competitividad*, 8(1), 1577–1596.
- Basurto, S., & Escalante, R. (2012). Impacto de la crisis en el sector agropecuario en México. *Economía unam*, 9(25), 51–73.
- Camagni, R. (2003). Incertidumbre, capital social y desarrollo local: enseñanzas para una gobernabilidad sostenible del territorio. *Investigaciones Regionales*, 2, 31–57.
- Cámara Durán, O. A. (1994). Impacto de la agricultura bajo riego sobre la calidad del agua: caso del valle del Yaqui, Sonora. *Ingeniería Hidráulica en México*, 9(3), 57–71.
- CEA. (2008). Programa Estatal Hídrico 2008 – 2013. *Comisión Estatal del Agua de Baja California*, 1–159.
- CEABC. (2016). Programa Hídrico del Estado de Baja California visión 2035. *Comisión Estatal del Agua de Baja California*, 1–114.
- CILA. (s/f). Informes Anuales de la Comisión Internacional de Límites y Aguas. Recuperado el 4 de febrero de 2021, de <https://cila.sre.gob.mx/cilanorte/index.php/publicaciones>
- CILA. (1973). *Acta 242. “Solución permanente y definitiva del problema internacional de la salinidad del Río Colorado”*. Recuperado de <http://www.cila.gob.mx/actas/242.pdf>
- CILA. (2018). Entregas de Agua del Río Colorado. Recuperado el 6 de junio de 2019, de <https://cila.sre.gob.mx/cilanorte/index.php/avisos/116-entregasagua-rc>

- CILA. (2019). Plan Binacional de Contingencia ante la escasez de agua en El Río Colorado en 2020. Recuperado el 26 de marzo de 2020, de <https://cila.sre.gob.mx/cilanorte/index.php/prensa/153-prensa123>
- CILA. (2020). *Diferencia de salinidad de las aguas del Rio Colorado de la presa Imperial y presa Morelos 1974-2020*. Recuperado de <http://www.cila.gob.mx/syca/grafsalinidad.pdf>
- COLMEX. (2010). Evolución de la reglamentación de aguas en México. *Siaps*, 400. Recuperado de [https://siaps.colmex.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=71:evolucion-de-la-reglamentacion-de-aguas-en-mexico&catid=49:legislacion-del-agua&Itemid=95](https://siaps.colmex.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=71:evolucion-de-la-reglamentacion-de-aguas-en-mexico&catid=49:legislacion-del-agua&Itemid=95)
- CONAGUA. (2013). Planeación, clave para afrontar los grandes retos hídricos. Recuperado el 24 de enero de 2020, de <https://www.gob.mx/conagua/prensa/planeacion-clave-para-afrontar-los-grandes-retos-hidricos>
- CONAGUA. (2015). *Determinación de la Disponibilidad de Agua en el Acuífero Valle de Mexicali, Estado de Baja California*. Comisión Nacional del Agua. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103411/DR\\_0210.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103411/DR_0210.pdf)
- CONAGUA. (2018a). *Estadísticas del Agua en México* (2018a ed.).
- CONAGUA. (2018b). *Grado de presión sobre el recurso hídrico por Región hidrológico-administrativa*. Recuperado de <https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/clave16/clave09.html>
- CONAGUA. (2018c). *Numeragua Mexico 2018*. Comisión Nacional del Agua.
- CONAGUA. (2019). *Monitor de Sequía en México*. Recuperado de <https://smn.conagua.gob.mx/es/climatologia/monitor-de-sequia/monitor-de-sequia-en-mexico>
- Consejo de Cuenca de BC Y MSLRC. (2017). Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (COTAS). Recuperado el 23 de mayo de 2019, de <http://consejocuencabcylrc.com/integracion/>
- COPLADE. (2002). Actualización del Plan Estatal de Desarrollo 2002-2007, 1–228. Recuperado de <http://www.laipsinaloa.gob.mx/images/stories/ARCHIVOS PUBLICOS/PlanEstataldeDesarrollo2011-2016/PlanEstataldeDesarrollo2011-2016ACTUALIZACION.pdf>
- COPLADE. (2008). Plan Estatal de Desarrollo 2008-2013, 1–135. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- COPLADE. (2013a). Plan Estatal de Desarrollo 2014-2019, 1–296. Recuperado de [http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/gobierno/ped/doctos/desarrollo\\_economico.p](http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/gobierno/ped/doctos/desarrollo_economico.p)

df

- COPLADE. (2013b). Población de los Municipios de Baja California 2013-2030, 2, 7.
- COPLADE. (2015). Programa Estatal de Desarrollo Agropecuario 2015-2019. *Comite de Planeacion para el Desarrollo del Estado*, 1–64. Recuperado de <http://www.copladebc.gob.mx/programas/sectoriales/Programa Estatal de Desarrollo Agropecuario 2015-2019.pdf>
- COPLADE. (2017). Programa Estatal de Población 2015-2019. Recuperado el 25 de mayo de 2020, de <http://www.copladebc.gob.mx/publicaciones/2019/planesyprogramas/Programa Estatal Poblacion.pdf>
- Cortez Lara, A. (2011). Gestión y manejo del agua: el papel de los usuarios agrícolas del Valle de Mexicali. *Problemas del Desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 42(167), 71–96. <https://doi.org/10.22201/iiec.20078951e.2011.167.27749>
- Cortez Lara, A. A. (2000). La autogestión de usuarios hidroagrícolas del valle de Mexicali. Efectos del proceso de transferencia. *Estudios Fronterizos*, 1(2), 65–91. Recuperado de <http://ref.uabc.mx/ojs/index.php/ref/article/view/290>
- Cruz, M., & Polanco, M. (2014). El sector primario y el estancamiento económico en México. *Problemas del Desarrollo*, 45(178), 9–33. [https://doi.org/10.1016/S0301-7036\(14\)70874-0](https://doi.org/10.1016/S0301-7036(14)70874-0)
- David, T. M. (2001). *Proteccionismo político en México 1946-1977*. Recuperado de <https://books.google.com.mx/books?id=c1rpf8PT8ikC&pg=PA47&dq=proteccionismo+economico&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjM5JHZjLnoAhUhL30KHVBaDlGQ6AEIKDAA#v=onepage&q=proteccionismo economico&f=false>
- De Grammont, H. C. (2010). La evolución de la producción agropecuaria en el campo mexicano: Concentración productiva, pobreza y pluriactividad. *Andamios*, 7(13), 85–117.
- DOF. Ley de Aguas Nacionales, Diario Oficial de la Federación § (2016).
- DOF. (2018). *Secretaria De Medio Ambiente Y Recursos Naturales*. Recuperado de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5510042&fecha=04/01/2018](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5510042&fecha=04/01/2018)
- DOF. Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, Última ref Diario Oficial de la federación § (2019).
- Domínguez, J. (2018). La gobernanza del agua en México y el reto de la adaptación en zonas urbanas: el caso de la Ciudad de México. *ANUARIO DE ESPACIOS URBANOS, HISTORIA, CULTURA Y DISEÑO*, 13, 30. Recuperado de <https://siaps.colmex.mx/documentos/estudios/Gobernanza del agua en Mexico.pdf>

- Eurosur. (s/f). Tratado de Agua Dulce. Recuperado el 26 de marzo de 2020, de <http://www.eurosur.org/NGONET/tr9244.htm#Heading185>
- Fan, Y., Massey, R., & Park, S. C. (2018). Multi-crop production decisions and economic irrigation water use efficiency: The effects of water costs, pressure irrigation adoption, and climatic determinants. *Water (Switzerland)*, 10(11). <https://doi.org/10.3390/w10111637>
- FAO. (1994). Manejo del Agua de Riego Manual de Campo No. 6. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*.
- FAO. (2003). Descubrir el Potencial del Agua para la Agricultura. Recuperado el 6 de junio de 2019, de <http://www.fao.org/3/Y4525S/y4525s00.htm#Contents>
- FAO. (2005). Uso del agua en la agricultura. En *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Recuperado de <http://www.fao.org/ag/esp/revista/0511sp2.htm>
- FAO. (2008). Factores que se deben considerar para seleccionar el sistema de riego más adecuado. *El desarrollo del microrriego en américa central*, 29–37. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- FAO. (2017). El futuro de la agricultura y la alimentación: Tendencias y desafíos. *Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura-*, 52. <https://doi.org/10.1515/nleng-2015-0013>
- FAO. (2018). Criterios de selección del método de riego. *Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación*. Recuperado de [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/prior/reccnat/pdf/MR\\_cap2.PDF](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/reccnat/pdf/MR_cap2.PDF)
- Flores, J. J. J. (2006). Reseña de “Tras los pasos de la insustentabilidad. Agricultura y medio ambiente en perspectiva histórica (S. XVIII-XX)” de Manuel González de Molina y Gloria I. Guzmán Casado. *Signos Históricas*, (16), 224–228.
- García, P. (2018). Extracción de agua se debe medir. Recuperado de <https://www.elimparcial.com/mexicali/mexicali/Extraccion-de-agua-se-debe-medir-20170221-0022.html>
- GOB BC. (2015a). Mexicali-Agricultura. Recuperado el 6 de junio de 2019, de [http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro\\_estado/municipios/mexicali/sectorprod.jsp](http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/municipios/mexicali/sectorprod.jsp)
- GOB BC. (2015b). Mexicali-Historia. Recuperado el 6 de junio de 2019, de [http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro\\_estado/municipios/mexicali/historia.jsp](http://www.bajacalifornia.gob.mx/portal/nuestro_estado/municipios/mexicali/historia.jsp)
- GOB BC. (2012). Monitoreo del cumplimiento programático cierre 2012. *Secretaría de*

*Planeación y Finanzas.* Recuperado de [http://indicadores.bajacalifornia.gob.mx/consultaciudadana/monitoreo\\_programas/Resultados Monitoreos Cierre 2012.pdf](http://indicadores.bajacalifornia.gob.mx/consultaciudadana/monitoreo_programas/Resultados Monitoreos Cierre 2012.pdf)

GOBBC. (2014). PEdBC - Plan Estratégico de Baja California. Recuperado el 5 de agosto de 2020, de <http://ped.bajacalifornia.gob.mx/>

GOBMX. (2019). Títulos y Volúmenes de Aguas Nacionales y Bienes Inherentes por Uso de Agua. Recuperado el 16 de mayo de 2019, de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/446813/bca\\_28022019.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/446813/bca_28022019.pdf)

Gollás, M. (2003). México, crecimiento con Desigualdad y Pobreza. (De la sustitución de importaciones a los Tratados de Libre Comercio con quien se deje). *Colegio de México*, (No. 3), 1–116. Recuperado de <https://cee.colmex.mx/documentos/documentos-de-trabajo/2003/dt20033.pdf>

Gómez, I., García, M., & De Larios, S. (2005). Gestión territorial participativa hacia la búsqueda de medios de vida rurales sostenibles: el caso de la Mancomunidad La Montañona. En *Programa Salvadoreño de Investigación sobre Desarrollo y Medio Ambiente (PRISMA)* (p. 50).

González, M. I., & del Pozo, A. (1999). EL cultivo del espárrago. *Instituto de Investigaciones Agropecuarias Ministerio de Agricultura.* Recuperado de <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/boletines/NR25038.pdf>

Gottschalk, J. (2013). *El Desafío del Desarrollo Sustentable en América Latina. El desafío del desarrollo sustentable en América Latina.*

Grijalva, A. (2014). Agroindustria y algodón en el valle de Mexicali: La Compañía Industrial Jabonera del Pacífico. *Estudios Fronterizos*, 15(30), 1–21.

Hardin, G. (1968). The Tragedy of the Commons. *Science*, 162(3859), 1243–1248.

IMTA. (2020). El agua en el Valle de Mexicali, Baja California: Origen, Uso y Destino. *Instituto Mexicano de Tecnología del Agua*, 1–29. Recuperado de [www.gob.mx/imta](http://www.gob.mx/imta)

INEGI. (2012). Encuesta Nacional Agropecuaria 2012. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía.*

INEGI. (2014a). Encuesta Nacional Agropecuaria 2014. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*, 5–6. Recuperado de <https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ena/2014/doc/minimonografia/mininacena14.pdf>

INEGI. (2014b). Guía para la interpretación de cartografía Uso del suelo y vegetación Escala 1:250 000 Serie VI. *Instituto Nacional de Estadísticas, Geografía e Informática.*

INEGI. (2014c). Sistema de Información Geográfica. *Instituto Nacional de Estadísticas,*

*Geografía e Informática.*

- INEGI. (2015). Panorama sociodemográfico de Baja California 2015. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*.
- INEGI. (2016). Diccionario de Datos Edafológicos. Escala 1:250 000 (versión 4).
- INEGI. (2017a). Encuesta Nacional Agropecuaria 2017. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*, 2. Recuperado de [https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ena/2017/doc/mini\\_ena17.pdf](https://www.inegi.org.mx/contenidos/programas/ena/2017/doc/mini_ena17.pdf)
- INEGI. (2017b). Guía para la interpretación de cartografía : Uso del suelo y vegetación. *Instituto Nacional de Estadística y Geografía*, 204.
- INEGI. (2019a). PIB por Entidad Federativa (PIBE). Base 2013. Recuperado el 26 de mayo de 2020, de <https://www.inegi.org.mx/programas/pibent/2013/default.html#Tabulados>
- INEGI. (2019b). Población total por Entidad federativa, Grupo quinquenal de edad, Periodo y Sexo. Recuperado el 4 de diciembre de 2019, de [https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/default?px=Poblacion\\_01&bd=Poblacion](https://www.inegi.org.mx/app/tabulados/interactivos/default?px=Poblacion_01&bd=Poblacion)
- INIFAP. (2008). Necesidades Hídricas de Los Principales Cultivos en el Estado de Baja California. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*, (13), 1–30. Recuperado de [http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1640/Necesidades hidricas de los principales cultivos en el Estado de Baja California.pdf?sequence=1](http://biblioteca.inifap.gob.mx:8080/jspui/bitstream/handle/123456789/1640/Necesidades%20hidricas%20de%20los%20principales%20cultivos%20en%20el%20Estado%20de%20Baja%20California.pdf?sequence=1)
- INIFAP. (2010). *Guía técnica para el área de influencia del Campo Experimental Valle de Mexicali*. *Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias*.
- Israelsen, O. W., & Hansen, V. E. (1965). *Principios y aplicaciones del riego*. (S. A. Reverté, Ed.) (3a ed.). España. Recuperado de <https://books.google.com/books?id=vRtP-aU0QU8C&pgis=1>
- Kindler, J., & Liiv, H. (2003). Effective Water Governance; Action Through Partnership in Central and Eastern Europe. *Global water partnership*, 7, 1–24. Recuperado de [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cee\\_files/regional/governance-2003.pdf%0Ahttp://www.gwpceeforum.org/?page=35](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cee_files/regional/governance-2003.pdf%0Ahttp://www.gwpceeforum.org/?page=35)
- Lezama, J. L., & Domínguez, J. (2006). Medio ambiente y sustentabilidad urbana. *Papeles de población*, 12(49), 153–176.
- López-Vera, F. (2002). La Gestión De La Demanda De Agua Como instrumento para un desarrollo sostenible de regiones áridas y semiáridas. *Sitio Argentino de Producción Animal*, 1–5.
- Maldonado Rojas, T. (2001). Manual de riego parcelario. *Organización De Las Naciones*

- Unidas Para La Agricultura Y La Alimentación, cap 3, 39–53. Recuperado de [http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP\\_FaoRlc/old/prior/reccnat/pdf/MR\\_indice.PDF](http://www.fao.org/tempref/GI/Reserved/FTP_FaoRlc/old/prior/reccnat/pdf/MR_indice.PDF)*
- Martin-Nagle, R., Howard, E., Wiltse, A., & Duncan, D. (2012). Bonn2011 Conference: The Water, Energy and Food Security Nexus. *Solutions for a Green Economy*, 1–26. Recuperado de [http://www.water-energy-food.org/en/whats\\_the\\_nexus/messages\\_policy\\_recommendations.html](http://www.water-energy-food.org/en/whats_the_nexus/messages_policy_recommendations.html)
- Martínez Fernández, J. (2006). Agua y sostenibilidad: algunas claves desde los sistemas áridos. *Polis Revista Latinoamericana*, 14, 1–13.
- Martínez Valdés, Y., & Villalejo García, V. M. (2018). La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos. *Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 39(1), 58–72.
- Moisés Pablo. (2017). En 30 años, la mitad del mundo sufrirá escasez de agua. Recuperado de <https://aristeginoticias.com/2203/mundo/en-30-anos-la-mitad-del-mundo-sufrira-escasez-de-agua/>
- Moore, M. R., Gollehon, N. R., & Carey, M. B. (1994). Multicrop Production Decisions Irrigated Agriculture: Role of Water Price. *American Agricultural Economics Association*, 76(November), 859–874.
- Naciones Unidas. (s/f). Desarrollo sostenible. *Asamblea General de las Naciones Unidas*. Recuperado de <https://www.un.org/es/ga/president/65/issues/sustdev.shtml>
- Naciones Unidas. (2015). Proyecto de documento final de la cumbre de las Naciones Unidas para la aprobación de la agenda para el desarrollo después de 2015. *Asamblea General de las Naciones Unidas*, 41. [https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0484-7\\_post\\_2015\\_development\\_agenda](https://doi.org/10.1596/978-1-4648-0484-7_post_2015_development_agenda)
- Núñez, A. (2015). Manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego. *Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego (DGIAR)*, 54.
- OEIDRUS-BC. (2018). Reporte por día. Recuperado el 12 de mayo de 2020, de [http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus\\_bca/](http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus_bca/)
- ONU. (2015). Agua y saneamiento - Desarrollo Sostenible. Recuperado el 24 de enero de 2020, de <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/>
- Pérez, M. S., & Pérez, I. S. (2014). Planificación y gestión del agua en España , en la actualidad. *Observatorio Medioambiental*, 17, 375–408.
- Periódico Oficial del Estado. Ley de Planeación para el Estado de Baja California (2015).
- POEBC. (2014). Programa de Ordenamiento Ecologico del Estado de Baja California. *Consejo Estatal de Protección al Ambiente del Estado de Baja California*, 1–434.

Recuperado de <http://www.spabc.gob.mx/wp-content/uploads/2018/04/DOCUMENTO-COMPLETO-POEBC-2014.pdf>

POEMM. (1995). Plan de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali, 1–166. Recuperado de <http://www.mexicali.gob.mx/transparencia/administracion/ordenamientoecologico/plandeordenamientoecologico.pdf>

POEMM. (2000). Programa de Ordenamiento Ecológico del Municipio de Mexicali. *Departamento de Planeación Urbana y Ecológica*, 1–126.

Quintero Castellanos, C. E. (2017). Gobernanza y teoría de las organizaciones. *Perfiles Latinoamericanos*, 25(50), 39–57. <https://doi.org/10.18504/pl2550-003-2017>

Ríos Flores, J. L., Torres Moreno, M., Ruiz Torres, J., & Torres Moreno, M. A. (2016). Eficiencia y productividad del agua de riego en trigo (*Triticum vulgare*) de Ensenada y Valle de Mexicali, Baja California, México. *Acta Universitaria*, 26(1), 20–29. <https://doi.org/10.15174/au.2016.825>

Robaina, C. F. G., Puebla, C. J. H., Seijas, C. T. L., & Lazo, C. G. C. (2014). Productividad del agua en algunos cultivos agrícolas en Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 23(4), 21–27.

Robaina, C. F. G., Seijas, C. T. L., & Puebla, C. J. H. (2015). Indicadores de productividad del agua por cultivos y técnicas de riego en Cuba. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias*, 24(4), 57–63.

Rogers, P., & Hall, A. W. (2003). Gobernabilidad Efectiva del Agua. *TEC Background Papers*, Vol.7(7), 1–49. Recuperado de <https://www.cepal.org/samtac/noticias/documentosdetrabajo/0/23420/GWP00504.pdf>

Rolland, L., & Cárdenas, Y. V. (2010). La gestión del agua en México. *Polis*, 6(2), 155–188. Recuperado de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1870-23332010000200006%0A](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1870-23332010000200006%0A)

Sanchez, R. del Á., & Vazquez, H. (2006). Cálculo de volúmenes de agua para riego por goteo en el cultivo de jitomate en la planicie huasteca. *INIFAP, Centro de Investigación Regional del Noroeste*, 2–3.

Seckler, D., Molden, D., & Sakthivadivel, R. (2003). The concept of efficiency in water-resources management and policy. *Water productivity in agriculture: limits and opportunities for improvement*, 37–51. <https://doi.org/10.1079/9780851996691.0037>

SEDED. (2018). Índice de Calidad en el Ejercicio del Gasto Público. *Sistema Estatal de Evaluación del Desempeño*, 1–15.

SEFOA. (2010). El Asalto a las Tierras. *Secretaría de Fomento Agropecuario*, 1–20. Recuperado de

<http://www.nacionmulticultural.unam.mx/empresasindigenas/docs/1942.pdf>

SEFOA. (2013). Utilización De Sistemas De Riego En La Superficie Agrícola Baja California. *Secretaría de Fomento Agropecuario*, 5. Recuperado de [http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus\\_bca/pdf/biblioteca/otros/UTILIZACION DE SIST DE RIEGO EN BC.pdf](http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus_bca/pdf/biblioteca/otros/UTILIZACION_DE_SIST_DE_RIEGO_EN_BC.pdf)

Segovia, O. (1998). Gestión social y territorio. Análisis de modalidades de participación local. *Sur Ediciones.*, 1–14.

SEMARNAT. (s/f). Distribución de Competencias al Interior de la SEMARNAT. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/167359/Competencias\\_humedales\\_.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/167359/Competencias_humedales_.pdf)

SEMARNAT. (2012). *Programa Hídrico Regional Visión 2030*.

SEMARNAT. (2014). *El Medio Ambiente en México 2013-2014. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales*. Recuperado de [https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe\\_resumen14/06\\_agua/6\\_1\\_1.html](https://apps1.semarnat.gob.mx:8443/dgeia/informe_resumen14/06_agua/6_1_1.html)

SEMARNAT. (2016). *Disponibilidad media anual de las aguas nacionales superficiales*. Recuperado de [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5443858&fecha=07/07/2016](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5443858&fecha=07/07/2016)

SEMARNAT. (2019). *Valores de cada una de las variables que integran las fórmulas para determinar durante el ejercicio fiscal 2019 las zonas de disponibilidad*. Recuperado de [http://dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5551163&fecha=26/02/2019](http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5551163&fecha=26/02/2019)

SIAP. (s/f). Estadística de Producción Agrícola. Recuperado el 6 de junio de 2019, de <http://infosiap.siap.gob.mx/gobmx/datosAbiertos.php>

SIAP. (2013). *Normatividad para la generación de estadística básica agropecuaria y pesquera. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera*. Recuperado de [http://infosiap.siap.gob.mx/opt/agricultura/normatividad\\_agropecuaria/Normatividad\\_TGEBAP.pdf](http://infosiap.siap.gob.mx/opt/agricultura/normatividad_agropecuaria/Normatividad_TGEBAP.pdf)

Silva Rodríguez de San Miguel, J. A. (2014). La gestión del agua a través de sus modelos Administrativos. En *XIX Congreso Internacional de Contaduría, Administración e Informática* (p. 17).

SIMARBC. (2020). Cálculo de evapotranspiración de cultivo (Etc) mediante el uso de coeficientes (Kc). Recuperado el 22 de mayo de 2020, de <http://www.simarbc.gob.mx/>

Sisto, N. P. (2010). Manejo sustentable del uso de agua y crecimiento urbano. *Ensayos Revista de Economía (Ensayos Journal of Economics)*, 29(1).

SPF. (2014). Monitoreo de Cumplimiento Programático. *Secretaría de Planeación y*

*Finanzas*, 1–11.

- Treminio, R. (2009). Planeación y gestión de territorios rurales con participación ciudadana. *Estudios Agrarios*, 15(42), 39–54.
- Udall, B., & Overpeck, J. (2017). The twenty-first century Colorado River hot drought and implications for the future. *Water Resources Research*, 53(3), 2404–2418. <https://doi.org/10.1002/2016WR019638>
- UN-HABITAT. (2002). *Herramientas para una gestión urbana participativa*. (SUR, Ed.), *Colección de Manuales*.
- UNAM. (2012). *Informe de validación en campo cuenca Bacanora-Mejorada, Sonora y Delta del Río Colorado, B.C. Fondo Sectorial de Investigación y Desarrollo sobre el Agua*. Ciudad Universitaria. Recuperado de [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/102176/Bacanora-Mejora\\_Delta.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/102176/Bacanora-Mejora_Delta.pdf)
- UNESCO. (2006). *El agua, una responsabilidad compartida 2° Informe de las Naciones Unidas sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos en el Mundo. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura*. Recuperado de [www.unesco.org/water/wwap/index\\_es.shtml](http://www.unesco.org/water/wwap/index_es.shtml)
- Uniradio Informa. (2014). OCPBC supervisa medición de agua en distrito de riego 014. Recuperado de <https://www.uniradioinforma.com/noticias/mexicali/285546/ocpbc-supervisa-medicion-de-agua-en-distrito-de-riego-014.html>
- Valencia Vargas, J. C., Díaz Nigenda, J. J., & Vargas Martínez, L. (2004). La gestión integrada de los recursos hídricos en México : un nuevo paradigma en el manejo del agua. *El Manejo Integral de Cuencas en México*, 213–258.
- Vargas, S., & Sánchez, M. (1996). Las grandes tendencias históricas de la agricultura de riego. En *Apropiación y usos del agua. Nuevas líneas de investigación* (pp. 31–50).
- Viets, F. G. (1966). Increasing Water Use Efficiency by Soil Management. En *Plant environment and efficient water use, (plantenvironment)* (pp. 259–274).
- XXIII Ayuntamiento de Mexicali. (2015). Historia. Recuperado el 22 de septiembre de 2020, de <https://www.mexicali.gob.mx/XXIII/historiaEtapas.php>
- Zavala Álvarez, J. (2006). Estancamiento y desaliento del desarrollo productivo en la región agrícola del Valle de Mexicali, Baja California: un análisis tendencial. *Estudios Fronterizos*, 7(13), 63–94. <https://doi.org/10.21670/ref.2006.13.a04>
- Zinck, J. A., Berroterán, J. L., Farshad, A., Moameni, A., Wokabi, S., Van Ranst, E. (2005). La sustentabilidad agrícola : un análisis jerárquico. *Gaceta Ecológica*, 76, 53–72. Recuperado de <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=539/53907606>

## ANEXOS

Anexo 1. Productividad en el uso del agua de los principales cultivos en el DR014.

2003		2008		2013		2018	
Cultivos	Productividad del Agua (kg/m3)	Cultivos	Productividad del Agua (kg/m3)	Cultivos	Productividad del Agua (kg/m3)	Cultivos	Productividad del Agua (kg/m3)
Alfalfa achicalada	*	Coliflor	3.93	Poro (leek)	4.11	Kale	5.59
Napa	4.10	Poro (leek)	3.56	Kale	3.80	Poro (leek)	4.20
Sorgo forr. en v.	3.96	Napa	3.25	Maíz forr. en v.	3.70	Maíz forr. en v.	4.02
Pastos y p.	3.91	Betabel	3.08	Pastos y p.	3.08	Rábano	3.97
Poro (leek)	3.30	Sorgo forr. en v.	3.05	Coliflor	3.08	Perejil	3.84
Betabel	2.84	Zanahoria	2.62	Avena forr. en v.	2.80	Coliflor	3.17
Fresa	2.65	Varios	2.61	Apio	2.74	Apio	3.14
Kale	2.61	Pastos y p.	2.45	Sorgo forr. en v.	2.72	Avena forr. en v.	3.06
Coliflor	2.29	Lechuga	2.14	Rapini	2.61	Cilantro	3.03
Lechuga	2.20	Nopalitos	2.10	Betabel	2.56	Col de Brus.	2.94

Fuente: Elaboración propia, con datos de SIAP (2003-2018).

\*No se encontró información.

Anexo 2. Eficiencia en el uso del agua de los principales cultivos en el DR014

2003		2008		2013		2018	
Cultivos	Eficiencia (L/Kg)	Cultivos	Eficiencia (L/Kg)	Cultivos	Eficiencia (L/Kg)	Cultivos	Eficiencia (L/Kg)
Alfalfa achicalada	*	Coliflor	254.43	Poro (leek)	243.27	Kale	178.82
Napa	243.83	Poro (leek)	280.87	Kale	263.31	Poro (leek)	238.02
Sorgo forr. en v.	252.44	Napa	308.00	Maíz forr. en v.	270.51	Maíz forr. en v.	248.67
Pastos y praderas	255.82	Betabel	325.11	Pastos y p.	324.58	Rábano	251.71

Poró (leek)	303.44	Sorgo forr. en v.	327.60	Coliflor	325.11	Perejil	260.66
Betabel	351.66	Zanahoria	381.09	Avena forr. en v.	357.26	Coliflor	315.25
Fresa	378.00	Varios	383.00	Apio	364.92	Apio	318.12
Kale	383.00	Pastos y p.	408.82	Sorgo forr. en v.	368.10	Avena forr. en v.	327.00
Coliflor	437.29	Lechuga	468.00	Rapini	383.00	Cilantro	330.22
Lechuga	454.45	Nopalitos	476.17	Betabel	390.13	Col de brus.	339.59

Fuente: Elaboración propia, con datos de SIAP (2003-2018).

\*No se encontró información.

### Anexo 3. Cultivos de mayor eficiencia hídrica 2003-2018

2003		2008		2013		2018	
Cultivos	Eficiencia (m3/ton)	Cultivos	Eficiencia (m3/ton)	Cultivos	Eficiencia (m3/ton)	Cultivos	Eficiencia (m3/ton)
Alfalfa achicalada	*	Coliflor	254.43	Poró (leek)	243.27	Kale	178.82
Napa	243.83	Poró (leek)	280.87	Kale	263.31	Poró (leek)	238.02
Sorgo forrajero en v.	252.44	Napa	308.00	Maíz forrajero en v.	270.51	Maíz forrajero en v.	248.67
Pastos y praderas	255.82	Betabel	325.11	Pastos y praderas	324.58	Rábano	251.71
Poró (leek)	303.44	Sorgo forrajero en v.	327.60	Coliflor	325.11	Perejil	260.66
Betabel	351.66	Zanahoria	381.09	Avena forrajera en v.	357.26	Coliflor	315.25
Fresa	378.00	Varios	383.00	Apio	364.92	Apio	318.12
Kale	383.00	Pastos y praderas	408.82	Sorgo forrajero en v.	368.10	Avena forrajera en v.	327.00
Coliflor	437.29	Lechuga	468.00	Rapini	383.00	Cilantro	330.22
Lechuga	454.45	Nopalitos	476.17	Betabel	390.13	Col de bruselas	339.59

Fuente: Elaboración propia, con datos de SIAP (2003-2018).

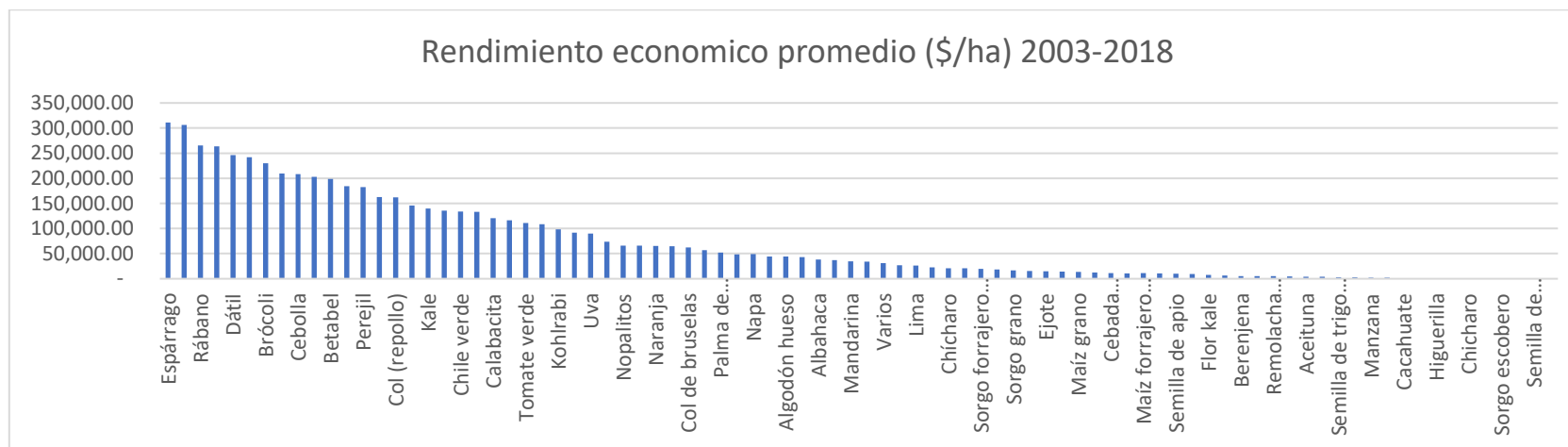
Anexo 4. Volumen hídrico por superficie sembrada, principales cultivos 2003-2018

2003		2008		2013		2018	
Cultivos	Volumen hídrico por superficie sembrada (m3/ha)	Cultivos	Volumen hídrico por superficie sembrada (m3/ha)	Cultivos	Volumen hídrico por superficie sembrada (m3/ha)	Cultivos	Volumen hídrico por superficie sembrada (m3/ha)
Trigo grano	1,158,847,265.36	Trigo grano	1,268,608,410.36	Trigo grano	1,284,129,720.43	Trigo grano	739,478,455.56
Alfalfa achicalada	*	Alfalfa achicalada	482,881,224.40	Alfalfa achicalada	437,413,824.53	Alfalfa achicalada	485,545,329.86
Algodón hueso	179,170,393.81	Algodón hueso	263,013,548.40	Algodón hueso	295,751,859.39	Algodón hueso	379,821,627.91
Sorgo forrajero en v.	94,894,804.72	Sorgo forr. en v.	89,337,038.47	Sorgo forr. en v.	112,150,415.86	Cebolla	80,143,031.51
Sorgo grano	88,519,200.00	Pastos y p.	82,402,642.22	Sorgo grano	48,602,400.00	Avena forr. en v.	69,732,000.00
Pastos y praderas	69,024,550.58	Cebolla	50,361,772.27	Cebolla	45,525,947.01	Espárrago	57,803,015.46
Cebolla	53,998,153.38	Espárrago	20,596,799.53	Pastos y p.	44,734,977.96	Pastos y p.	49,064,117.74
Semilla de pastos y p.	39,613,384.00	Aceituna	18,633,996.14	Avena forr. en v.	24,612,000.00	Sorgo forr. en v.	47,941,262.23
Espárrago	28,501,365.41	Sorgo grano	15,470,400.00	Espárrago	23,748,797.83	Cártamo	28,157,383.41
Avena forrajera en v.	14,304,000.00	Avena forr. en v.	12,564,000.00	Aceituna	16,758,241.26	Dátil	18,522,588.10

Fuente: Elaboración propia, con datos de SIAP (2003-2018).

\*No se encontró información.

Anexo 5. Cultivos con mayor rendimiento económico promedio en el DR014.



Fuente: Elaboración propia, con datos de SIAP (2003-2018).

Anexo 6. Productividad y eficiencia de los principales cultivos, por sistema o método de riego.

Eficiencia hídrica riego (L/kg)											
Cultivo	2003					2008					
	Efic.Teo.	Surcos	Melgas	Aspersión	Goteo	Cultivo	Efic.Teo.	Surcos	Melgas	Aspersión	Goteo
Alfalfa achicalada	*	39.25	35.98	23.99	22.72	Coliflor	254.43	46.26	42.41	28.27	26.78
Napa	243.83	44.33	40.64	27.09	25.67	Poro (leek)	280.87	51.07	46.81	31.21	29.56
Sorgo forr. en v.	252.44	45.90	42.07	28.05	26.57	Napa	308.00	56.00	51.33	34.22	32.42
Pastos y p.	255.82	46.51	42.64	28.42	26.93	Betabel	325.11	59.11	54.19	36.12	34.22
Poro (leek)	303.44	55.17	50.57	33.72	31.94	Sorgo forr. en v.	327.60	59.56	54.60	36.40	34.48
Betabel	351.66	63.94	58.61	39.07	37.02	Zanahoria	381.09	69.29	63.51	42.34	40.11
Fresa	378.00	68.73	63.00	42.00	39.79	Varios	383.00	69.64	63.83	42.56	40.32
Kale	383.00	69.64	63.83	42.56	40.32	Pastos y p.	408.82	74.33	68.14	45.42	43.03

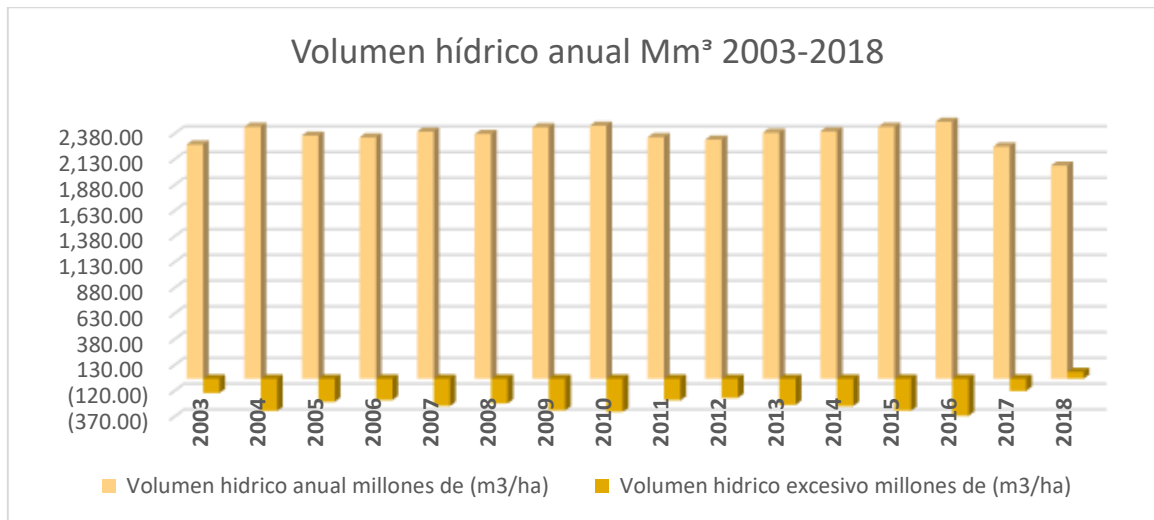
Coliflor	437.29	79.51	72.88	48.59	46.03	Lechuga	468.00	85.09	78.00	52.00	49.26
Lechuga	454.45	82.63	75.74	50.49	47.84	Nopalitos	476.17	86.58	79.36	52.91	50.12
<b>2013</b>						<b>2018</b>					
<b>Cultivo</b>	<b>Efic.Teo.</b>	<b>Surcos</b>	<b>Melgas</b>	<b>Aspersión</b>	<b>Goteo</b>	<b>Cultivo</b>	<b>Efic.Teo.</b>	<b>Surcos</b>	<b>Melgas</b>	<b>Aspersión</b>	<b>Goteo</b>
Poro (leek)	243.27	44.23	40.55	27.03	25.61	Kale	178.82	32.51	29.80	19.87	18.82
Kale	263.31	47.88	43.89	29.26	27.72	Poro (leek)	238.02	43.28	39.67	26.45	25.06
Maíz forr. en v.	270.51	49.18	45.08	30.06	28.47	Maíz forr. en v.	248.67	45.21	41.44	27.63	26.18
Pastos y p.	324.58	59.01	54.10	36.06	34.17	Rábano	251.71	45.77	41.95	27.97	26.50
Coliflor	325.11	59.11	54.19	36.12	34.22	Perejil	260.66	47.39	43.44	28.96	27.44
Avena forr. en v.	357.26	64.96	59.54	39.70	37.61	Coliflor	315.25	57.32	52.54	35.03	33.18
Apio	364.92	66.35	60.82	40.55	38.41	Apio	318.12	57.84	53.02	35.35	33.49
Sorgo forr. en v.	368.10	66.93	61.35	40.90	38.75	Avena forr. en v.	327.00	59.45	54.50	36.33	34.42
Rapini	383.00	69.64	63.83	42.56	40.32	Cilantro	330.22	60.04	55.04	36.69	34.76
Betabel	390.13	70.93	65.02	43.35	41.07	Col de brus.	339.59	61.74	56.60	37.73	35.75
<b>Productividad del Agua (kg/m<sup>3</sup>)</b>											
<b>2003</b>						<b>2008</b>					
<b>Cultivo</b>	<b>Prod.Teo.</b>	<b>Surcos</b>	<b>Melgas</b>	<b>Aspersión</b>	<b>Goteo</b>	<b>2008</b>	<b>Prod.Teo.</b>	<b>Surcos</b>	<b>Melgas</b>	<b>Aspersión</b>	<b>Goteo</b>
Alfalfa achicalada	*	25.48	27.79	41.69	44.00	Coliflor	3.93	21.62	23.58	35.37	37.34
Napa	4.10	22.56	24.61	36.91	38.96	Poro (leek)	3.56	19.58	21.36	32.04	33.82
Sorgo forr. en v.	3.96	21.79	23.77	35.65	37.63	Napa	3.25	17.86	19.48	29.22	30.84
Pastos y p.	3.91	21.50	23.45	35.18	37.14	Betabel	3.08	16.92	18.46	27.68	29.22
Poro (leek)	3.30	18.13	19.77	29.66	31.31	Sorgo forr. en v.	3.05	16.79	18.31	27.47	29.00
Betabel	2.84	15.64	17.06	25.59	27.01	Zanahoria	2.62	14.43	15.74	23.62	24.93
Fresa	2.65	14.55	15.87	23.81	25.13	Varios	2.61	14.36	15.67	23.50	24.80
Kale	2.61	14.36	15.67	23.50	24.80	Pastos y p.	2.45	13.45	14.68	22.01	23.24
Coliflor	2.29	12.58	13.72	20.58	21.72	Lechuga	2.14	11.75	12.82	19.23	20.30
Lechuga	2.20	12.10	13.20	19.80	20.90	Nopalitos	2.10	11.55	12.60	18.90	19.95

2013						2018					
Cultivo	Prod.Teo.	Surcos	Melgas	Aspersión	Goteo	Cultivo	Prod.Teo.	Surcos	Melgas	Aspersión	Goteo
Poro (leek)	4.11	22.61	24.66	37.00	39.05	Kale	5.59	30.76	33.55	50.33	53.13
Kale	3.80	20.89	22.79	34.18	36.08	Poro (leek)	4.20	23.11	25.21	37.81	39.91
Maíz forr. en v.	3.70	20.33	22.18	33.27	35.12	Maíz forr. en v.	4.02	22.12	24.13	36.19	38.20
Pastos y p	3.08	16.94	18.49	27.73	29.27	Rábano	3.97	21.85	23.84	35.76	37.74
Coliflor	3.08	16.92	18.46	27.68	29.22	Perejil	3.84	21.10	23.02	34.53	36.45
Avena forr. en v.	2.80	15.39	16.79	25.19	26.59	Coliflor	3.17	17.45	19.03	28.55	30.13
Apio	2.74	15.07	16.44	24.66	26.03	Apio	3.14	17.29	18.86	28.29	29.86
Sorgo forr. en v.	2.72	14.94	16.30	24.45	25.81	Avena forr. en v.	3.06	16.82	18.35	27.52	29.05
Rapini	2.61	14.36	15.67	23.50	24.80	Cilantro	3.03	16.66	18.17	27.25	28.77
Betabel	2.56	14.10	15.38	23.07	24.35	Col de bruselas	2.94	16.20	17.67	26.50	27.98

Fuente: Elaboración propia, con datos de SIAP (2003-2018) y Maldonado (2001).

\*No se encontró información.

Anexo 7. Evolución del uso del agua en la agricultura 2003-2018



Fuente: Elaboración propia, con datos de IMTA (2020) y SIAP (2003-2018).

Anexo 8. Indicadores de eficiencia y productividad, física y económica por cultivo en 2018.

2018 Cultivos	Productividad y eficiencia de referencia			Productividad y eficiencia de acuerdo con el método de riego							
	Y1= m <sup>3</sup> /kg	Y2= kg/m <sup>3</sup>	Y4= \$/m <sup>3</sup>	Surcos		Melgas		Aspersión		Goteo	
				Y1= m <sup>3</sup> /kg	Y2= kg/m <sup>3</sup>	Y1= m <sup>3</sup> /kg	Y2= kg/m <sup>3</sup>	Y1= m <sup>3</sup> /kg	Y2= kg/m <sup>3</sup>	Y1= m <sup>3</sup> /kg	Y2= kg/m <sup>3</sup>
Ajo	0.568	1.759	43.098	0.103	9.676	0.095	10.556	0.063	15.834	0.060	16.714
Alfalfa achicalada	0.968	1.033	2.760	0.176	5.684	0.161	6.201	0.108	9.301	0.102	9.818
Algodón hueso	2.111	0.474	5.020	0.384	2.606	0.352	2.843	0.235	4.264	0.222	4.501
Apio	0.318	3.143	36.658	0.058	17.289	0.053	18.861	0.035	28.291	0.033	29.863
Avena forr. en v.	0.327	3.058	1.308	0.059	16.820	0.054	18.349	0.036	27.523	0.034	29.052
Betabel	0.348	2.877	21.231	0.063	15.824	0.058	17.262	0.039	25.893	0.037	27.332
Brócoli	0.887	1.127	18.630	0.161	6.198	0.148	6.762	0.099	10.143	0.093	10.706
Calabacita	0.736	1.358	7.199	0.134	7.471	0.123	8.150	0.082	12.225	0.077	12.904
Cártamo	7.020	0.142	0.886	1.276	0.783	1.170	0.855	0.780	1.282	0.739	1.353
Cebada forr. en v.	0.568	1.761	0.750	0.103	9.684	0.095	10.564	0.063	15.846	0.060	16.727
Cebada grano	1.204	0.831	3.905	0.219	4.569	0.201	4.985	0.134	7.477	0.127	7.892
Cebolla	0.834	1.199	19.406	0.152	6.594	0.139	7.194	0.093	10.790	0.088	11.390
Chile verde	0.800	1.250	13.262	0.145	6.877	0.133	7.503	0.089	11.254	0.084	11.879
Cilantro	0.330	3.028	37.985	0.060	16.655	0.055	18.170	0.037	27.254	0.035	28.768
Col (repollo)	0.511	1.958	11.825	0.093	10.770	0.085	11.749	0.057	17.623	0.054	18.602
Col de bruselas	0.340	2.945	45.819	0.062	16.196	0.057	17.669	0.038	26.503	0.036	27.975

<b>Coliflor</b>	0.315	3.172	27.174	0.057	17.446	0.053	19.032	0.035	28.549	0.033	30.135
<b>Dátil</b>	1.789	0.559	35.089	0.325	3.074	0.298	3.353	0.199	5.030	0.188	5.310
<b>Elote</b>	0.444	2.251	8.356	0.081	12.380	0.074	13.506	0.049	20.259	0.047	21.384
<b>Espárrago</b>	1.518	0.659	29.446	0.276	3.624	0.253	3.954	0.169	5.931	0.160	6.260
<b>Espinaca</b>	0.677	1.476	10.507	0.123	8.118	0.113	8.856	0.075	13.285	0.071	14.023
<b>Higuerilla</b>	4.512	0.222	1.662	0.820	1.219	0.752	1.330	0.501	1.995	0.475	2.105
<b>Kale</b>	0.179	5.592	56.482	0.033	30.757	0.030	33.553	0.020	50.330	0.019	53.126
<b>Lechuga</b>	0.559	1.789	14.227	0.102	9.842	0.093	10.737	0.062	16.105	0.059	16.999
<b>Lima</b>	0.936	1.068	5.609	0.170	5.876	0.156	6.410	0.104	9.615	0.099	10.150
<b>Limón</b>	0.783	1.277	5.659	0.142	7.025	0.130	7.664	0.087	11.496	0.082	12.135
<b>Maíz forr. en v.</b>	0.249	4.021	2.552	0.045	22.118	0.041	24.129	0.028	36.193	0.026	38.204
<b>Maíz grano</b>	1.449	0.690	2.856	0.263	3.796	0.242	4.141	0.161	6.211	0.153	6.556
<b>Melón</b>	0.603	1.657	7.062	0.110	9.116	0.101	9.945	0.067	14.917	0.064	15.746
<b>Naranja</b>	0.831	1.204	4.994	0.151	6.620	0.138	7.222	0.092	10.833	0.087	11.435
<b>Nopalitos</b>	1.129	0.885	4.623	0.205	4.870	0.188	5.313	0.125	7.969	0.119	8.412
<b>Pastos y p.</b>	0.366	2.729	1.069	0.067	15.008	0.061	16.373	0.041	24.559	0.039	25.923
<b>Perejil</b>	0.261	3.836	54.060	0.047	21.100	0.043	23.018	0.029	34.528	0.027	36.446
<b>Poro (leek)</b>	0.238	4.201	38.401	0.043	23.107	0.040	25.208	0.026	37.812	0.025	39.912
<b>Quelite</b>	0.480	2.085	26.519	0.087	11.466	0.080	12.509	0.053	18.763	0.050	19.805
<b>Rábano</b>	0.252	3.973	36.289	0.046	21.850	0.042	23.837	0.028	35.755	0.026	37.742

<b>Sandía</b>	0.400	2.500	10.903	0.073	13.749	0.067	14.999	0.044	22.499	0.042	23.749
<b>Sem. cilantro</b>	3.362	0.297	10.069	0.611	1.636	0.560	1.784	0.374	2.677	0.354	2.825
<b>Sem. trigo grano</b>	0.714	1.400	11.822	0.130	7.702	0.119	8.402	0.079	12.604	0.075	13.304
<b>Sorgo forr. en v.</b>	0.350	2.854	1.347	0.064	15.699	0.058	17.127	0.039	25.690	0.037	27.117
<b>Sorgo grano</b>	3.022	0.331	1.200	0.549	1.820	0.504	1.986	0.336	2.978	0.318	3.144
<b>Tangelo</b>	0.723	1.383	5.267	0.131	7.608	0.120	8.300	0.080	12.450	0.076	13.141
<b>Toronja</b>	0.726	1.377	5.662	0.132	7.571	0.121	8.259	0.081	12.389	0.076	13.077
<b>Trigo grano</b>	2.601	0.384	1.599	0.473	2.115	0.433	2.307	0.289	3.460	0.274	3.653
<b>Uva</b>	1.295	0.772	15.380	0.236	4.246	0.216	4.632	0.144	6.948	0.136	7.334
<b>Zanahoria</b>	0.470	2.126	13.196	0.086	11.691	0.078	12.754	0.052	19.131	0.050	20.194

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP (2003-2018) y Maldonado (2001).

Anexo 9. Estimaciones de los volúmenes de agua para riego de cultivos 2018.

Cultivo	Lámina (mts)	Volumen hídrico ref. por ha (m <sup>3</sup> /ha)	Volumen hídrico por ha surcos (m <sup>3</sup> /ha)	Volumen hídrico por ha melgas (m <sup>3</sup> /ha)	Volumen hídrico por ha aspersión (m <sup>3</sup> /ha)	Volumen hídrico por ha goteo (m <sup>3</sup> /ha)
<b>Aceituna</b>	1.123	11,232.07	2,042.19	1,872.01	1,248.01	1,182.32
<b>Ajo</b>	0.585	5,852.00	1,064.00	975.33	650.22	616.00
<b>Alfalfa achicalada</b>	1.615	16,146.09	2,935.65	2,691.02	1,794.01	1,699.59
<b>Algodón hueso</b>	1.334	13,338.08	2,425.10	2,223.01	1,482.01	1,404.01
<b>Apio</b>	1.334	13,338.08	2,425.10	2,223.01	1,482.01	1,404.01
<b>Avena forr. en v.</b>	1.200	12,000.00	2,181.82	2,000.00	1,333.33	1,263.16
<b>Betabel</b>	0.585	5,852.00	1,064.00	975.33	650.22	616.00
<b>Brócoli</b>	1.404	14,040.08	2,552.74	2,340.01	1,560.01	1,477.90
<b>Calabacita</b>	1.264	12,636.07	2,297.47	2,106.01	1,404.01	1,330.11
<b>Cártamo</b>	1.474	14,742.09	2,680.38	2,457.01	1,638.01	1,551.80
<b>Cebada forr. en v.</b>	1.544	15,444.09	2,808.02	2,574.01	1,716.01	1,625.69
<b>Cebada grano</b>	0.421	4,213.00	766.00	702.17	468.11	443.47
<b>Cebolla</b>	1.404	14,040.08	2,552.74	2,340.01	1,560.01	1,477.90
<b>Chile verde</b>	1.404	14,040.08	2,552.74	2,340.01	1,560.01	1,477.90
<b>Cilantro</b>	0.585	5,852.00	1,064.00	975.33	650.22	616.00
<b>Col (repollo)</b>	1.404	14,040.08	2,552.74	2,340.01	1,560.01	1,477.90
<b>Col de bruselas</b>	0.585	5,852.00	1,064.00	975.33	650.22	616.00
<b>Coliflor</b>	0.585	5,852.00	1,064.00	975.33	650.22	616.00
<b>Dátil</b>	1.334	13,338.08	2,425.10	2,223.01	1,482.01	1,404.01
<b>Elote</b>	0.585	5,852.00	1,064.00	975.33	650.22	616.00
<b>Espárrago</b>	1.404	14,040.08	2,552.74	2,340.01	1,560.01	1,477.90
<b>Espinaca</b>	1.334	13,338.08	2,425.10	2,223.01	1,482.01	1,404.01
<b>Garbanzo grano</b>	0.421	4,213.00	766.00	702.17	468.11	443.47
<b>Higuerilla</b>	0.684	6,840.00	1,243.64	1,140.00	760.00	720.00

<b>Kale</b>	0.421	4,213.00	766.00	702.17	468.11	443.47
<b>Lechuga</b>	1.123	11,232.07	2,042.19	1,872.01	1,248.01	1,182.32
<b>Lima</b>	1.404	14,040.08	2,552.74	2,340.01	1,560.01	1,477.90
<b>Limón</b>	1.404	14,040.08	2,552.74	2,340.01	1,560.01	1,477.90
<b>Maíz forr. en v.</b>	1.404	14,040.08	2,552.74	2,340.01	1,560.01	1,477.90
<b>Maíz grano</b>	1.474	14,742.09	2,680.38	2,457.01	1,638.01	1,551.80
<b>Melón</b>	1.334	13,338.08	2,425.10	2,223.01	1,482.01	1,404.01
<b>Naranja</b>	1.404	14,040.08	2,552.74	2,340.01	1,560.01	1,477.90
<b>Nopalitos</b>	1.095	10,952.00	1,991.27	1,825.33	1,216.89	1,152.84
<b>Palma de ornato (planta)</b>	1.095	10,952.00	1,991.27	1,825.33	1,216.89	1,152.84
<b>Pastos y p.</b>	1.334	13,338.08	2,425.10	2,223.01	1,482.01	1,404.01
<b>Perejil</b>	0.585	5,852.00	1,064.00	975.33	650.22	616.00
<b>Poró (leek)</b>	0.421	4,213.00	766.00	702.17	468.11	443.47
<b>Quelite</b>	0.585	5,852.00	1,064.00	975.33	650.22	616.00
<b>Rábano</b>	1.193	11,934.07	2,169.83	1,989.01	1,326.01	1,256.22
<b>Rapini</b>	0.421	4,213.00	766.00	702.17	468.11	443.47
<b>Sandía</b>	1.404	14,040.08	2,552.74	2,340.01	1,560.01	1,477.90
<b>Semilla de cil.</b>	0.421	4,213.00	766.00	702.17	468.11	443.47
<b>Semilla de trigo g.</b>	0.421	4,213.00	766.00	702.17	468.11	443.47
<b>Sorgo forr. en v.</b>	1.474	14,742.09	2,680.38	2,457.01	1,638.01	1,551.80
<b>Sorgo grano</b>	1.320	13,200.00	2,400.00	2,200.00	1,466.67	1,389.47
<b>Tangelo</b>	1.095	10,952.00	1,991.27	1,825.33	1,216.89	1,152.84
<b>Tomate verde</b>	-	-	-	-	-	-
<b>Toronja (pomelo)</b>	1.404	14,040.08	2,552.74	2,340.01	1,560.01	1,477.90
<b>Trigo grano</b>	1.544	15,444.09	2,808.02	2,574.01	1,716.01	1,625.69
<b>Uva</b>	1.123	11,232.07	2,042.19	1,872.01	1,248.01	1,182.32
<b>Zanahoria</b>	1.334	13,338.08	2,425.10	2,223.01	1,482.01	1,404.01

Fuente: Elaboración propia con datos de SIAP (2003-2018), SIMARBC (2020), Sanchez y Vazquez (2006) y Maldonado (2001).