

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA



TRABAJO DE OBSERVACIÓN

**“Análisis de la producción agrícola y gestión del agua en el Distrito de Riego 017-
Región Lagunera: una visión agroecológica”.**

POR

VANESSA SARAI GARCÍA MEDINA

PRESENTADO

COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

**Torreón, Coahuila, México
Agosto 2019**

Torreón, Coahuila, México
Agosto 2019
UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA "ANTONIO NARRO"

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA

"Análisis de la producción agrícola y gestión del agua en el Distrito de Riego 017-
Región Lagunera: una visión agroecológica".

POR:

VANESSA SARAI GARCIA MEDINA

INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

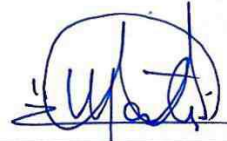
Que se somete a la consideración del H. Jurado Examinador como requisito
parcial para obtener el título de:

INGENIERO EN AGROECOLOGÍA



Dr. Jesus Vásquez Arroyo
Presidente

Aprobada por:



ME. Víctor Martínez Cueto
Vocal



MC. Cynthia Dinorah Ruedas Alba
Vocal



Ing. Juan Manuel Nava Santos
Vocal Suplente



ME. Javier López Hernández

Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Agosto 2019



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA “ANTONIO NARRO”

UNIDAD LAGUNA

DIVISIÓN DE CARRERAS AGRONÓMICAS

DEPARTAMENTO DE AGROECOLOGÍA

“Análisis de la producción agrícola y gestión del agua en el Distrito de Riego 017-
Región Lagunera: una visión agroecológica”.

POR:

VANESSA SARAI GARCIA MEDINA

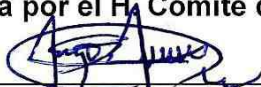
INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Presentada como requisito parcial para obtener el título de:

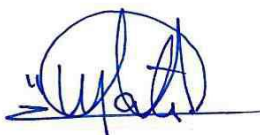
INGENIERO EN AGROECOLOGÍA

Aprobada por:

Aprobada por el H. Comité de Asesoría:



Dr. Jesús Vásquez Arroyo
Asesor Principal



ME. Víctor Martínez Cueto
Coasesor



MC. Cynthia Dinorah Ruedas Alba
Coasesor



ME. Javier López Hernández

Coordinador de la División de Carreras Agronómicas

Torreón, Coahuila, México
Agosto 2019



AGRADECIMIENTOS

Le agradezco principalmente a Jehová Dios por permitirme llegar hasta estos momentos porque me dio la fuerza el aguante y el valor para poder terminar un logro más de una manera satisfactoria y me ayuda a seguir cumpliendo cada una de las metas que me propongo.

A mis padres por brindarme el apoyo físico moral y económico por siempre estar conmigo, apoyándome, animándome a salir adelante, a hacer que nunca me diera por vencido por ayudarme a aprender que hay que luchar por lo que me proponga y así poder lograrlo, por siempre confiar en que a pesar de las circunstancias yo podía hacerlo.

A la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro por brindarme durante 4 años y medio un sinfín de conocimientos, experiencias que ninguna otra y esos buenos momentos en cada una de las áreas.

A el Dr. Jesús Vásquez Arroyo muy agradecida por su apoyo incondicional al ser mi asesor para lograr terminar mi tesis y por su manera de enseñar en clases durante mis semestres.

DEDICATORIA

Se la dedico a mi madre Consuelo Medina por siempre darme su confianza su amor su apoyo incondicional por estar en los buenos y malos momentos por siempre levantarse a hacerme lonche, por las primeras veces en la universidad acompañarme a inscribirme a hacer filas porque todo lo que yo necesitaba para practicas trabajos siempre estaba dispuesta a darme todo lo que necesitaba por confiar plenamente en mí que si podía llegar a lograrlo te amo mama.

A mi padre Miguel Jarquín por siempre darme su apoyo y regañarme para que hiciera las cosas bien.

A mi hermano Armando por motivarme a seguir estudiando y por siempre estar allí apoyándome y corrigiéndome física moral emocional y económicamente, por ser mi ejemplo por seguir.

A mi hermana Laura por siempre estar motivándome a echarle ganas por ayúdame cuando no sabía por todos los consejos cuando obtenía un logro al siempre recompensarme por mi esfuerzo y estar siempre apoyándome en todo.

A mi hermana Maribel por siempre escucharme por siempre darme el consejo justo cuando lo necesitaba por siempre advertirme las cosas, aunque no le hiciera caso y al fin siempre terminaba ayudándome a resolverlas y defendiéndome de todo.

A mis sobrinos en general por alegrarme cada uno de mis días los amo Santiago, Heret, Emily y Ania.

RESUMEN

El maíz y la alfalfa, son los dos principales cultivos forrajeros en la Cuenca Lechera de la Laguna de los estados de Coahuila y Durango, México donde el recurso hídrico es el mayor factor limitante. En este estudio hacemos una evaluación de la eficiencia económica y social del uso de agua de riego en los cultivos de maíz forrajero (*Zea mays* L.) y alfalfa (*Medicago sativa*), mediante un análisis económico comparativo y de eficiencia de productividad. Se realizó un análisis estadístico respecto a la gestión hídrica y la productividad agrícola desarrolladas en los módulos que comprende el Distrito de Riego 017 (DR 017) en los ciclos 2003-2018. Para el caso de riego por gravedad, En promedio, el maíz requiere de 0.18 m³ kg biomasa mientras que la alfalfa fue de 0.22 m³. La producción de biomasa (kg m⁻³) para el maíz fue de 6.4 y 10.4 para alfalfa, donde la lámina de riego para maíz se consideró .70 y para alfalfa 1.5. La utilidad bruta (m³/precio m⁻³), para el caso del maíz presento variaciones y alcanzó su máximo valor en el 2017 (10.9)., para el caso de alfalfa se incrementó del 2005 (0.70) en adelante hasta llegar a 2018 en (4.53). Finalmente, es necesario una mayor participación de la sociedad, en que se informe y participe en la aprobación de superficies cultivada para lograr un equilibrio en el uso del recurso agua.

Palabras Clave: Agua, Productividad, Agricultura, Economía, Sustentabilidad

INDICE DE CONTENIDO

CONTENIDO	Pag.
AGRADECIMIENTO.	i
DEDICATORIA.	ii
RESUMEN.	iii
ÍNDICE DE CUADROS Y FIGURAS.	iv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN.	1
1.1.1 OBJETIVOS.	4
CAPÍTULO II. REVISIÓN DE LITERATURA.	5
2. 1 Historia de la agroecología.	5
2.1.1 La agroecología en Latinoamérica.	6
2.1.2 La agroecología en México.	7
2.1.3 La agroecología en la Comarca Lagunera.	7
2.2 Agroecosistemas.	7
2.2.1 Definición de agroecosistemas.	7
2.2.2. Generalidades del recurso hidrológico.	8
2.3.1 Volumen Hídrico.	12
2.3.2 Tipos de riego.	13
2.3.3 Riego por gravedad.	13
2.4 El ciclo del agua versión reciente y su negentropía.	16
2.5 El agua.	18
2.5.1. Usos del agua.	20
2.5.2 Manejo del agua.	23
2.5.3 Manejo sustentable del agua en México.	23

2.5.4 El agua en los agroecosistemas.	24
2.6 El agua en la agricultura.	25
2.6.1 Principales Cultivos.	25
2.6.2 Requerimiento de riego en los cultivos.	26
2.6.3 El agua para la agricultura de riego.	27
2.7 Problemas de calidad del agua.	28
2.7.1. Problemas relacionados con la calidad del agua en la agricultura irrigada.	28
	29
2.8 Problemática del agua en la comarca lagunera.	29
2.8.1 Pozos de agua en Torreón	
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS	31
3.1.1 Estudios de caso	32
3.1.2 Base de datos y variables	34
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	36
4.1.1 Conclusión	51
4.1.2 Referencias	52

ÍNDICE DE FIGURAS

CONTENIDO	Pag.
Figura 1 Diagrama huella hídrica.	11
Figura 2 Componentes del ciclo hidrológico.	17
Figura 3 Diagnostico hídrico "subregión de planeación comarca lagunera.	21
Figura 4 Porcentajes de uso consuntivos.	21
Figura 5 Hidrología geográfica del distrito de riego 017.	22
Figura 6 Mapa del distrito de riego 017 se muestran los polígonos de los módulos.	23
Figura 7. Superficie sembrada e incremento de la misma del cultivo del maíz forrajero bajo riego por gravedad, tomando como superficie base el 2003.	38
Figura 8. Gasto del agua para la producción de maíz forrajero por gravedad y bombeo en el DR 17.	39
Figura 9. Rendimiento del maíz forrajero en gravedad y bombeo en el DR17 en el periodo 2003-2018.	40
Figura 10. Requerimientos de gasto de agua por gravedad y bombeo para la producción de 1 Kg de biomasa de maíz forrajero en el DR 17 en el periodo 2003-2018.	41
Figura 11. Kilogramo de biomasa producida por cada m3 de agua usado en el riego (kg m-3).	42
Figura 12. Cantidad en m3 de agua usada en el riego necesario para producir \$ 1.00 de ingreso bruto.	42
Figura 13. Ingreso generado por m3 de agua usada en el riego.	43
Figura 14. Utilidad bruta producida (\$) por cada m3 de agua bombeo usada en el riego.	43
Figura 15. Cantidad de agua utilizada (m3) en el riego por bombeo para producir \$ 1.00 de utilidad bruta.	44
Figura 16. Utilidad bruta de agua (\$) entre el precio del m3 de agua.	44
Figura 17. Superficie sembrada e incremento de la misma del cultivo de la alfalfa en riego por gravedad, tomando como superficie base el año 2003.	45

Figura 18. Gasto del agua para la producción de Alfalfa por gravedad y bombeo en el DR 17.	46
Figura 19. Rendimiento de Alfalfa en gravedad y bombeo en el DR17 en el periodo 2003-2018.	47
Figura 20. Requerimientos de gasto de agua por gravedad y bombeo para la producción de 1 Kg de biomasa de Alfalfa en el DR 17 en el periodo 2003-2018.	47
Figura 21. kilogramos de biomasa producida por cada m3 de agua usado en el riego (kg m-3) de la Alfalfa.	48
Figura 22. Cantidad en m3 de agua usada en el riego necesario para producir \$ 1.00 de ingreso bruto de la Alfalfa.	48
Figura 23. Ingreso generado por m3 de agua usada en el riego.	49
Figura 24. Utilidad bruta producida (\$) por cada m3 de agua bombeo usada en el riego.	49
Figura 25. Cantidad de agua utilizada (m3) en el riego por bombeo para producir \$ 1.00 de utilidad bruta.	50
Figura 26. Utilidad bruta de agua (\$) entre el precio del m3 de agua.	50

I. INTRODUCCIÓN

El problema del agua es un asunto que concierne a toda la humanidad; sin agua no hay vida y sin agua de calidad no hay calidad de vida. Se considera que hay tres aspectos importantes, los cuales generalmente no se abordan de manera conjunta: el derecho de la naturaleza, el derecho humano al agua y la gobernanza del recurso. Desafortunadamente, estos aspectos no han sido manejados de manera apropiada en nuestro país, lo cual ha provocado la crisis que actualmente vivimos (FEA,2006).

La escasez de agua se ha convertido en la mayor amenaza para la seguridad alimentaria, la salud humana y los ecosistemas naturales, especialmente en las regiones más áridas del mundo. El reflejo de esta escasez es el agotamiento del agua subterránea de estas regiones situación que se ha convertido en uno de los problemas más graves de la administración de los recursos hídricos (Vélez-Rodríguez et al., 2015).

La fuente de agua representa el elemento vital para la supervivencia del hombre, más aun cuando este lo utiliza de distintas maneras, entre los de mayor importancia están los de abastecimiento para un uso poblacional, agrícola, pecuario, minero, energético y otros de menor envergadura como para el mantenimiento de las especies silvestres de flora y fauna existentes (uso ecológico), por lo tanto es necesario definir, su ubicación, cantidad, calidad, y distribución dentro de la cuenca (Anónimo 2, s/f.).

En México, uno de los problemas es la distribución del agua, el norte del país es seco, desértico y el sur es el que más agua tiene, pero es en el centro y el norte donde se concentran las actividades productivas, mientras que en el sur las condiciones de vida tienden a la marginación (Barragán, 2017).

Cada gota de agua cuenta en un país con una baja disponibilidad hídrica, un 0.1% del total de agua del planeta. Pese a esto y a que 11 millones de personas no tienen acceso al agua potable, en promedio los mexicanos consumen unos 360 litros de agua al día, según cifras del Centro Virtual de Información del Agua. Entretanto, aproximadamente entre un 30% y un 50% del agua para abastecimiento público es desperdiciada en fugas lo que agrava el problema aún más (Barragán, 2017).

La sobreexplotación de acuíferos, si bien es un problema de difícil solución, puede reducirse mediante políticas de manejo basadas en estudios científicos y técnicos; educación sobre la cultura del agua aunadas a un programa tarifario no subsidiado, así como de un control y monitoreo, para garantizar el abasto equitativo y con estas medidas se impida alcanzar un estado irreparable del sistema geohidrológico (González Celis., 2005).

El agua se recicla constantemente como consecuencia de la evaporación, producida por la energía solar, que se precipita en forma de lluvias y alimenta el caudal de los ríos que retornan a los cuerpos donde se evaporó el agua inicialmente. De este ciclo constante, el agua destinada al consumo humano y las actividades agropecuarias básicamente procede de la lluvia (Fernández Reynoso et al., 2012).

El agua subterránea en México presenta una recarga media anual de 91788 hm³ de los cuales se suministra el 38.9% (33310 hm³/año) del consumo total de agua del país (85660 hm³/año), para todos los usos consuntivos. El agua subterránea se utiliza principalmente para usos consuntivos (32 860 hm³/año por año al 2015; CONAGUA, 2016); y específicamente para el riego de cultivos hasta en un tercio de la superficie total irrigada del país (unos 6.5 millones de hectáreas). Más de 71 millones de personas (55 millones en zonas urbanas y 16 millones en zonas rurales) dependen del abastecimiento de agua subterránea (7320 hm³/año). Además, al menos el 50% de las instalaciones industriales auto abastecidas (que toman agua directamente de aguas superficiales o acuíferos) utilizan las aguas subterráneas en sus procesos (2070 hm³/año) (Martínez-Austria et al.,2019).

El abatimiento de acuíferos inducido por prácticas antropogénicas y con fines principalmente económicos, vulnera la sustentabilidad de la ya frágil seguridad hídrica y de alimentos, no sólo en una escala local sino en la escala global a través del comercio internacional. México extrae un volumen de 11100 hm³/año de agua subterránea dedicada a la irrigación que genera abatimiento de acuíferos, aproximadamente un tercio del total de agua subterránea dedicada a la irrigación. De esta producción agrícola, irrigada con un volumen de agua subterránea no renovable, exporta el 23% y su complemento (77%) es dedicado al consumo nacional (Martínez-Austria et al.,2019).

1.1 .1 OBJETIVO

Objetivo general

Determinar la eficiencia hídrica, económica y social en la producción de cultivos forrajeros en la Comarca Lagunera.

Objetivo específico

Determinar la eficiencia hídrica, económica y social en la producción de maíz forrajero en la Comarca Lagunera.

Determinar la eficiencia hídrica, económica y social en la producción de alfalfa en la Comarca Lagunera.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

Naturalmente, el problema del agua es un asunto que concierne a toda la humanidad; sin agua no hay vida sin agua de calidad no hay calidad de vida (Río Arronte, 2006).

El agua es un compuesto con características únicas de gran significación para la vida, el más abundante en la naturaleza y determinante en los procesos físicos, químicos y biológicos que gobiernan el medio natural (García M. et al., 2012).

2.1 Agroecología

Las raíces de la agroecología hasta su aparición como Agroecología en México, en los años 70, como una forma de resistencia a la Revolución Verde. La agroecología se ha convertido en mucho más que una ciencia para el desarrollo de mejores tecnologías de producciones de alimentos, más seguras y ambientalmente responsables.

La agroecología es más que un modo de practicar la agricultura, como la producción orgánica o ecológica. La agroecología es también un movimiento social con una fuerte base ecológica que fomenta la justicia, las relaciones, el acceso, la adaptación, la resistencia y la sostenibilidad. La agroecología pretende unir las culturas sociales y ecológicas que ayudaron a la sociedad humana a crear agricultura por primera vez (Gliessman, 2013).

El movimiento agroecológico, construyó su enfoque y su ruta hace más de 20 años, en constante movimiento, crecimiento y evolución, reencontrándose en el campo con los saberes tradicionales de los pequeños agricultores, con plantas y animales redescubiertos para el mundo entero, con pobreza y desnutrición también y, la necesidad de plantear un modelo de agricultura diferente al aprendido en las universidades y estaciones experimentales hasta ese momento (Altieri, 2015).

La agroecología es entonces una nueva área del conocimiento, cuyo término fue utilizado por vez primera apenas en 1928, por el agrónomo ruso B.M. Bensin, que permaneció en estado latente las siguientes cinco décadas, y que a partir de 1980 ha tenido un crecimiento espectacular, tanto en número de publicaciones, como de practicantes (Wezel, 2009).

La ciencia agroecológica se inserta justamente en este campo del análisis ambiental de los Agroecosistemas, asumiendo la complejidad que ello implica y generando nuevas aproximaciones teórico-prácticas, que han venido configurando lo que se ha dado en llamar el pensamiento agroecológico (León T., 2012).

La agroecología, en tanto que ciencia interdisciplinaria y en construcción, está abocada a los retos que implica la conjunción de diversas áreas temáticas del conocimiento y que generan discursos novedosos. Unos, que pueden ser considerados como derivados de la dinámica que genera el mismo pensamiento ambiental agrario y otros, que se apoyan en ciencias o en disciplinas que ya están formuladas o que poseen suficientes bagajes teórico - práctico para ser consideradas como tales. Este es el tema general que aborda el capítulo sexto, dedicado a revisar algunos campos o ramas en que se abre la ciencia agroecológica (León, 2014).

2.1.1 La agroecología en Latinoamérica

El mundo moderno es un invento social de hace apenas unos trescientos años. Un origen difícil de precisar pero que se ubica en algún punto donde confluyen industrialismo, pensamiento científico, mercado dirigido por el capital y uso predominante de petróleo. El inicio de la ciencia puede fecharse de manera “oficial”, en 1662 y 1666, años en que se fundaron las primeras sociedades científicas en Inglaterra y Francia. El estreno de un pozo petrolero regurgitando “oro negro” tuvo lugar el 17 de agosto de 1859 en el sureste norteamericano. La industrialización y el capitalismo son procesos difíciles de datar, pero ambos no van más allá de los tres siglos (Toledo, 2012).

2.1.2 La agroecología en México

Desde la década de los 70s del siglo pasado, agrónomos y ecólogos investigan, sistematizan y documentan las evidencias científicas de los beneficios agroecológicos que conllevan muchas de las prácticas tradicionales, ese es el inicio de la agroecología en México; más adelante, ésta se va nutriendo con los conocimientos más modernos de la agronomía y la agroecología puesta en práctica en otras partes del mundo (Astier, et al., 2015).

2.1.3 La agroecología en la Comarca Lagunera

Los enfoques agroecológicos se basan en metodologías que son realizadas por equipos de investigación de carácter multidisciplinario, donde se da importancia a la participación del agricultor, el investigador, el técnico y el especialista en ciencias sociales y económicas. También se tiene en cuenta las condiciones ecológicas y socioeconómicas en las cuales los productores tienen sus predios. En esta sección se mostrarán las diferentes metodologías en las cuales se basan los enfoques agroecológicos. Al final de la sección se presentarán algunas herramientas de carácter práctico para evaluar el desempeño de sistemas agrícolas sustentables (Restrepo M., S., & Prager M., 2000).

2.2 Agroecosistemas

2.2.1 Definición de Agroecosistemas

Es la unidad conceptual y básica de estudio y desarrollo de la agricultura, producto de la modificación de un ecosistema desarrollado por el ser humano. Está integrado a un sistema regional agrícola a través de cadenas de producción-consumo, existiendo relaciones entre sus componentes e interacciones de política y cultura de instituciones públicas y privadas. Su dinámica se basa en la retroalimentación de los procesos ecológicos y socioeconómicos. Busca la producción sustentable de alimentos, materias primas, y servicios ambientales, fundamentalmente, contribuyendo al bienestar de la sociedad (COLPOS, 2011).

El concepto de Agroecosistema (AGES) ha sido interpretado y utilizado de diversas formas acorde al contexto donde ha sido aplicado. El AGES, considerado como la unidad de estudio, es un modelo abstracto y método de investigación que permite estudiar la compleja realidad. El objetivo de este trabajo es hacer una revisión bibliográfica sobre dicho concepto y demostrar su aplicación en la ganadería bovina como herramienta útil que permite estudiar e interpretar la complejidad de procesos físicos, biológicos, sociales y económicos que interactúan en la ganadería bovina (Vilaboa Arroniz, 2006).

2.2.2 Generalidades del recurso hidrológico

El recurso hídrico, se ha convertido durante este período, en el recurso natural de mayor preocupación y por el que se ha generado mayores conflictos. Durante este año, los procesos sociales de organización en función del recurso hídrico, ha sido preponderante (Astorga, 2008).

El uso del agua ha alcanzado niveles que son imposibles de ocultar y que dejan en evidencia que no es sostenible y la región ya sufre los efectos de esta sobre explotación del recurso hídrico. El desarrollo económico generalmente lleva aparejado una disminución del capital natural y en esto, La Laguna no es la excepción. Particularmente la Zona Metropolitana de la Laguna aprovecha una cuenca hidrológica generosa dada su situación geográfica, pero las condiciones climáticas de la región la convierten en una zona muy demandante (Miramontes Chavez, 2017).

Un aspecto importante que considerar es la baja eficiencia en la utilización del recurso en toda la región, lo que obliga a la sobre explotación para poder cumplir con la demanda. Sobre todo, el aumento en la demanda para satisfacer a las zonas urbanas ha causado una explotación muy localizada para el abastecimiento público, que ha provocado un deterioro de la calidad del agua que se entrega a la población, incrementando el riesgo para la salud (Miramontes Chavez, 2017).

La fuente de agua superficial representa el elemento vital para la supervivencia del hombre, más aún cuando este lo utiliza para los distintos usos, entre los de mayor importancia están los de abastecimiento para uso poblacional, agrícola, pecuario, minero, energético y otros de menor envergadura como para el uso y mantenimiento de las especies silvestres de flora y fauna existentes (uso ecológico), por lo tanto, es necesario definir, su ubicación, cantidad, calidad, y distribución dentro de la cuenca (INAENA, 2007).

La laguna tiene tres fuentes principales de agua: la lluvia, los ríos y el subsuelo. A pesar de ser uno de los valles irrigados más importantes del norte de México, la comarca lagunera tiene una disponibilidad restringida de recursos hidrológicos la cual determina en gran parte el nivel de desarrollo económico. El río Nazas es la principal fuente del acuífero lagunero, de los 653 que existen en el país y está considerado por la comisión nacional del agua como uno de los más sobreexplotados, cuya relación extracción su recarga es de 1.79 litros, lo que significa que se extrae 1.79 veces más de lo que se recarga (Salas-Quintanal , 2011).

Para el cálculo de la huella hídrica, se clasifican las fuentes de agua distinguiendo tres componentes: el agua azul, el agua verde y el agua gris. El agua azul es el volumen de agua dulce consumida de los recursos hídricos del planeta (aguas superficiales y subterráneas). El agua verde es el volumen de agua evaporada de los recursos hídricos del planeta (agua de lluvia almacenada en el suelo como humedad). El agua gris es el volumen de agua contaminada que se asocia con la producción de los bienes y servicios. Este último puede ser estimado como el volumen de agua que se requiere para diluir los contaminantes hasta el punto de que la calidad del agua se mantiene en o por encima de las normas acordadas de calidad del agua (Anónimo 1, s/f.).

La huella hídrica (HH) es un indicador de toda el agua que utilizamos en nuestra vida diaria; la que utilizamos para producir nuestra comida, en procesos industriales y generación de energía, así como la que ensuciamos y contaminamos a través de esos mismos procesos. Nos permite conocer el volumen de agua que aprovecha ya sea un individuo, un grupo de personas o consumidores, una región, país o la humanidad en su conjunto (WWF, 2015).

La agricultura es uno de los grandes consumidores de recursos naturales, representado más de un 70% del total de consumo del agua dulce mundial. En las próximas décadas, la agricultura deberá afrontar el tener que producir un 50% más de alimentos en 2030 en comparación con la producción actual, garantizar la seguridad alimentaria y conservar la biodiversidad. Esta situación afectará directamente a otros sectores, como por ejemplo el industrial, debido al incremento en la competencia por el uso del agua. Por lo tanto, se presentan grandes retos para garantizar suficiente disponibilidad de agua para abastecer a la creciente población mundial, sostener el crecimiento económico y preservar el medioambiente (Gutierrez, 2015).

La huella hídrica mundial se estima en 9,087 Km³ al año:

- 74% verde
- 11% azul
- 15% gris
- El 92% está relacionado con actividades agrícolas

Componentes de la Huella Hídrica:

La HH considera únicamente el agua dulce y se conforma de 4 componentes básicos:

- Volumen
- Color/clasificación del agua
- Lugar de origen del agua
- Momento de extracción del agua (WWF, 2015).

¿De dónde viene la Huella Hídrica?

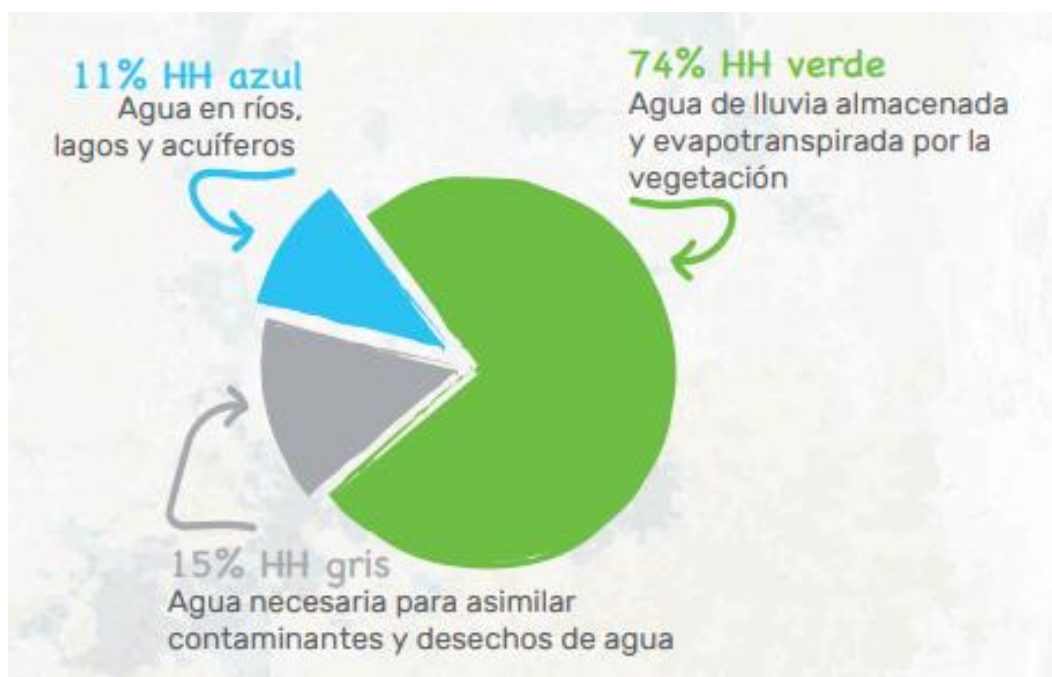


Figura1 huella hídrica (WWF, 2015).

La huella hídrica se puede expresar en función del tipo de agua que se considere, desglosándola según sus colores:

- huella hídrica verde: relacionada con el agua de lluvia incorporada en el producto. Cobra pleno sentido para productos agrícolas y es muy útil para identificar y gestionar los riesgos asociados al cambio climático (IAGA, S/F.).
- huella hídrica azul: relacionada con el uso consuntivo de agua dulce superficial o subterránea evaporada, incorporada en el producto, devuelta a otra cuenca o devuelta en un periodo distinto del de extracción. Para productos agrícolas se asocia con la necesidad de riego de los cultivos (IAGA, S/F.).

- huella hídrica gris: relacionada con la calidad del agua retornada al medio y su posible degradación como resultado de un determinado proceso (IAGA, S/F.).

2.3.1 Volumen Hídrico

El volumen hídrico del planeta abarca aproximadamente 1,360 millones de km³; de ellos 97.2% forma parte de los océanos; 2.15% de los casquetes polares y los glaciares, y sólo 0.65% se divide entre lagos, corrientes de agua, aguas subterráneas y la atmósfera. En Coahuila se genera un escurrimiento medio anual de 2,309 hm³, que se aprovecha conjuntamente con otros estados del país como Nuevo León y Tamaulipas y con los Estados Unidos de Norteamérica mediante acuerdos y tratados. La recarga de aguas subterráneas es del orden de 1,604 hm³; sin embargo, esta fuente se sobreexplota entre 20 y 50% por arriba de su recarga en algunas de las zonas geohidrológicas, ya que en la entidad se aprovecha un volumen de agua del subsuelo de 1,890 hm³ (Martínez, 2016).

En el estado, los distintos usos del agua indican que el mayor uso está dentro del sector agrícola con 43.67% (35.16% de las aguas superficiales y 62.61% de las aguas subterráneas), el uso para la generación de energía eléctrica representa 42.73% (61.91% de las aguas superficiales), el uso público urbano 5.44% (0.74% de las aguas superficiales y el 15.92% de las aguas subterráneas) y el industrial con 4.19% (2.06% de las aguas superficiales y 8.93% de las aguas subterráneas) (Martínez, 2016).

2.3.2 Tipos de riego

El riego por goteo es una tecnología útil, adaptable y que, al ser bien aplicada, es sinónimo de mejores rendimientos para nuestras parcelas. El presente documento, fruto de la experiencia desarrollada a lo largo de más de dos décadas de trabajo en el área y de la dedicación al estudio de esta tecnología, pretende constituirse en una guía metodológica, la cual permitirá a los profesionales del agro, conocer desde la importancia y comportamiento del agua bajo el punto de vista del riego por goteo, hasta la instalación y evaluación adecuada de los sistemas. El riego por goteo representa una herramienta sustentable capaz de potenciar la diversificación de las fincas, reducir el consumo de agua y ayudar a garantizar la seguridad alimentaria y nutricional de nuestro país (Mendoza, 2013).

El riego por goteo es un sistema presurizado donde el agua se conduce y distribuye por conductos cerrados que requieren presión. Desde el punto de vista agronómico, se denominan riegos localizados porque humedecen un sector de volumen de suelo, suficiente para un buen desarrollo del cultivo. También se lo denomina de alta frecuencia, lo que permite regar desde una a dos veces por día, todos o algunos días, dependiendo del tipo de suelo y las necesidades del cultivo, La posibilidad de efectuar riegos frecuentes permite reducir notoriamente el peligro de stress hídrico, ya que es posible mantener la humedad del suelo a niveles óptimos durante todo el período de cultivo, mejorando las condiciones para el desarrollo de las plantas (Liotta, et al. 2015).

2.3.3 Riego por Gravedad

El riego por gravedad es la técnica de riego la que más ampliamente ha aplicado el hombre a nivel mundial. Para superar las limitaciones que tradicionalmente ha tenido esta técnica de riego como son pérdidas de agua por percolación profunda y escurrimiento superficial y situarla al nivel de otras técnicas de riego de elevado desarrollo tecnológico (riego por aspersión y localizado), se debe comenzar por determinar los elementos fundamentales del diseño y la operación de los sistemas de riego por gravedad, con arreglo a las condiciones concretas de suelo y topografía, lo cual debe posibilitar la elevación de la eficiencia de dichos sistemas de riego (Meneses Peralta, 2015).

El riego por gravedad, también llamado riego de superficie, consisten en la distribución del agua a través de tuberías aéreas de motor o fijas (Anónimo 3, s/f.).

En el riego por gravedad la eficiencia de conducción en promedio a nivel nacional varía del 45 al 60% y la de aplicación es del orden del 60% aproximadamente (SEMARNAT, 2012).

Ventajas:

- es uno de los más económicos.
- El viento no es un factor limitante en la distribución del agua.

Estructuras de control, facilidad y economía (Anónimo 3, s/f.).

Desventajas:

- No es conveniente utilizarlo en terrenos desnivelados, ya que el agua podría desviarse e impedir su correcta distribución.
- No es muy adecuado para dar riegos ligeros, sobre todo en suelos arenosos, donde el agua infiltra rápidamente (Anónimo 3, s/f.).

En gravedad se utiliza los siguientes tipos de riego:**Riego por Aspersión:**

consiste en conducir el agua a través de aspersores que humedecen el terreno de forma similar a como lo haría la lluvia.

Aspersores fijos:

Se componen de varias tuberías, las cuales se encuentran bajo la superficie del terreno, y se conectan a boquillas giratorias. Estas boquillas esparcen el agua de forma circular.

Aspersores móviles:

Constan de un sistema de tuberías subterráneas, conectadas a aspersores que cambian de posición manualmente cada vez que es necesario regar una zona de la parcela. Usualmente los aspersores se ubican sobre un carrito móvil que recorre la parcela mientras humedece el suelo (Anónimo 3, s/f.).

2.4 El ciclo del agua versión reciente y su negentropia.

El ciclo del agua incluye la evaporación, transpiración, condensación, precipitación e infiltración de este líquido.

Evaporación. Esta etapa del ciclo del agua consiste en la conversión del agua líquida a vapor, de esta forma, el agua alcanza la atmósfera. El agua se evapora de los océanos, de las aguas continentales y de las plantas (transpiración).

Transpiración. Es otra vía por la cual el agua pasa a la atmósfera, a diferencia de la evaporación, la transpiración es realizada por las plantas y es el proceso por el que las plantas emiten agua por medio de sus estomas pequeños orificios en el anverso de las hojas que están conectados por el tejido vascular. Ocurre principalmente durante la fotosíntesis, cuando las estomas de las hojas están abiertas para la transferencia de dióxido de carbono y oxígeno.

Evapotranspiración. Una buena parte del agua infiltrada nunca llega a lo que se conoce como zona saturada, (una parte del suelo que está llena de agua en los poros) sino que es interceptada en la zona no saturada (donde los poros del suelo están llenos en buena parte por aire). En la zona no saturada una parte de esta agua se evapora y vuelve a la atmósfera en forma de vapor, y otra parte, mucho más importante cuantitativamente, se consume en la “transpiración” de las plantas.

Condensación. Una vez en la atmósfera, por el decremento de la temperatura, el agua se condensa, es decir, se vuelve líquida nuevamente, esas gotas van formando nubes, cuando una nube está lo suficientemente saturada, precipita.

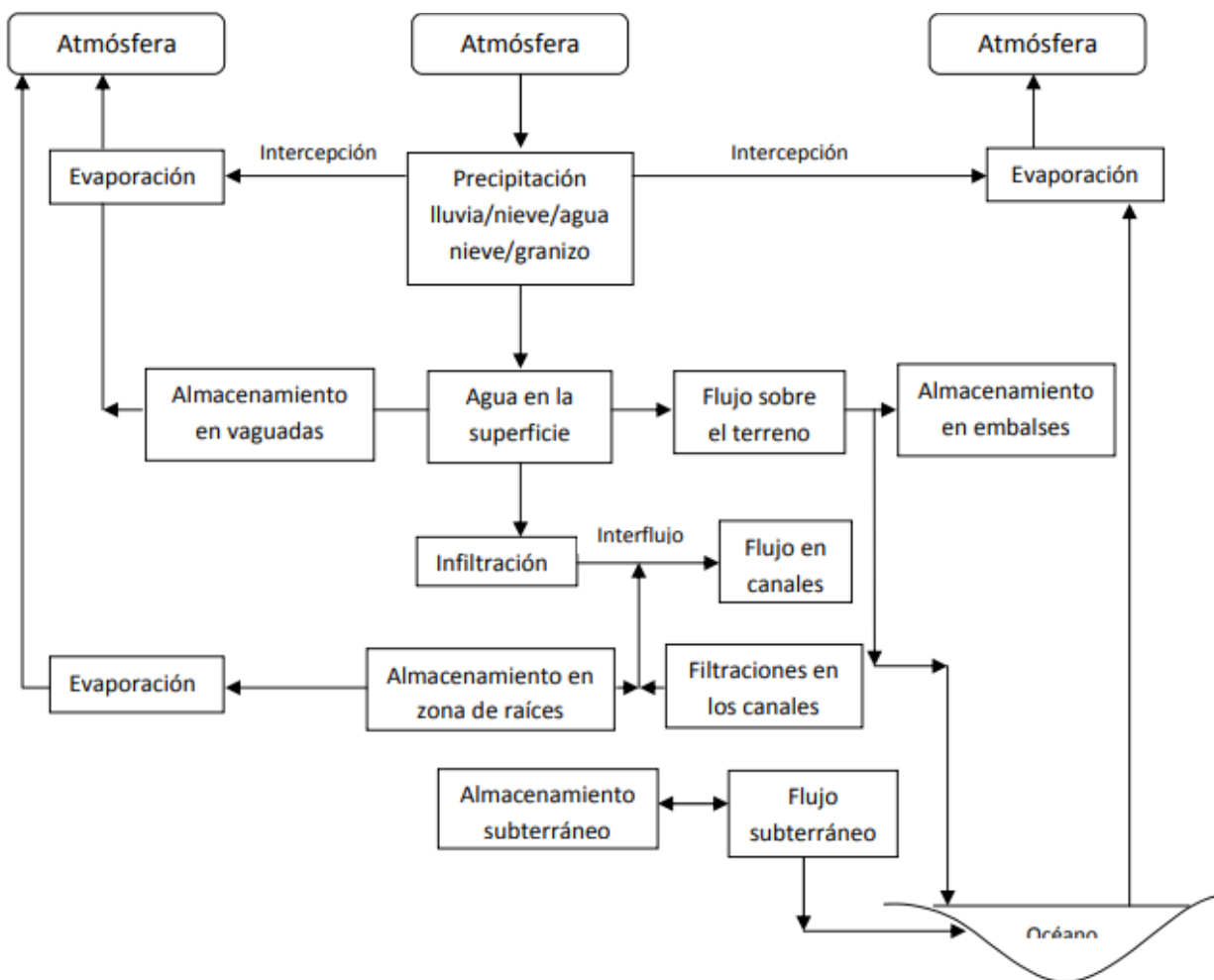
Precipitación. Se refiere a cuando el agua, por gravedad, cae de nuevo hacia la superficie terrestre, ya sea en forma líquida o sólida.

Escorrentía. Respecto a la superficie del suelo puede ser: superficial, hipodérmica y subterránea.

Infiltración. Es cuando el agua logra atravesar el suelo y ocupar algunos de los espacios vacíos que existen en el suelo.

Absorción. Se refiere al agua que las plantas toman del suelo para llevar a cabo sus funciones, este líquido pasa de nuevo a la atmósfera por la transpiración.

Figura 2 Componentes del ciclo hidrológico (Anónimo, s/f.).



2.5. El agua

Es un líquido incoloro, inodoro e insípido que está compuesto por dos átomos de hidrogeno y uno de oxigeno (H₂O) (Contreras, et al., 2008).

No sabe, ni huele, ni tiene color son quizás algunas de las características más conocidas del agua. Debe recordarse que las cualidades de inodora, insípida e incolora corresponden al agua químicamente pura (que en la naturaleza no se encuentra como tal, pues siempre tiene sales minerales y otros compuestos en distintas proporciones). Para la mayoría también es conocida el agua por su fórmula química: H₂O, la cual representa una molécula formada por dos elementos: hidrógeno y oxígeno, que contiene dos átomos del primero y uno del segundo, unidos por medio de enlaces (Anónimo 4, s/f.).

El agua es una molécula sencilla formada por átomos pequeños, dos de hidrógeno y uno de oxígeno, unidos por 66 enlaces covalentes muy fuertes que hacen que la molécula sea muy estable. Tiene una distribución irregular de la densidad electrónica, pues el oxígeno, uno de los elementos más electronegativos, atrae hacia sí los electrones de ambos enlaces covalentes, de manera que alrededor del átomo de oxígeno se concentra la mayor densidad electrónica (carga negativa) y cerca de los hidrógenos la menor (carga positiva) (Carbajal & Gonzalez, 2012).

El agua de los ríos, el agua subterránea, el agua de lluvia y el agua que bebemos contiene siempre otras sustancias disueltas que, aún en cantidades reducidas, aportan cualidades organolépticas y nutritivas por lo que el agua también debe considerarse un alimento, un componente más de nuestra dieta, un ingrediente fundamental en la cocina, contribuyendo al aporte de algunos nutrientes y mejorando también el valor gastronómico de las recetas culinarias (Carbajal & Gonzalez, 2012).

Hay quienes hablan de la crisis del agua que vendrá en el futuro, pero desgraciadamente esa crisis ya está aquí. En el mundo la viven diariamente 1 100 millones de personas, las cuales no tienen acceso al agua potable. En México, alrededor de 12 millones padecen esta situación. En cuanto a acceso a saneamiento en el mundo, se calcula que

2 mil 400 millones no cuentan con él, mientras que en México 24 millones carecen de alcantarillado. Además, hay una gran cantidad de cuerpos de agua, superficiales y subterráneos, muy contaminados. Se calcula que en el mundo cerca de 3 900 niños Mueren cada día a causa de enfermedades curables transmitidas por el agua (Anónimo 2, s/f.).

La escasez de agua se ha convertido en la mayor amenaza para la seguridad alimentaria, la salud humana y los ecosistemas naturales, especialmente en las regiones más áridas del mundo. Reflejo de esta escasez es el agotamiento del agua subterránea de estas regiones situación que se ha convertido en uno de los problemas más graves de la administración de los recursos hídricos (Vélez-Rodríguez, et al. 2015).

Los esquemas de utilización del agua que han prevalecido durante décadas han de terminado desajustes y conflictos crecientes: escasez, agotamiento de acuíferos, sequías, inundaciones, deslaves, erosión hídrica, azolvamiento, salinización, hundimientos diferenciales, contaminación de suelos y cuerpos de agua, degradación de hábitats acuáticos, entre otros procesos que amenazan la salud humana y la de los ecosistemas y comprometen la continuidad de la mayor parte de los procesos productivos (Carabias, et al., 2005).

La Comarca Lagunera es fruto de las más históricas aguas, las aguas del Nazas. Ellas han visto transitar desde los antiguos grupos nómadas que recolectaron sus frutos hasta los primeros asentamientos coloniales que pusieron en práctica la fabricación de vinos, la crianza de animales y el cultivo de plantas. Los primeros pobladores utilizaban cestas de mimbre llamadas "nasas" para capturar peces en el río y sus lagunas. Para los primeros visitantes luego para la sociedad colonial el lugar fue conocido como el río de las nasas por la gran cantidad de gente que pescaba y explotaba los frutos de las corrientes y cuerpos de agua que conforman estas vastas lagunas; de ahí la denominación de laguneros. Así ha sido llamado, río Nazas, columna vertebral de la región, en torno al cual se establecen sociedades productivas centradas en el cultivo del

algodón, en la extracción de minerales y en la crianza de ganado. Por sus aguas ha pasado la historia de la región y una buena parte la historia del país (Salas, 2011).

En la Comarca Lagunera existe competencia por el agua entre diferentes consumidores. Dicha competencia es determinada por la baja disponibilidad del recurso y la existencia de diferentes usuarios como la agricultura de riego por bombeo y gravedad, el sector residencial, la ganadería y la industria (Guzmán-Soria, et al., 2006).

Debido a la importancia del agua en la Comarca Lagunera, el objetivo de la presente investigación es calcular elasticidades que midan la relación entre la cantidad del líquido demandada y las tarifas cobradas por los organismos operadores, a través del tiempo; para esto es necesaria la estimación de funciones de demanda de agua en el sector residencial de Torreón y Gómez Palacio. Puesto que el recurso es un bien necesario para la vida del ser humano, se espera que la cantidad requerida responda de manera inelástica a cambios en el precio (García-Salazar, et al., 2008).

2.5.1. Usos del agua

El principal uso del agua en México es el agrícola, el cual en términos de uso de aguas nacionales se refiere principalmente al agua utilizada para el riego de cultivos (IMTA, 2014).

En México, aproximadamente, el 97 por ciento del agua concesionada para las actividades primarias es destinada para el riego de los cultivos, de la cual una parte importante proviene de fuentes subterráneas (CEDRSSA, 2015).

El principal uso es agrícola, aprovecha el 91 % del agua que extrae la Comisión Nacional del Agua (Conagua). De los 2,496 millones de m³, que aprovecha el 45 % que proviene de fuentes subterráneas y el 55 % restante de las superficiales. En orden de importancia los otros. Usos son el público - urbano que demanda el 5 %, pecuario 2 % el industrial 1 %, cuya fuente es exclusivamente subterránea. A nivel municipio el uso de agua dominante es el agropecuario en 10 municipios, público en Gómez Palacio, Lerdo y San Pedro Las Colonias e industrial en Torreón y Matamoros. Los acuíferos más importantes

el Principal y Oriente Aguanaval abastecen la zona urbana de Torreón-Gómez Palacio-Lerdo: éstos concentran el mayor número de usuarios, la mayor demanda y también la mayor sobreexplotación de la región (Cervantes R. & Franco González, 2006).

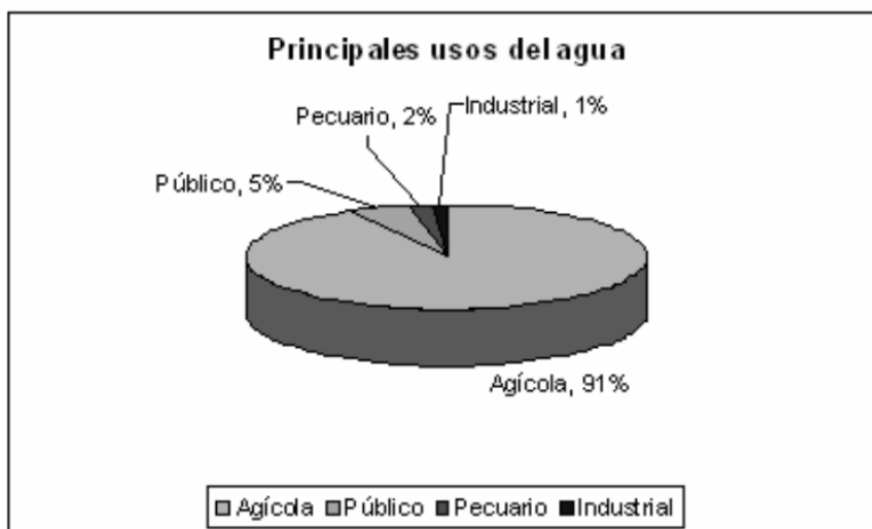


Figura 3 Diagnostico hídrico "subregión de planeación comarca lagunera (parras, 2006).

La mayor parte del agua consumida por el hombre se destina a usos consuntivos, a la irrigación, al ganado y al uso doméstico. La agricultura emplea más del 70% del agua utilizada en el mundo. En México, el uso consuntivo mayor es el agrícola, que representa un 78% de la extracción, seguido por el uso público urbano con un 12% (Carmenza González, et al., 2010).

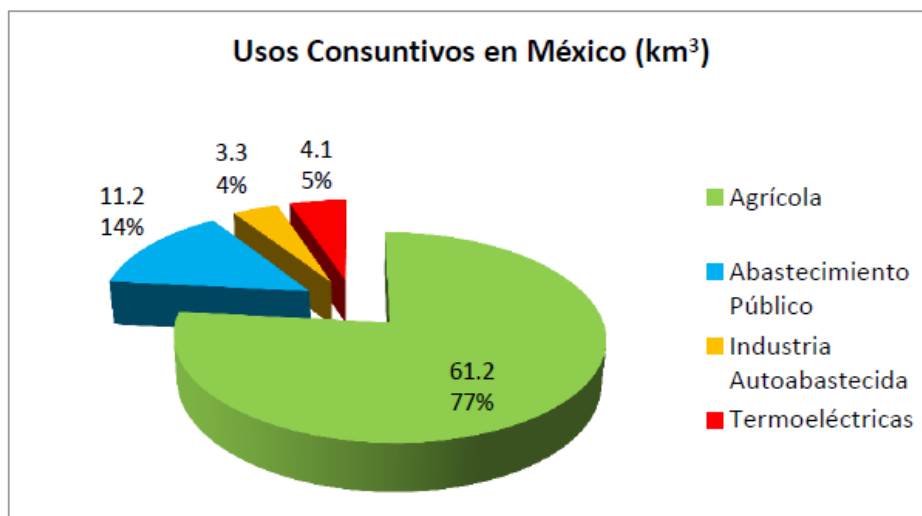


Figura 4. Porcentajes de uso consuntivo (CONAGUA, 2012).

El uso del agua como insumo en la producción pecuaria y agrícola determina que la forma funcional de la demanda de ambos sectores sea similar a la de tipo industrial. La demanda de agua podría derivarse de funciones de costos de producción de la empresa. Las funciones de demanda para los sectores pecuario y agrícola (riego por gravedad y bombeo) contemplaron el precio de los principales insumos y productos finales, así como variables meteorológicas importantes como la precipitación pluvial y temperatura (Guzmán-Soria, et al.,2006).

El agua ha sido tradicionalmente objeto central de conflictos, por su naturaleza de bien de uso común y por su condición frecuente de recurso escaso. Solamente 2% del agua disponible en el mundo puede ser de consumo humano y existen regiones en el mundo en las que más personas tienen acceso a teléfonos celulares que a sistemas adecuados de saneamiento (Anónimo 2 s/f.).

El uso del agua puede ser “consuntivo”, es decir que se consume efectivamente durante alguna actividad, como la agrícola, poblacional, industrial, etc., o “no consuntivo”, donde se utiliza el agua sin consumirse efectivamente, como en la actividad energética, donde luego del aprovechamiento por las hidroeléctricas, puede estar apta para otros fines, como los agrícolas, por ejemplo (Minagri, 2015).

2.5.2 Manejo del agua

Durante muchos años, REHAU ha proporcionado un enfoque integral, holístico a la gestión moderna del agua y, como un proveedor innovador de sistema de tubería, se ha tomado una posición de liderazgo en el suministro de agua en general y en la distribución. Las soluciones de sistemas de polímero suministrados por REHAU se pueden encontrar en todas las fases del circuito de agua, desde la fuente a la extracción y posterior retorno de las aguas residuales para su reprocesamiento sistemática. Este enfoque se complementa con la información más actualizada del sistema de gestión de agua de lluvia que permite que el agua se limpie y se utilice o que se escurra naturalmente (REHAU, 2017).

2.5.3 Manejo sustentable del agua en México

“No podemos seguir usando el agua como si fuera un recurso renovable e inagotable pues mediante el ciclo natural ya no se renueva a la velocidad que se requiere.”

El 97 % del agua de nuestro planeta está en los océanos en forma de agua salada. Del 3% de agua dulce que existe en el planeta, casi toda está almacenada en los mantos acuíferos profundos, en hielo y nieve permanente, en los grandes lagos y ríos; Menos del 1% de todo el agua dulce se encuentra en la atmósfera y de esta manera está disponible como agua de lluvia (Hieronimi, 2012).

La sustentabilidad representa un cambio de paradigma en el manejo y aplicación de los recursos. Hasta ahora hemos buscado la rentabilidad como guía de las actividades productivas, sin embargo en la sustentabilidad los proyectos no sólo deben ser rentables sino también ser incluyentes y por lo tanto se requiere repensar toda nuestra actividad económica y tecnológica (Hermosillo O. M., 2013).

La sustentabilidad del agua pasa por la conservación de sus fuentes, la lluvia, acuíferos, lagos y ríos, los bosques, la energía para manejarla, la agricultura, la ganadería y por tanto por la alimentación, por la urbanización y por la industria. No podemos seguir usando el agua como si fuera un recurso renovable e inagotable pues mediante el ciclo natural ya no se renueva a la velocidad que se requiere (Hermosillo O. M., 2013).

La productividad del agua en el futuro, dependerá entre otras cosas, de la política que siga el gobierno Federal en la administración del recurso. Si se sigue administrando como en la actualidad, cuando el agua no se mide en sus usos, la eficiencia en su conducción y aplicación es baja y no se premia el uso eficiente, debido a que el agua que pudieran ahorrar los usuarios, no pueden usarla el siguiente año, no habrá mejoría (Palacios Vélez, 2003).

El agua es un recurso esencial en la producción de la mayoría de bienes y servicios, incluidos los alimentos, la energía y las manufacturas. El suministro de agua (en cantidad y calidad) allí donde el usuario la necesita tiene que ser fiable y predecible, para apoyar las inversiones sostenibles desde el punto de vista financiero en las actividades económicas. Una inversión sensata, tanto en infraestructuras materiales como inmateriales, que se financia, efectúa y mantiene de forma adecuada, facilita los cambios estructurales necesarios para impulsar los avances en muchas áreas productivas de la economía. Esto significa a menudo más oportunidades de ingresos para mejorar el gasto en salud y educación, reforzando a su vez una dinámica autosostenida de desarrollo económico (UNESCO, 2015).

2.5.4. El agua en los Agroecosistemas

Agroecosistema se basa en el binomio suelo/agua, necesario no solo para la agricultura, sino para la simple existencia de la vida vegetal. La dimensión de cada uno de los dos elementos es importante para entender el conjunto resultante. Sin suelo no es posible que prosperen las plantas; sin agua o, mejor dicho, en caso extremo, sin humedad, tampoco. Depende de la demanda de cada vegetal para que su crecimiento sea posible. En la agricultura irrigada hay plantas que no pueden progresar sin una cantidad apreciable de agua, en tanto que otras podrían crecer, y de hecho crecen, con una proporción mucho menor (Malpica Cuello, 2012).

2.6 El agua en la Agricultura

En 2050, la agricultura necesitará producir un 60% más de alimentos a nivel mundial y un 100% más en los países en desarrollo. A medida que las tasas de crecimiento actuales de la demanda de agua de la agricultura mundial se hagan insostenibles, el sector tendrá que aumentar la eficiencia del uso que hace del agua reduciendo las pérdidas y, sobre todo, incrementar la productividad de los cultivos respecto al agua empleada. La contaminación agrícola del agua, que puede empeorar con el aumento de la agricultura intensiva, puede reducirse mediante la combinación de una serie de instrumentos, incluyendo una normativa más estricta, el cumplimiento de la misma y unos subsidios bien focalizados (UNESCO, 2015).

2.6.1. Principales Cultivos

El maíz y la alfalfa son los dos principales cultivos forrajeros en la Comarca Lagunera de los estados de Coahuila y Durango, México, una de las principales cuencas lecheras del país. Ambos cultivos se complementan respecto a la alimentación de los animales, el maíz en el contenido de fibra requerida por los rumiantes para la digestión y la alfalfa como fuente de proteína en la producción de leche (Pedroza Sandoval, et al., 2014).

El maíz forrajero es después de la alfalfa uno de los forrajes más utilizados en La Comarca Lagunera, para la alimentación animal de los productores de leche. Por ello ha venido incrementando su superficie hasta por seis veces comparando el periodo 1990-1992 versus 2003-2005, de manera similar incrementó su producción en un 667% (Ríos Flores, et al., 2008).

La importancia del cultivo del sorgo en grano es indiscutible, ya que para el año 2011 ocupó el sexto lugar en superficie mundial cosechada, esto es debido al cambio en las tendencias alimenticias del sector pecuario, ya que aunque en su gran mayoría siguen existiendo las tradicionales formas de explotación basadas, principalmente en el aprovechamiento de forrajes que se desarrollan bajo condiciones de temporal y pastoreo, se ha observado un cambio a modernas explotaciones tecnificadas y alimentación en confinamiento, lo cual redundaría en una mayor necesidad del sorgo en grano para las empresas productoras de alimentos balanceados, ya que dependen hasta en un 60% del sorgo como fuente energética, debido a que otros cereales que más se producen a nivel mundial como el trigo, maíz, arroz y cebada, se utilizan primordialmente para consumo humano (Caamal-Cauich, et al., 2016).

2.6.2 Requerimiento de riego en los cultivos

La estimación de la demanda de agua, a través de cualquier sistema de riego, depende en gran medida del conocimiento de la cantidad de agua que consumen los cultivos y del momento oportuno para aplicarla, con el objetivo de no perjudicar su rendimiento (Fernández Reynoso, et al., 2010).

En las comunidades rurales, las obras de aprovechamiento hídrico, además de considerar aspectos agropecuarios, también son utilizadas por sus habitantes para el consumo humano. Entre las obras, con usos múltiples, destacan los tanques de amortiguamiento y las ollas de agua; mismas que son analizadas a continuación (Fernández Reynoso, et al., 2010).

2.6.3 El agua para la agricultura de riego

La calidad del agua de riego es un factor muy importante a la hora de tomar decisiones sobre la elección del sistema de riego, determinación de los componentes de la instalación y del propio manejo del riego y del cultivo con objeto de evitar problemas de salinidad, infiltración del agua en el suelo, de toxicidad para las plantas u otros derivados de las obturaciones en sistemas de riego localizado (Anónimo 2, S/f.).

La agricultura es con diferencia el mayor consumidor de agua a nivel global. El 70% del consumo de agua del mundo es para el riego de cultivos. En varios países en vías de desarrollo, el agua destinada al riego de cultivos representa el 95% del agua consumida, y juega un papel clave dentro de la producción de alimentos y seguridad alimentaria. En la mayoría de estos países el desarrollo de estrategias futuras de agricultura pasa por el mantenimiento y mejora de la expansión de esta agricultura de regadío (Anónimo 2, s/f.).

A nivel mundial, el sector agrícola es el que más consume este recurso (69%). La agricultura de regadío representa hasta el 17% de las tierras agrícolas en el mundo y produce casi el 40% de la producción alimentaria mundial. Estos datos dejan claro que agricultura y agua siempre van de la mano. El regadío representa el 55% de la producción agraria total, reforzando la base de la balanza comercial agrícola. Por esta razón, es fundamental mejorar la gestión sostenible del agua (Traxco, 2013).

El volumen total usado para riego, en promedio, casi ha permanecido constante, el volumen de agua de gravedad ha disminuido, pero el consumo de agua subterránea ha aumentado significativamente agudizándose la sobre explotación de los acuíferos (Palacios Vélez, 2003).

2.7 Problemas De Calidad Del Agua

El agua utilizada para el riego puede variar mucho en calidad dependiendo del tipo y la cantidad de sales disueltas. Las sales están presentes en el agua de riego en cantidades relativamente pequeñas pero significativas. Se originan a partir de la disolución o el desgaste de las rocas y el suelo, incluida la disolución de cal, yeso y otros minerales del suelo que se disuelven lentamente. Estas sales se llevan con el agua a donde sea que se use. En el caso de la irrigación, las sales se aplican con el agua y permanecen en el suelo a medida que el agua se evapora o es utilizada por el cultivo (Prieto-Celi s/f).

2.8.1 Problemas Relacionados Con La Calidad Del Agua En La Agricultura Irrigada

SALINIDAD

Las sales en el suelo o el agua reducen la disponibilidad de agua para el cultivo hasta tal punto que el rendimiento se ve afectado (Prieto-Celi s/f).

TASA DE INFILTRACIÓN DE AGUA

El contenido relativamente alto de sodio o calcio en el suelo o el agua reduce la velocidad a la que el agua de riego ingresa al suelo hasta tal punto que no se puede infiltrar suficiente agua para suministrar el cultivo adecuadamente de un riego a otro (Prieto-Celi s/f).

TOXICIDAD IONICA ESPECÍFICA

Ciertos iones (sodio, cloruro o boro) del suelo o el agua se acumulan en un cultivo sensible a concentraciones lo suficientemente altas como para causar daños en el cultivo y reducir los rendimientos (Prieto-Celi s/f).

DIVERSO

Los nutrientes excesivos reducen el rendimiento o la calidad; los depósitos antiestéticos en la fruta o el follaje reducen la comerciabilidad; La corrosión excesiva de los equipos aumenta el mantenimiento y las reparaciones (Prieto-Celi s/f).

2.8 Problemática del agua en la Comarca Lagunera

La Comarca Lagunera debe su nombre a las antiguas lagunas que se encontraban en la región, de las cuales sobresalía la laguna de Mayrán y la de Viesca, irrigadas por los ríos Nazas y Aguanaval respectivamente (Secunza Schott & Vargas Flores , 2017).

En la actualidad se sabe que la de La Laguna es la cuenca lechera más importante de México, además de la actividad agropecuaria, existen el sector agroindustrial y el textil, que también han aumentado la demanda de agua en la zona urbana. A esto se añade que la región de la Comarca es una zona árida con clima muy seco y escasa precipitación (Secunza Schott & Vargas Flores , 2017).

En la Región Lagunera, existe competencia por el agua entre diferentes consumidores, la cual está determinada por la baja disponibilidad del recurso y la existencia de diferentes usuarios en la agricultura de riego y de gravedad: el sector residencial, la ganadería y la industria. La demanda de agua para uso urbano proviene del crecimiento de la zona metropolitana integrada por los municipios de Torreón en el estado de Coahuila, Gómez Palacio y Lerdo en el estado de Durango, donde se concentra un poco más del 70% de la población de la región (Gómez Guijarro & Soto Balderas , 2009).

2.8.1 Pozos de agua en Torreón

se sigue sumando a los esfuerzos de los tres niveles de gobierno para combatir el hidroarsenicismo en la Región Lagunera, específicamente en Coahuila, donde en la primera etapa en el 2011 se construyeron siete plantas potabilizadoras a pie de pozo para remover arsénico (As) en el agua destinada al uso y consumo humano más de 190 pozos para uso doméstico en la laguna (IMTA, 2014).

En Torreón, Coahuila el agua se extrae de los cuatro mil pozos profundos que existen en la Región Lagunera de Coahuila y Durango, el 90 por ciento se destina a la agricultura, por lo tanto, la sobreexplotación provoca que ahora se perfore a 300 metros para sacar 30 litros con arsénico (Barrientos, 2016).

Torreón se abastece de 60 pozos profundos; 18 en el norte, 18 en el centro y 24 en el sur de la ciudad. Su profundidad es variable; desde 125 hasta 450 metros. La oferta de

agua para la ciudad es de más de 2 200 litros por segundo, lo cual supera los 70 millones de m³ al año. Tal volumen satisface las necesidades de los usuarios domésticos, industriales, comerciales y de servicios, también incluye las pérdidas en el sistema de distribución. El SIMAS de Torreón tiene registradas más de 130 mil tomas, de las cuales 90.6 % son domésticas, 9.0 % comerciales, 0.3% industriales y 0.02% son para otros usos, como servicios comerciales (García-Salazar, et al., 2008).

El volumen almacenado de agua en las presas no solo depende de su capacidad de construcción, sino también de la precipitación ocurrida en sus cuencas de captación y de los escurrimientos en las distintas regiones del país: por ejemplo, en 2010 se pudo almacenar en las 51 presas principales 6 (y más grandes) del país un volumen de 102.1 kilómetros cúbicos, es decir, cerca del 91% de su capacidad total de almacenamiento; en un año seco, por ejemplo 1996, este volumen tan solo alcanzo cerca de 80 kilómetros cúbicos, es decir, 71% de la capacidad de dichas presas (CONAGUA, 2012).

Sin embargo, este recurso se puede aprovechar al estar disponible los 365 días del año. En el valle de la Comarca Lagunera, se utilizan cada año 170 millones de metros cúbicos (Mm³) de agua para abastecer a la población y se genera un caudal de aguas residuales del orden de 95 Mm³/año, equivalente a 3, 000 l/s, que corresponde al 56% del agua potable consumida (Cuellar, 2014).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

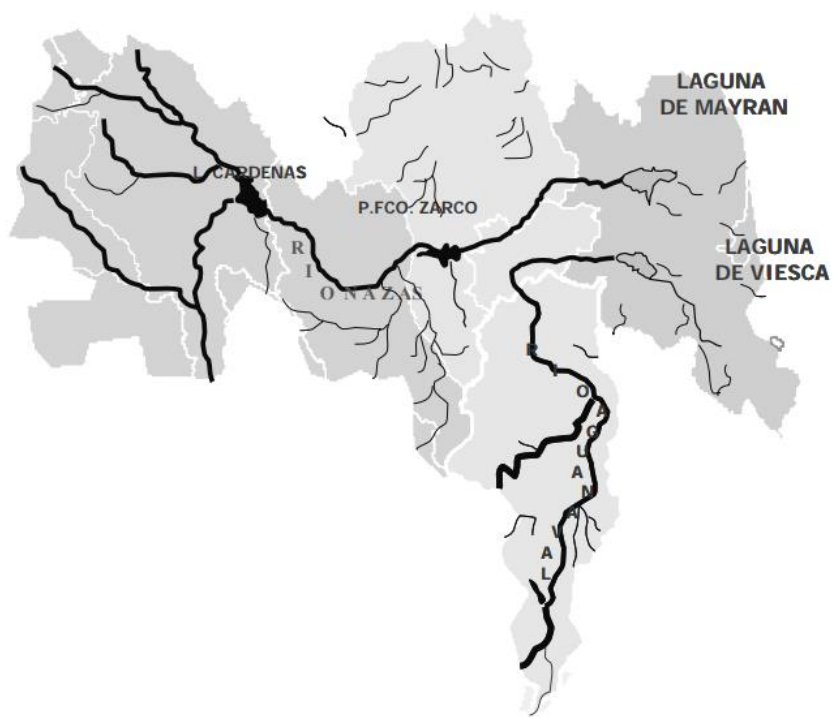
Trabajo de observación: “Análisis de la producción agrícola y gestión del agua en el Distrito de Riego 017 - Región Lagunera: una visión agroecológica”.

La Comarca Lagunera se localiza entre los paralelos (25° 05' y 26° 54' N) y los meridianos (101° 40' y 104° 45' O) teniendo una altura de 1,120 m sobre el nivel del mar. La comarca lagunera se asiente en la parte suroeste del estado de Coahuila y Noroeste del estado de Durango, colinda al norte con el estado de Chihuahua y al sur con el estado de Zacatecas.

Su clima es seco desértico, con lluvias en verano e invierno fresco. La humedad relativa en la región varía, 31 % en primavera, 47 % en verano, 58 % en otoño y 40 % en invierno. La precipitación pluvial media anual es de 258 mm y la evaporación media total es de 2,000 mm anuales, lo que hace que la relación precipitación – evaporación sea de 1:10; la temperatura media anual es de 21 °C con intervalos de 33.7 °C como máxima, y 7.5 °C como mínima. Las heladas se presentan de noviembre a marzo, aunque en algunas ocasiones se presentan en forma temprana en octubre y de forma tardía en el mes de abril.

3.1.1 Estudio de caso

Figura 5 hidrología geográfica del distrito de riego 017



Fuente: Elaborado con información del cuadro Base Regional (Cervantes & Franco, 2006).

En el Distrito de Riego 017 existe una red de canales de 2,465 Km, los cuales dominan una superficie de 93,408.88 ha, dividida en 20 módulos de riego de los cuales 17 pertenecen al río Nazas y al río Aguanaval; dentro de este distrito existen 35,130 usuarios ejidales ocupando una superficie de 81,491.34ha de riego, así como también 2,826 usuarios que corresponden a la pequeña propiedad ocupan una superficie de 11,917.54 ha de riego.

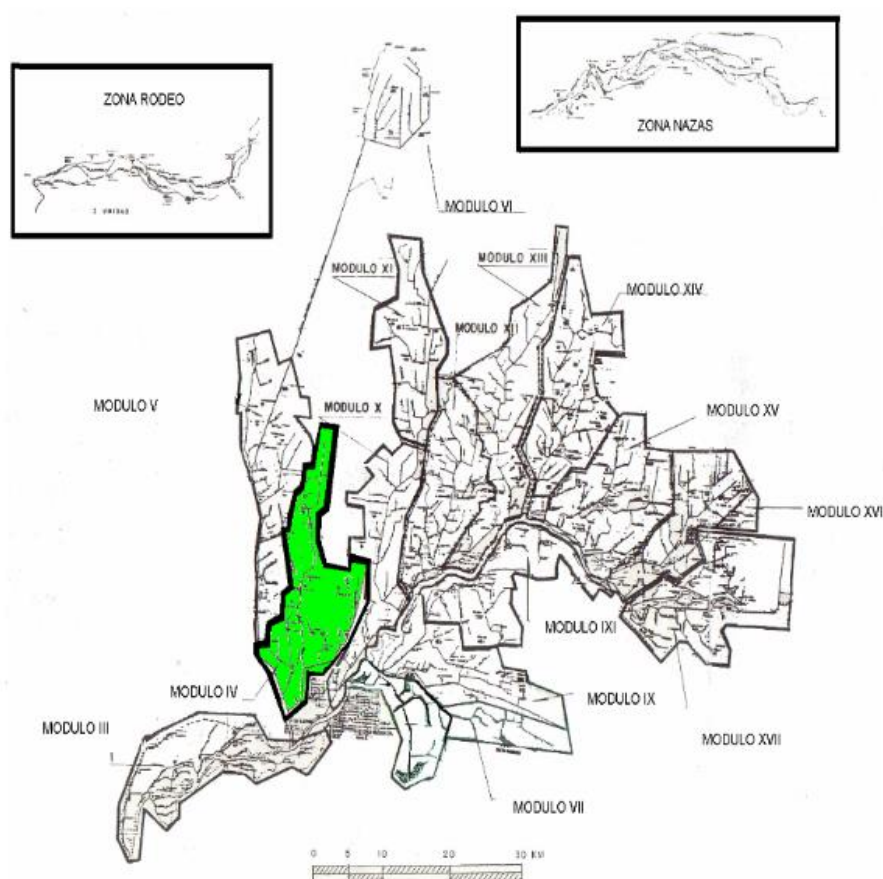


Figura 6. Mapa del DR 017, se muestran los polígonos de los módulos (García & Sánchez, 2016).

Base de Datos y Variables

Las variables que se analizaron fueron: superficie cosechada, producción física anual, valor bruto de la producción, costos por hectárea información obtenida de los Anuarios Estadísticos de la Producción Agropecuaria de la SAGARPA, Delegación Laguna, Ciudad Lerdo, Durango, México (El Siglo de Torreón 2003-2018). Así mismo, dado que no se contaron con todos los datos de costos del cultivo, se tomó como referencia lo encontrado en la literatura y se restó y/o sumo un 4% como inflación promedio como referencia. Para el cálculo de la lámina de riego (LR), se consideraron los volúmenes más usuales recomendados en la región, ya citados anteriormente para cada cultivo (Faz, 2003; INIFAP, 2007; Montemayor et al., 2010), se multiplicó por 10 000 (área en m² de una hectárea) y de esa manera se obtuvo el volumen total “V” de metros cúbicos (m³) de agua demandada por el cultivo $V = 10000 \text{ LR}$. A partir de esta información se generaron las siguientes variables para ambos cultivos (maíz y alfalfa).

Y₁ = cantidad de agua utilizada por kilogramo de forraje verde producido (m³ kg⁻¹), de acuerdo a la Ecuación:

$$Y_1 = \frac{v}{RF} = \frac{10000 \text{ LR}}{RF}$$

Y₂ = . kilogramos de biomasa producida por cada m³ de agua usado en el riego (kg m⁻³).

$$Y_2 = \frac{1}{Y_1} = \frac{RF}{v} = 0.000 \frac{RF}{\text{LR}}$$

Y₃ = cantidad en m³ de agua usada en el riego necesario para producir \$ 1.00 de ingreso bruto, de acuerdo a la Ecuación:

$$Y_3 = \frac{v}{RM} = \frac{10000 \text{ LR}}{RM} = \frac{10000 \text{ LR}}{RF(p_r)}$$

Y4 = ingreso generado por m3 de agua usado en el riego, de acuerdo a la Ecuación:

$$Y_4 = \frac{1}{Y_3} = \frac{RM}{v} = \frac{0.0001RM}{LR} = \frac{0.0001 RF(p_r)}{LR}$$

Y5 = utilidad bruta producida (\$) por cada m3 de agua de bombeo usada en el riego, de acuerdo a la Ecuación:

$$y_5 = \frac{U}{v} = \frac{I - C}{10000 LR} = \frac{0.0001(RF(Pr) - C)}{LR}$$

Y6 = cantidad de agua utilizada (m3) en el riego por bombeo para producir \$ 1.00 de utilidad bruta, de acuerdo a la Ecuación:

$$Y_6 = \frac{1}{Y_5} = \frac{V}{U} = \frac{10000 LR}{U}$$

Y7 = utilidad bruta de agua (\$) entre el precio del m3 de agua, de acuerdo a la Ecuación:

$$Y_7 = \frac{U / m^3}{\text{precio del agua} / m^3}$$

Significado de las siglas en las diferentes ecuaciones:

LR = lámina de riego (m);

V = volumen de agua utilizado (m³) = LR*10000;

RF = rendimiento de forraje por hectárea (Mg ha⁻¹);

I = RM= ingreso o rendimiento monetario por hectárea, se tomó en cuenta el porcentaje de siembra de cada cultivo y se asignó el precio de acuerdo a la proporción correspondiente a precios reales del año en cuestión.

C = costo por hectárea (Se consideró de datos publicados por INIFAP, 2010, datos reportados para 2010 reportados por Trujillo, 2015);

U = utilidad o ganancia bruta por hectárea = I – C;

Pr = precio real por Mg (en pesos para cada año como se indicó anteriormente);

S = superficie cosechada (ha).

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSION

El Distrito de riego 017 cuenta con un volumen total de agua disponible que en promedio alcanza 2,530 millones de m³, de los cuales 1,278 corresponden a fuentes de agua superficiales y 1,252 a fuentes subterráneas. Los volúmenes de agua superficial son aprovechados en la agricultura por medio de obras de almacenamiento entre las que destacan las presas "Lázaro Cárdenas" y "Francisco Zarco", con una capacidad total de almacenamiento de 3,343 y 438 millones de m³, ambas almacenan agua del río Nazas. La distribución aproximada por uso del volumen total es de 86.4 % para la agricultura, 2.8 % para la actividad pecuaria y el resto es utilizado en otras actividades. El agua subterránea que es utilizada en la agricultura asciende a un volumen total anual de 1,252 millones de m³ extraídos mediante la explotación de aproximadamente 2,502 pozos profundos en toda la región y que provocan un abatimiento anual promedio de 1.7 m (Montemayor & Walter, 2013).

La Laguna la principal cuenca lechera del país, los forrajes como la avena, el trigo, maíz y la alfalfa son los principales cultivos que se establecen en la zona y que tienen asegurada su comercialización (SADER, 2016).

De acuerdo con el informe de siembras y cosechas del año agrícola 2016 de la dependencia federal, en lo que va del año se han establecido 143,287 hectáreas, de las cuales 45 mil corresponden al riego por gravedad o del Sistema de Presas del río Nazas; 90 mil 850 a zonas irrigadas con agua de bombeo y los 7,437 restantes a siembras de temporal, mismas que se han visto beneficiadas con las recientes lluvias que se han dejado sentir en la Comarca Lagunera (SADER, 2016).

Por ejemplo, la Huella Hidrológica de la alfalfa en la región es de 276 m³ /ton de agua azul, con una producción de 118,772 ton/año en la zona. Esto totaliza 32.7 Hm³ de agua cada año. Esta cifra sobrepasa el nivel de recarga de la cuenca, por lo que hay escasez hídrica (Anónimo 1, s/f.).

Los cultivos de maíz forrajero y alfalfa, tuvieron áreas de producción muy diferentes, 244,980, 163,472 ha respectivamente, correspondiendo a rendimientos físicos de 10,813,525, 13,565,232 ton/ha-1, de alfalfa siendo más eficiente que el maíz forrajero. Se determinó que la superficie cosechada (ha), el cultivo la alfalfa fue más eficiente que el maíz forrajero, respecto al uso de los recursos financieros, lo cual es congruente a lo reportado por Montemayor et al. (2010, 2012). Por cada hectárea cosechada de maíz forrajero y alfalfa se produjeron ingresos brutos de \$5,522.21 \$5,034.92 respectivamente teniendo en cuenta que se obtuvo más ganancia con el maíz forrajero, Considerando el total del volumen anual de agua en el caso del Maíz forrajero fue de 1690.122 y 5557.006 alfalfa De lo siguiente se desprende que sembrar maíz forrajero es más eficiente que sembrar alfalfa porque en la zona 017 en la cual estamos realizando el estudio se destaca por la escases de agua, con base en lo anterior, al inicio se descartó el meto de gravedad que de acuerdo a los factores climáticos más óptimales y temporal ya que se comprobó que el método más eficiente es por bombeo ya que según los datos tomados del resumen económico anual del siglo de torreón del periodo (2003 al 2018) por riego por bombeo, el promedio anual de la superficie cosechada es de 15,311 ha de maíz forrajero y 10,217 ha de alfalfa lo cual nos da un gasto de el volumen de agua usado 105.63 millones de m³ y 347.31 respectivamente, con un ingreso por ha de \$345.14 y \$314.68 de alfalfa y la ganancia obtenida fue de \$ 503,161,030.00 pesos y \$980,745,355.00.

Los cultivos forrajeros de maíz, alfalfa, sorgo y avena en La Región Lagunera fueron el maíz y la alfalfa como se puede observar en las siguientes figuras:

4.1. Gasto de agua (millones de $m^3 ha^{-1}$).

Para los cálculos de la lámina de riego, se consideraron los volúmenes más usuales recomendados en la región y/o reportados en artículos científicos.

4.1.2. Maíz Forrajero.

Como se puede observar en la figura 7, el incremento de superficie se llegó hasta un 570%, tomando como base 2003, lo que obviamente se reflejará en un gasto de agua considerable tanto de gravedad como de extracción subterránea.

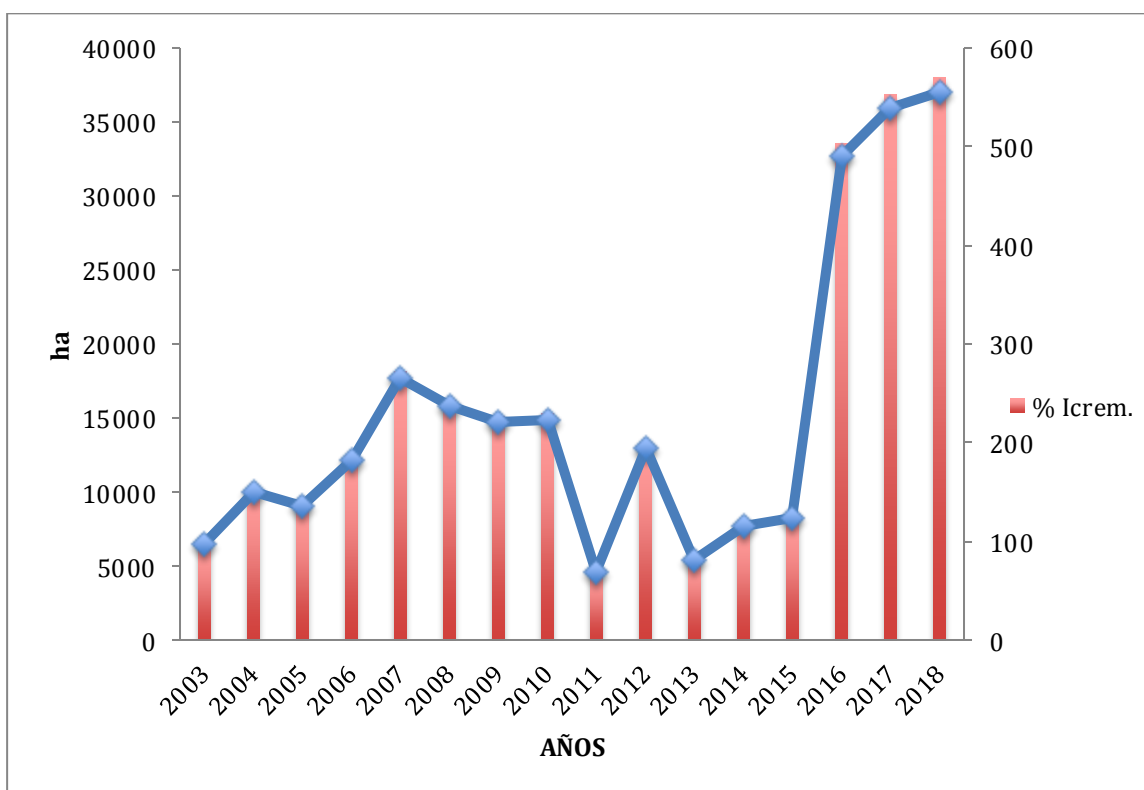


Figura 7. Superficie sembrada e incremento de la misma del cultivo del maíz forrajero bajo riego por gravedad, tomando como superficie base el 2003.

Como se puede observar en la Figura 8, los gastos son muy similares por ambos sistemas (gravedad y bombeo) del 2003-2010, siendo mayor el bombeo del 2011 al 2015 y en los tres últimos años, el gasto por gravedad se ha incrementado significativamente con respecto al bombeo. Claro está, que se deberá de considerar como se ha incrementado con los años la superficie sembrada, sin embargo; los rendimientos a través del tiempo permanecen similares, como se verá más adelante.

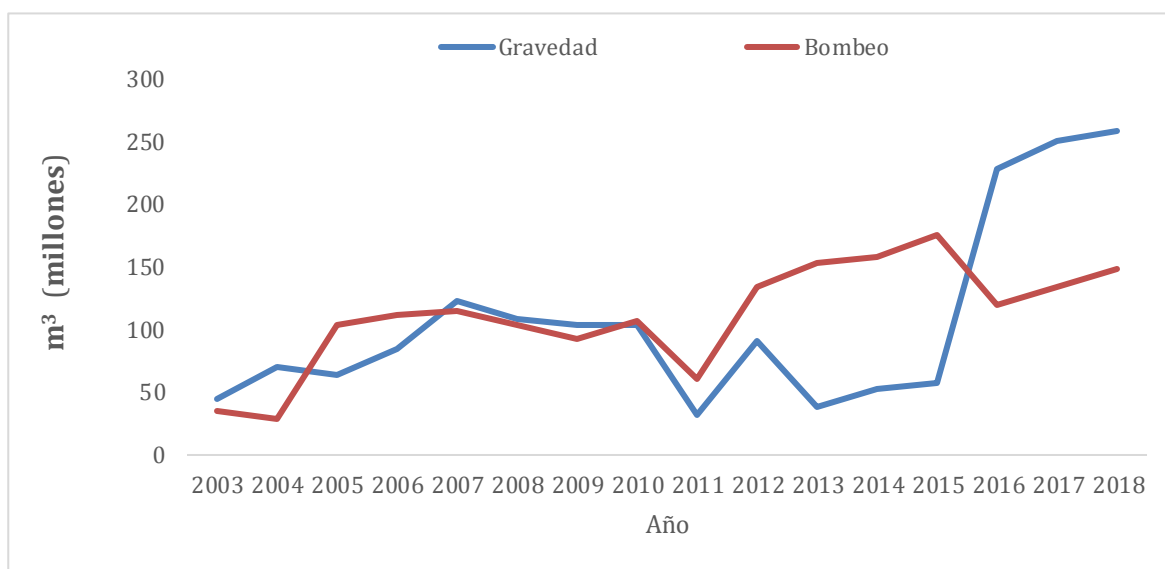


Figura 8. Gasto del agua para la producción de maíz forrajero por gravedad y bombeo en el DR 17.

Como se puede observar en la figura 8, los rendimientos del cultivo de maíz forrajero (Ton ha^{-1}) son similares, sin embargo, cabe destacar que los años que mejores rendimientos se obtuvieron, corresponden a superficies menores que las empleadas en 2003 (figura 7), tal es el caso de los años 2011 y 2013.

De acuerdo con Zan *et al.* (2019), desde una perspectiva de la sustentabilidad y el cambio climático, se deben de tomar en cuenta los nuevos ensayos multiambientales para cultivos, que permitirá una mejor decisión del aprovechamiento del ambiente y las condiciones fisiográficas que permitan mejores rendimientos de maíces tanto nativos como mejorados.

Productividad física (biomasa).

La cantidad de m³ de agua utilizada en el riego para la producción de un Kg de biomasa, indican, que se requieren entre 0.165-0.172 m³ de agua tanto de gravedad como por bombeo para producir un Kg de maíz forrajero, los mayores gastos, 0.183 y 0.179 m³ correspondieron a los años 2008 y 2015. En los años de mayor rendimiento del cultivo (Figura 10), el gasto de agua fue de 0.149 y 0.144 m³ para los años 2011 y 2013 respectivamente para ambos sistemas de riego.

Estos resultados son inferiores a los reportados por Pedroza et al. (2014), los cuales reportan 0.175 y que representó una reducción 18.5 % menos agua que para alfalfa y que coincide con lo reportado por Godoy et al., 2003; Montemayor et al., 2010, 2012.

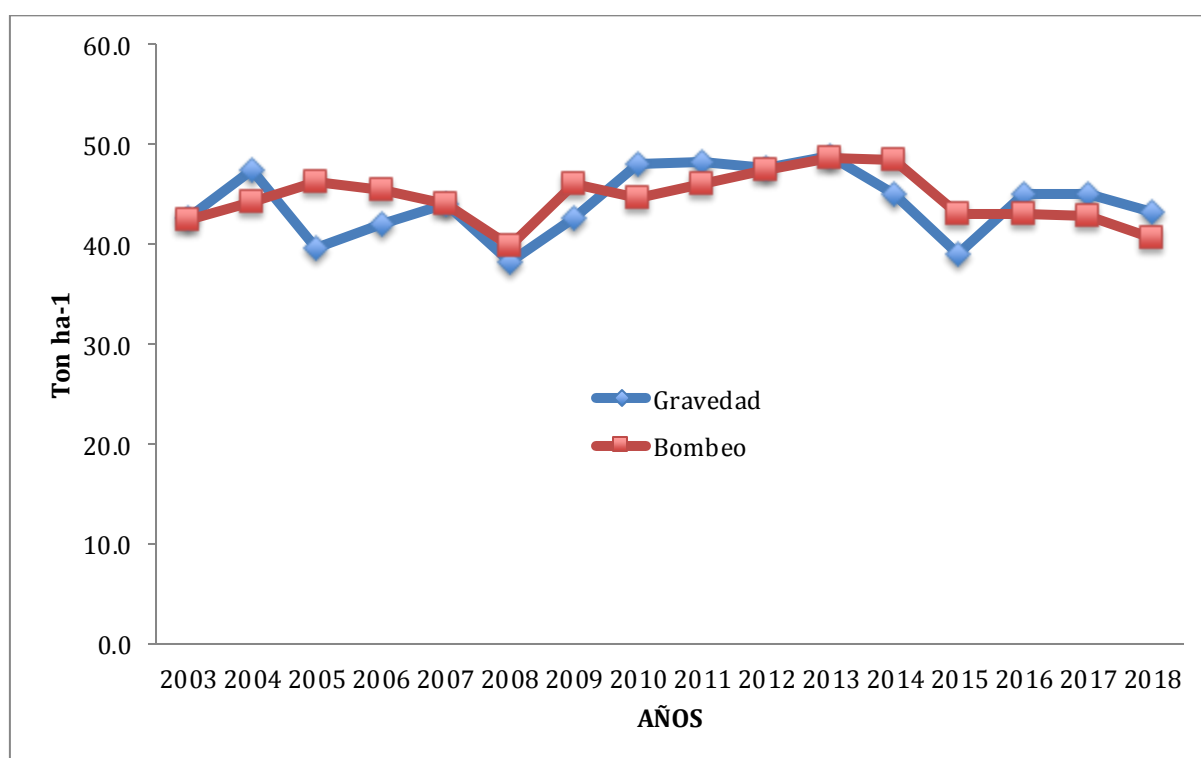


Figura 9. Rendimiento del maíz forrajero en gravedad y bombeo en el DR17 en el periodo 2003-2018.

Eficiencia económica.

El ingreso bruto producido por m³ de agua irrigada resultó ser de \$ 0.8 pesos por m³ en 2003 y disminuye a 0.2 para 2018 y ello se podría explicar por el incremento desmedido de superficie sembrada (Figura 10). Resultados superiores a lo reportado por Pedroza et al. (2014), los cuales es de \$0.40 por m³.

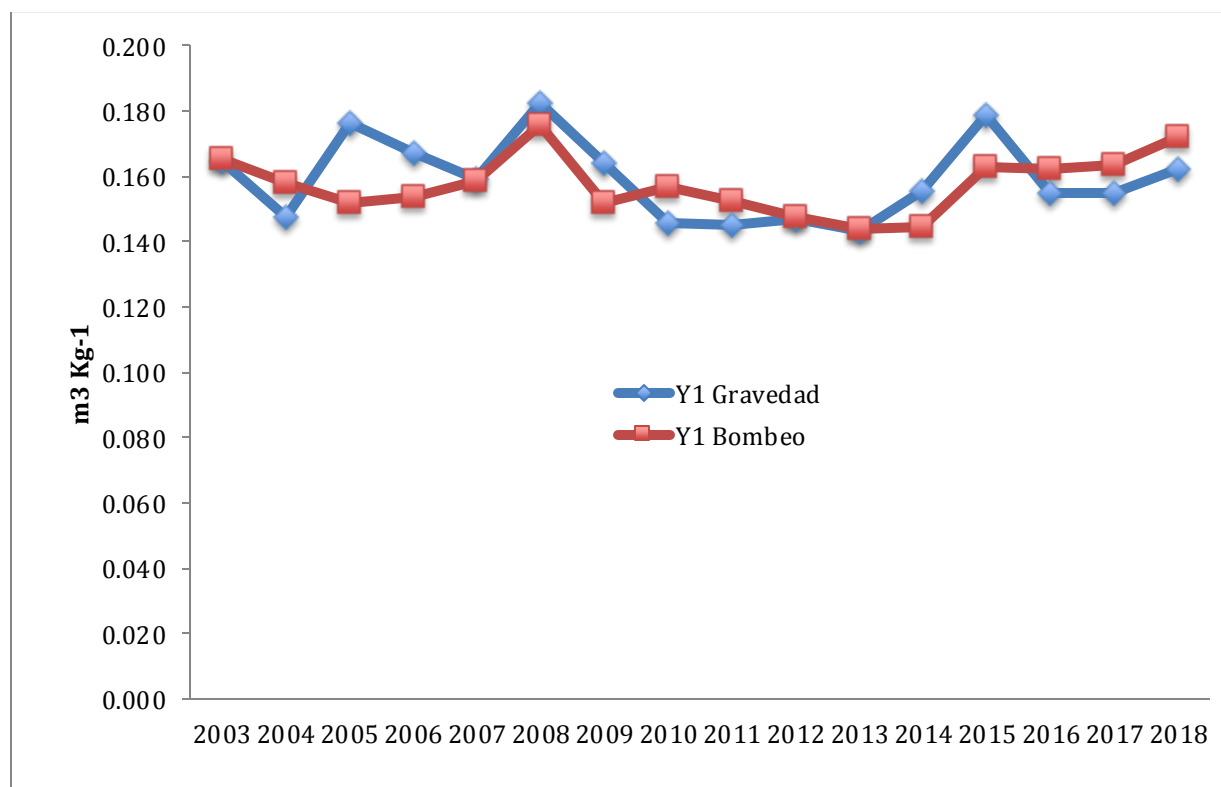


Figura 10. Requerimientos de gasto de agua por gravedad y bombeo para la producción de 1 Kg de biomasa de maíz forrajero en el DR 17 en el periodo 2003-2018.

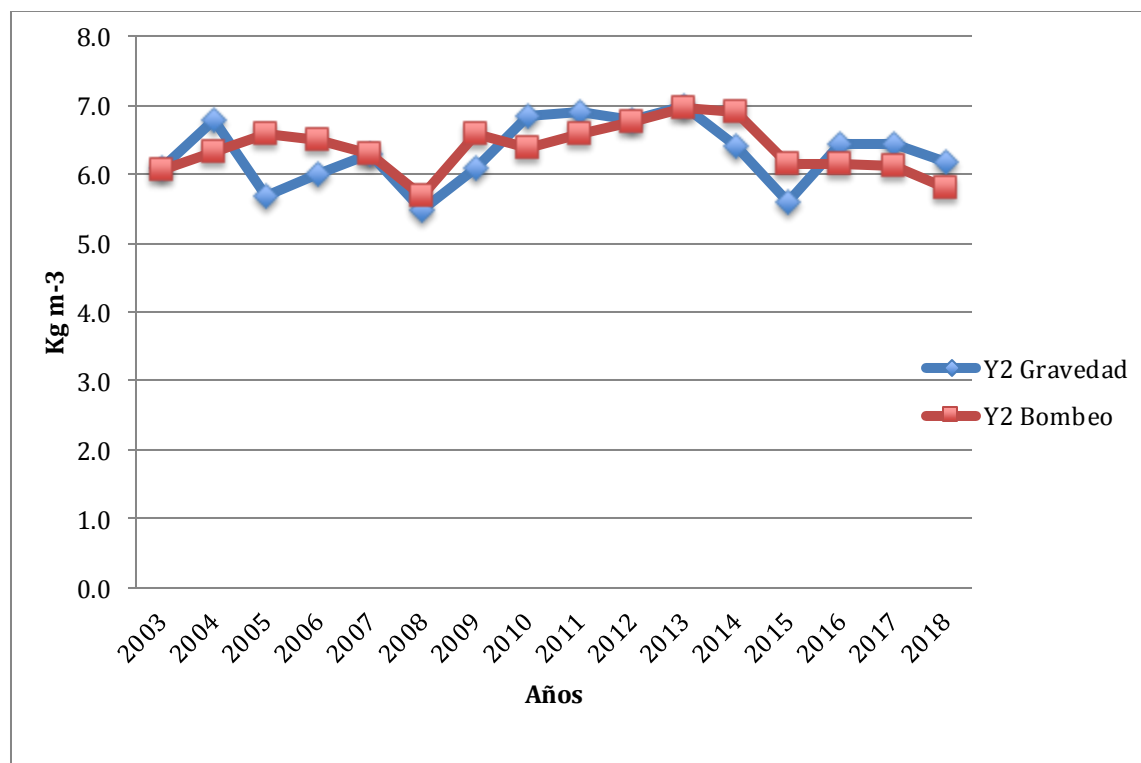


Figura 11. kilogramos de biomasa producida por cada m³ de agua usado en el riego (kg m⁻³).

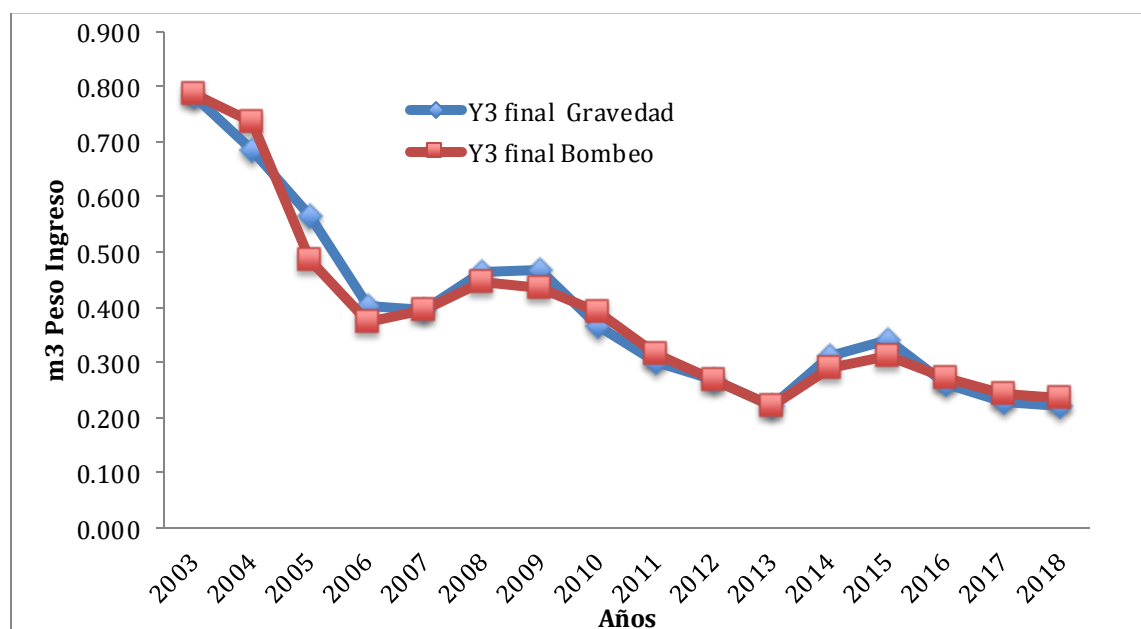


Figura 12. Cantidad en m³ de agua usada en el riego necesario para producir \$ 1.00 de ingreso bruto.

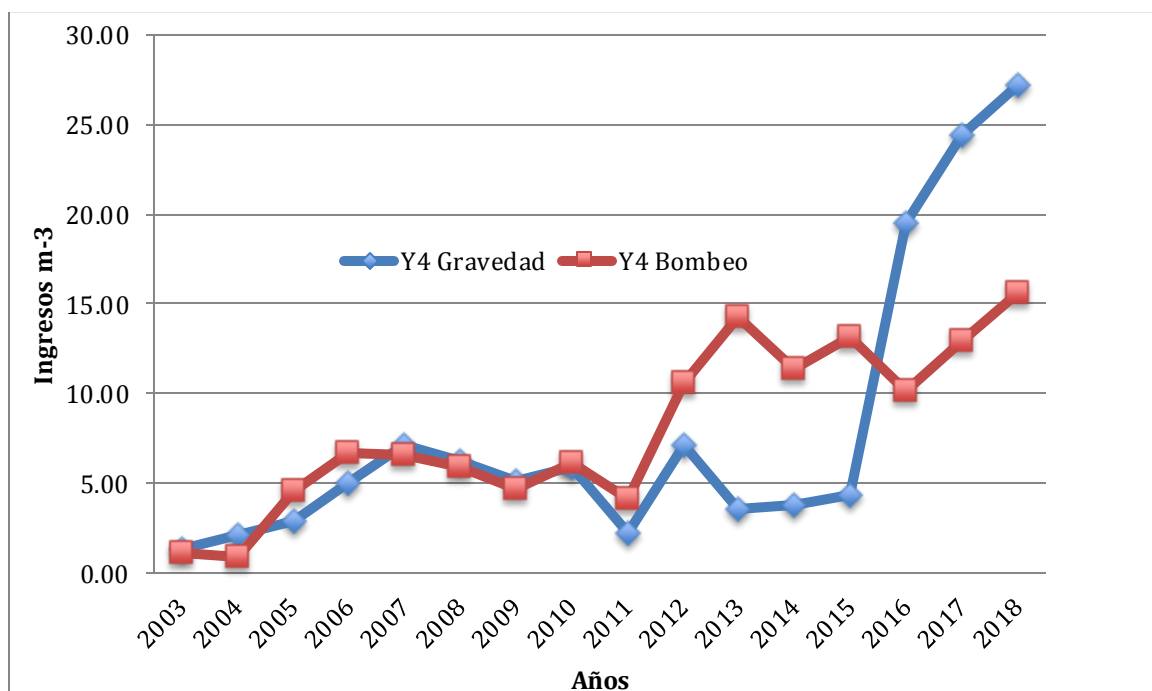


Figura 13. Ingreso generado por m3 de agua usado en el riego.

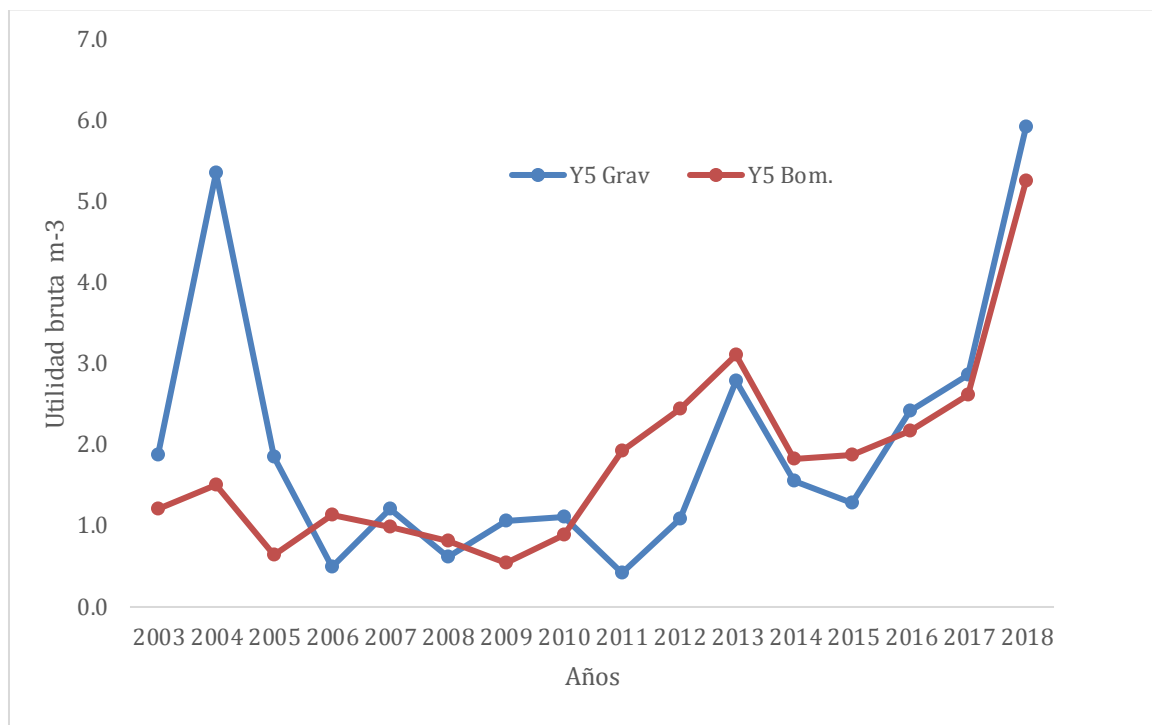


Figura 14. Utilidad bruta producida (\$) por cada m3 de agua de bombeo usada en el riego.

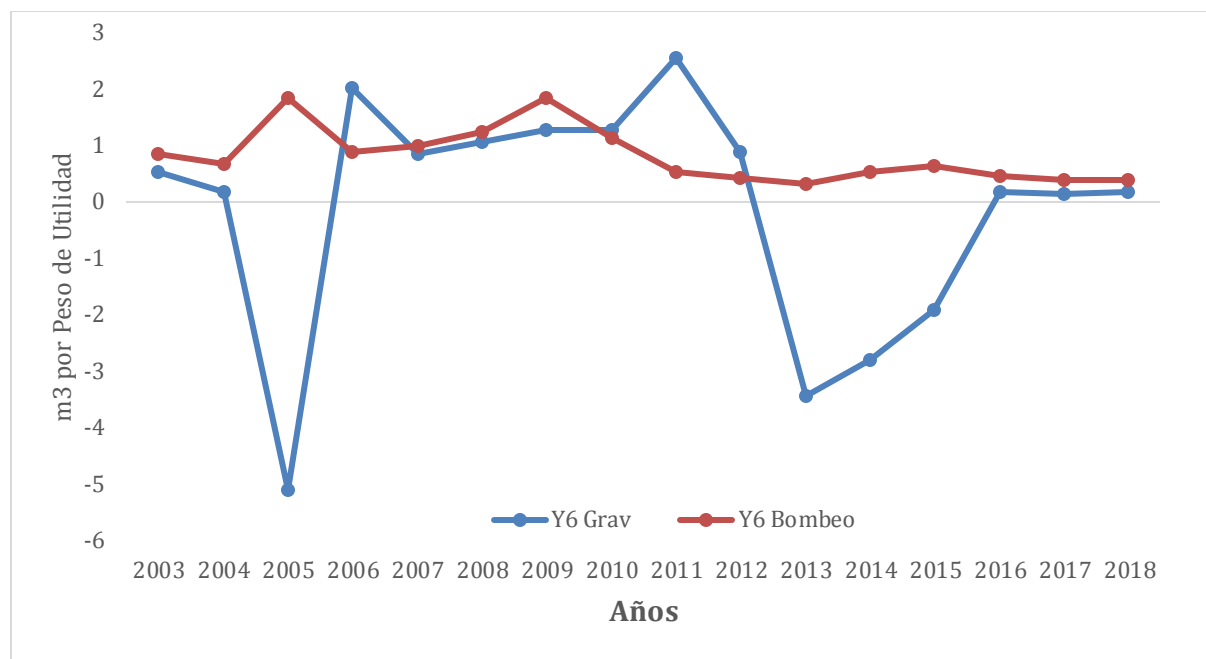


Figura 15. Cantidad de agua utilizada (m³) en el riego por bombeo para producir \$ 1.00 de utilidad bruta.

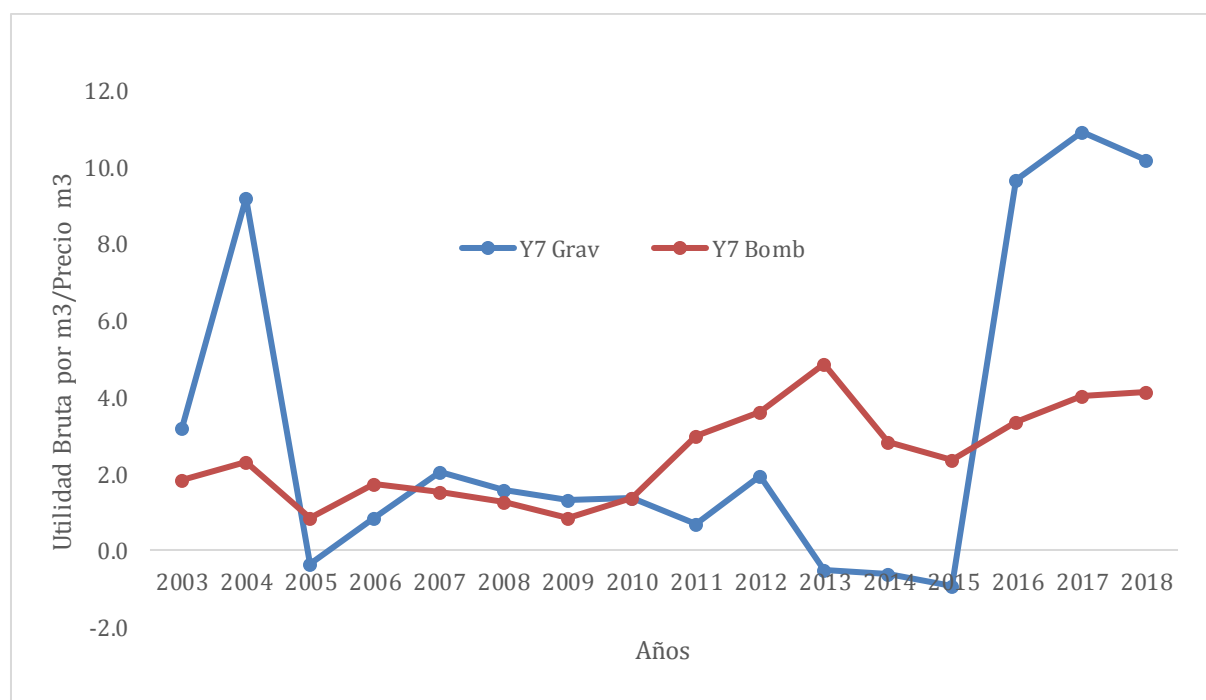


Figura 16. Utilidad bruta de agua (\$) entre el precio del m³ de agua.

Alfalfa.

Como se puede observar en la figura 16, el incremento de superficie se llegó hasta un 520 %, tomando como base 2003, lo que obviamente se reflejará en un gasto de agua considerable tanto de gravedad como de extracción subterránea.

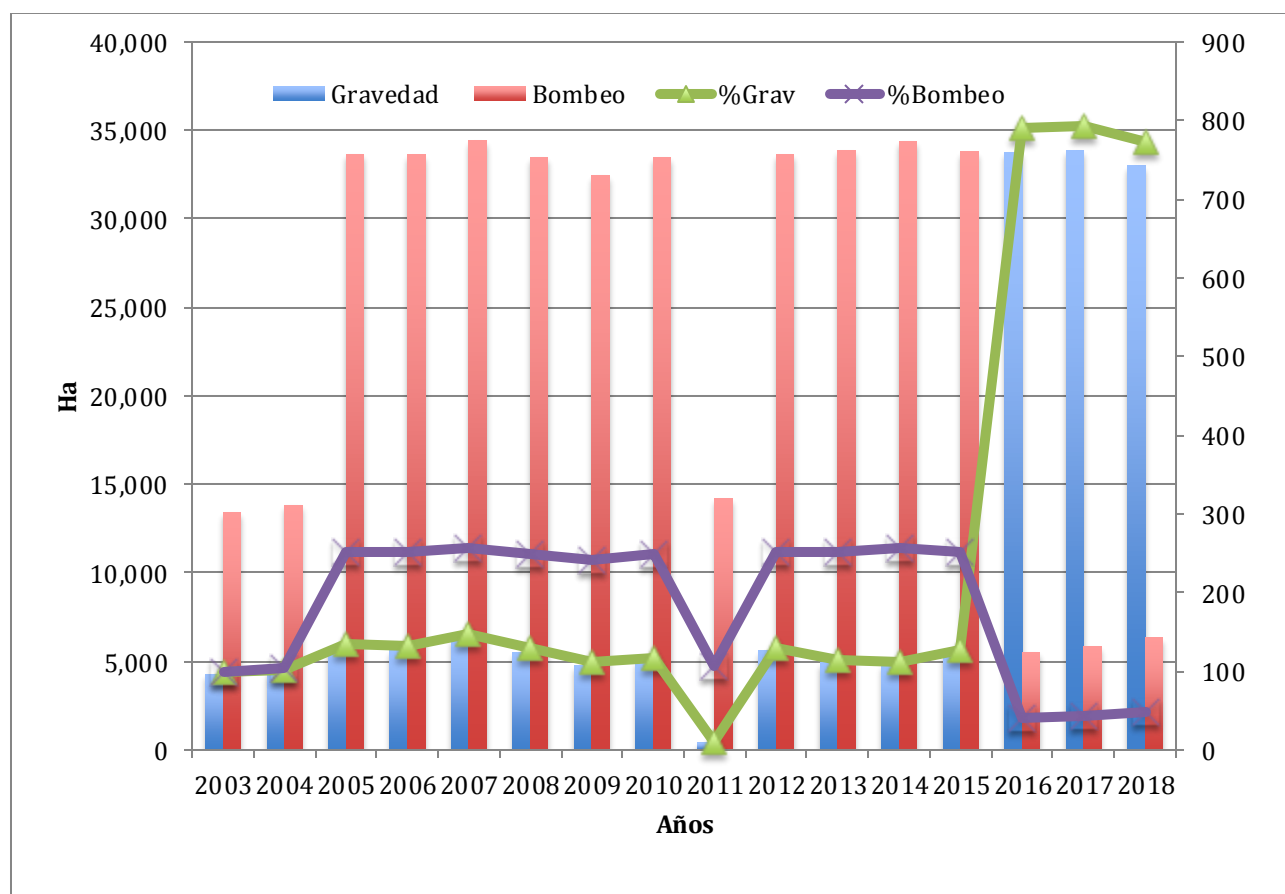


Figura 17. Superficie sembrada e incremento de la misma del cultivo de la alfalfa en riego por gravedad, tomando como superficie base el año 2003.

Como se puede observar en la Figura 16, los gastos son muy diferentes por ambos sistemas (gravedad y bombeo) del 2003-2018, siendo mayor el bombeo del 2005 al 2010 y del 2012 al 2015 y en los últimos tres años desciende, donde el gasto por gravedad se ha incrementado significativamente con respecto al bombeo en los últimos tres años. Claro está, que se deberá de considerar como se ha incrementado con los años la superficie sembrada, sin embargo; los rendimientos a través del tiempo permanecen similares, como se verá más adelante.

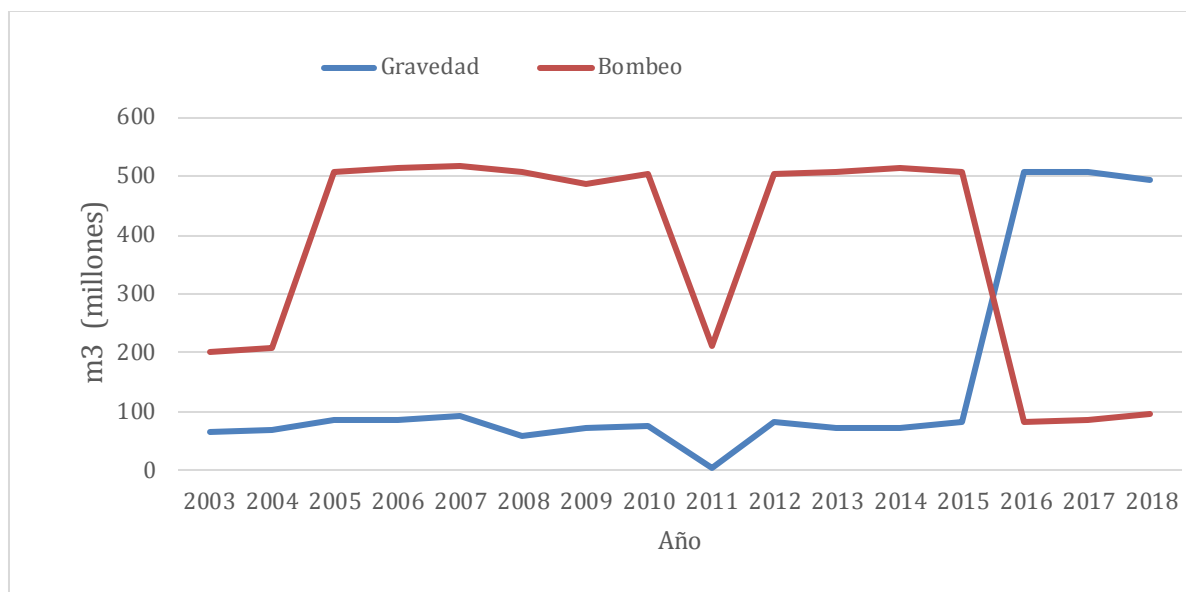


Figura 18. Gasto del agua para la producción de Alfalfa por gravedad y bombeo en el DR 17.

Como se puede observar en la figura 17, los rendimientos del cultivo de alfalfa (Ton ha⁻¹) son similares, sin embargo, cabe destacar que los años que mejores rendimientos se obtuvieron, corresponden a superficies menores que las empleadas en 2003 (figura 8), tal es el caso de los años 2011 y 2016.

Productividad física (biomasa).

La cantidad de m³ de agua utilizada en el riego para la producción de un Kg de biomasa, para la alfalfa (Figura 19), se produjo 4.66 kg de biomasa por m³ de agua, inferior a los 5.72 kg m⁻³ de agua en maíz forrajero, lo que significa un 27.03% de incremento del maíz sobre la alfalfa. Lo anterior indica que, en términos de biomasa por m³ de agua, es más productivo el maíz forrajero que la alfalfa según (Tucuch-Cauch et al., 2011). Adicionalmente, de acuerdo a Reta Sánchez et al. (2010).

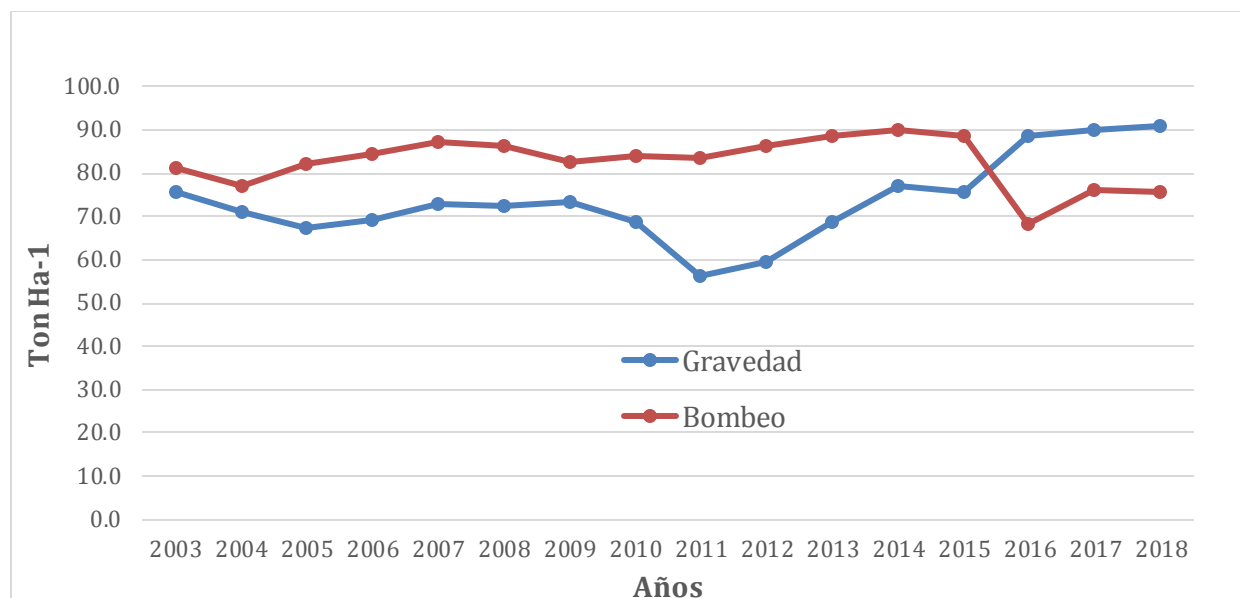


Figura 19. Rendimiento de Alfalfa en gravedad y bombeo en el DR17 en el periodo 2003-2018.

Eficiencia económica.

El ingreso bruto producido por m³ de agua irrigada en alfalfa resultó ser de 0.86, lo cual sugiere que el productor agrícola recobró del cultivo de la alfalfa, el peso erogado por permitírsele usar el agua subterránea y \$0.59 adicionales de ganancia bruta.

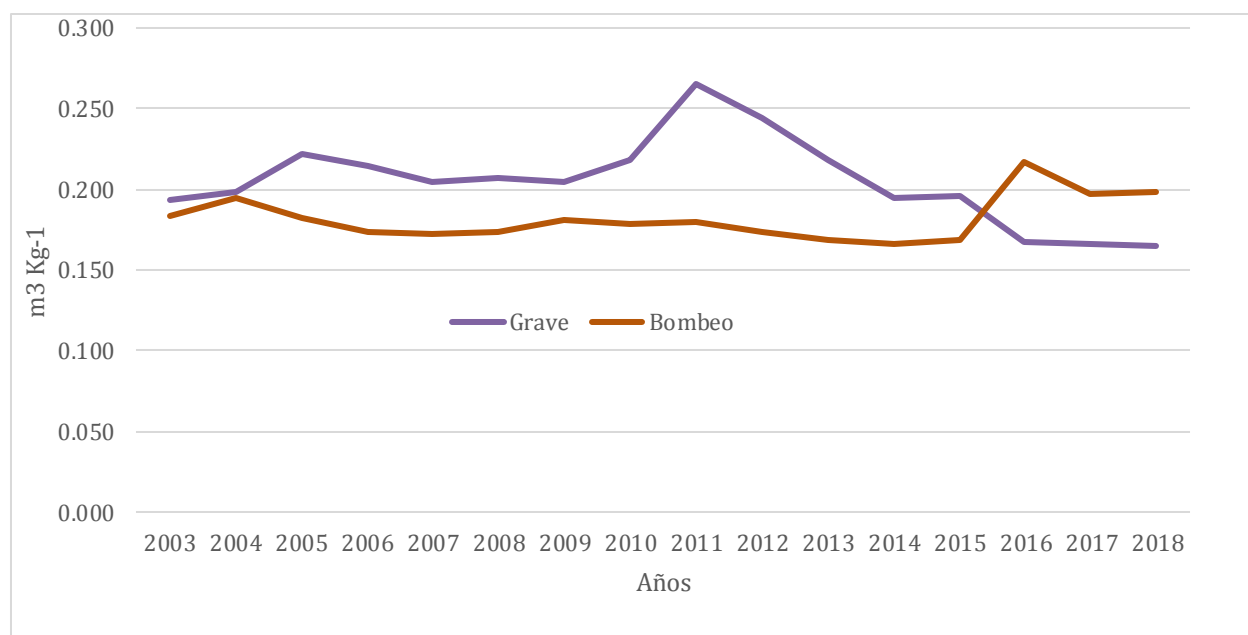


Figura 20. Requerimientos de gasto de agua por gravedad y bombeo para la producción de 1 Kg de biomasa de Alfalfa en el DR 17 en el periodo 2003-2018.

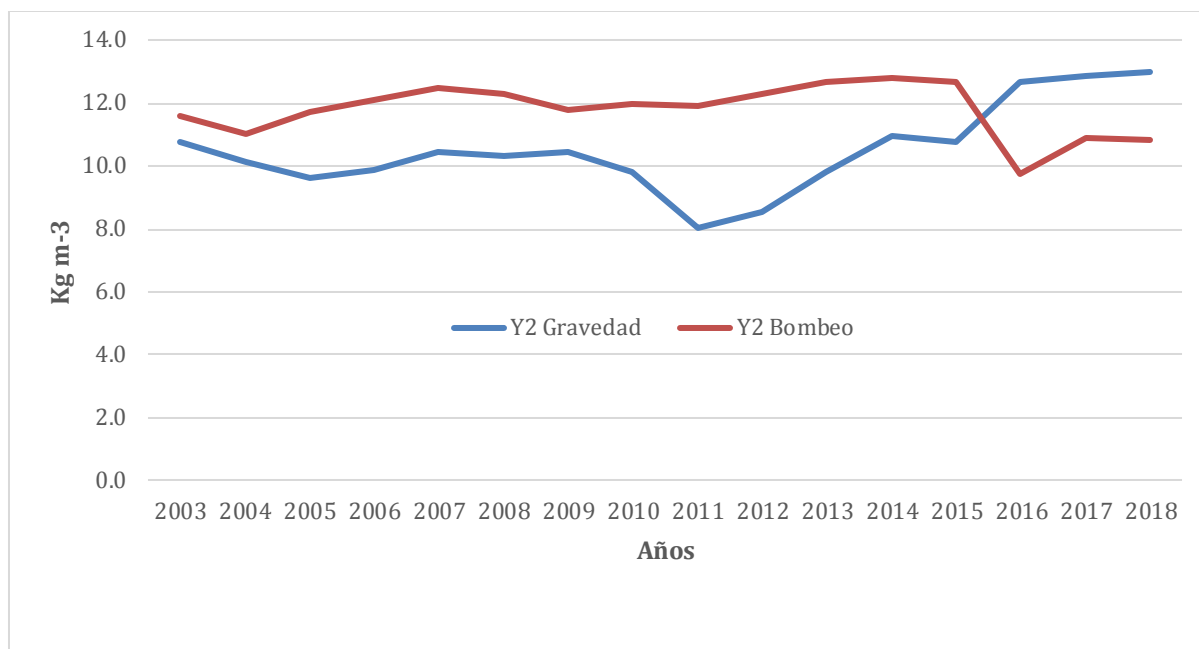


Figura 21. kilogramos de biomasa producida por cada m³ de agua usado en el riego (kg m⁻³).

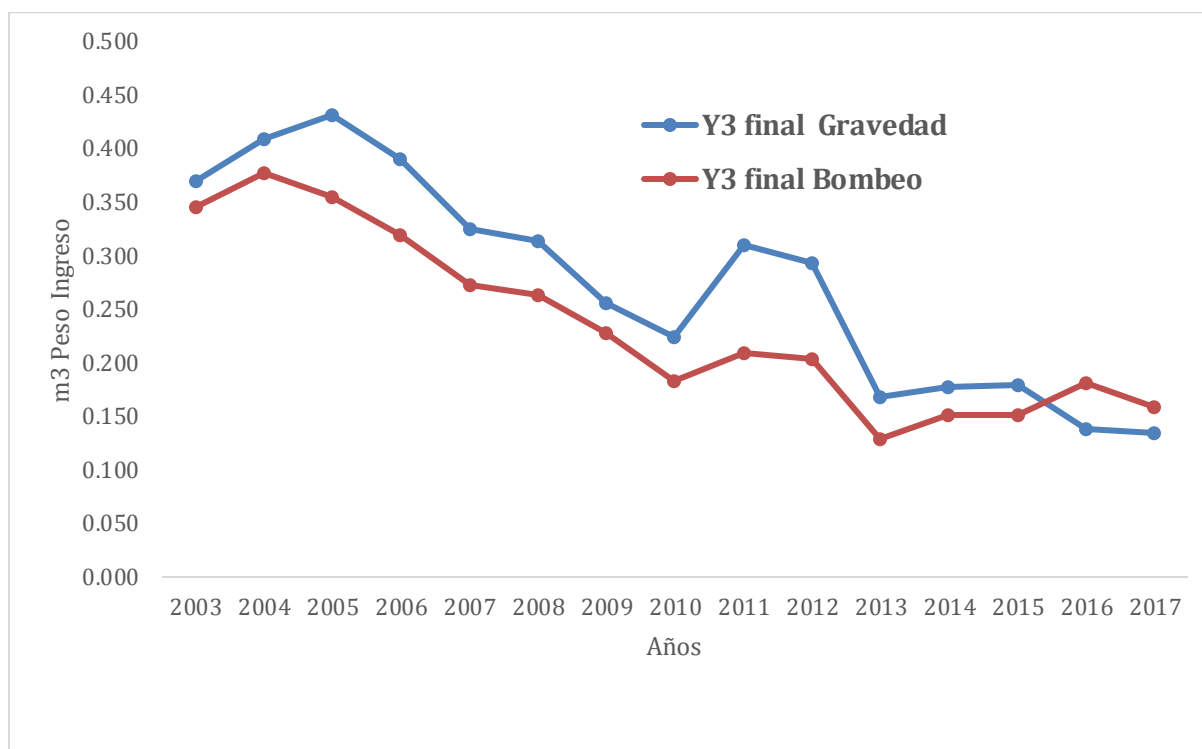


Figura 22. Cantidad en m³ de agua usada en el riego necesario para producir \$ 1.00 de ingreso bruto.

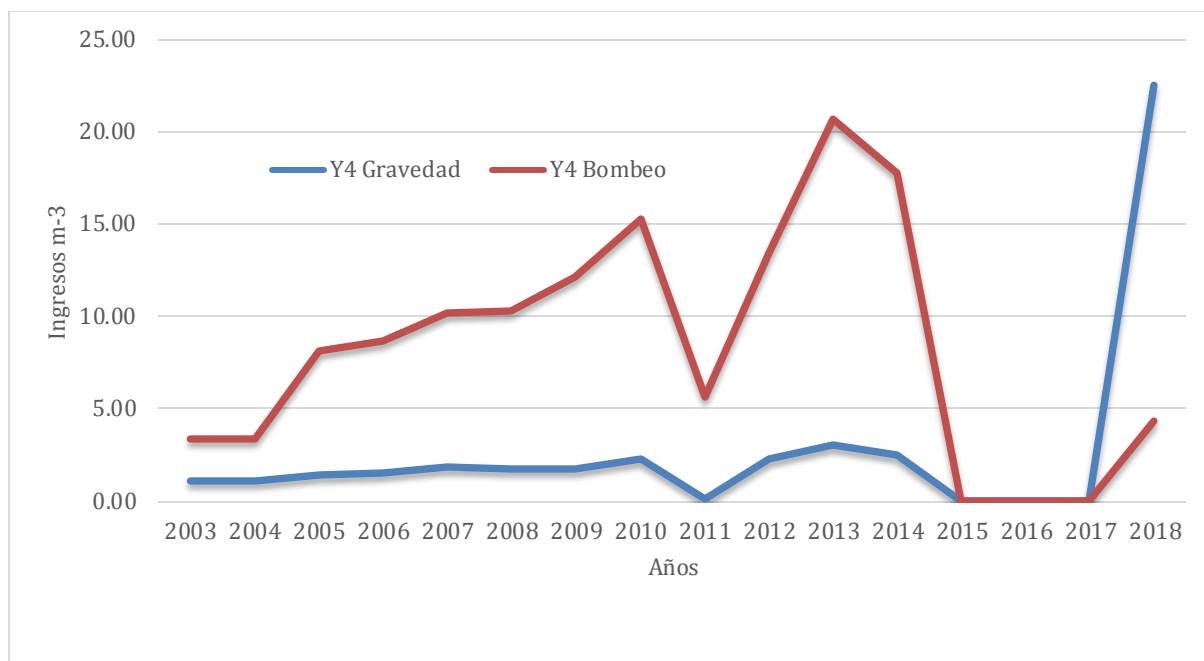


Figura 23. Ingreso generado por m3 de agua usado en el riego.

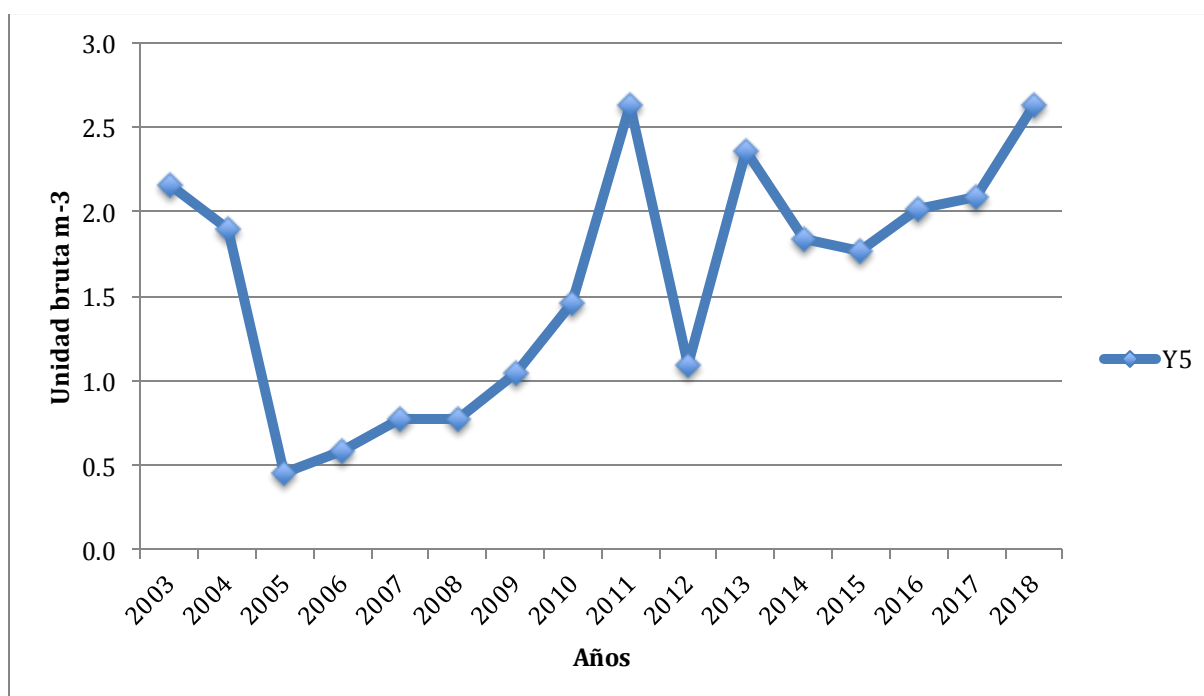


Figura 24. Utilidad bruta producida (\$) por cada m3 de agua de bombeo usada en el riego.

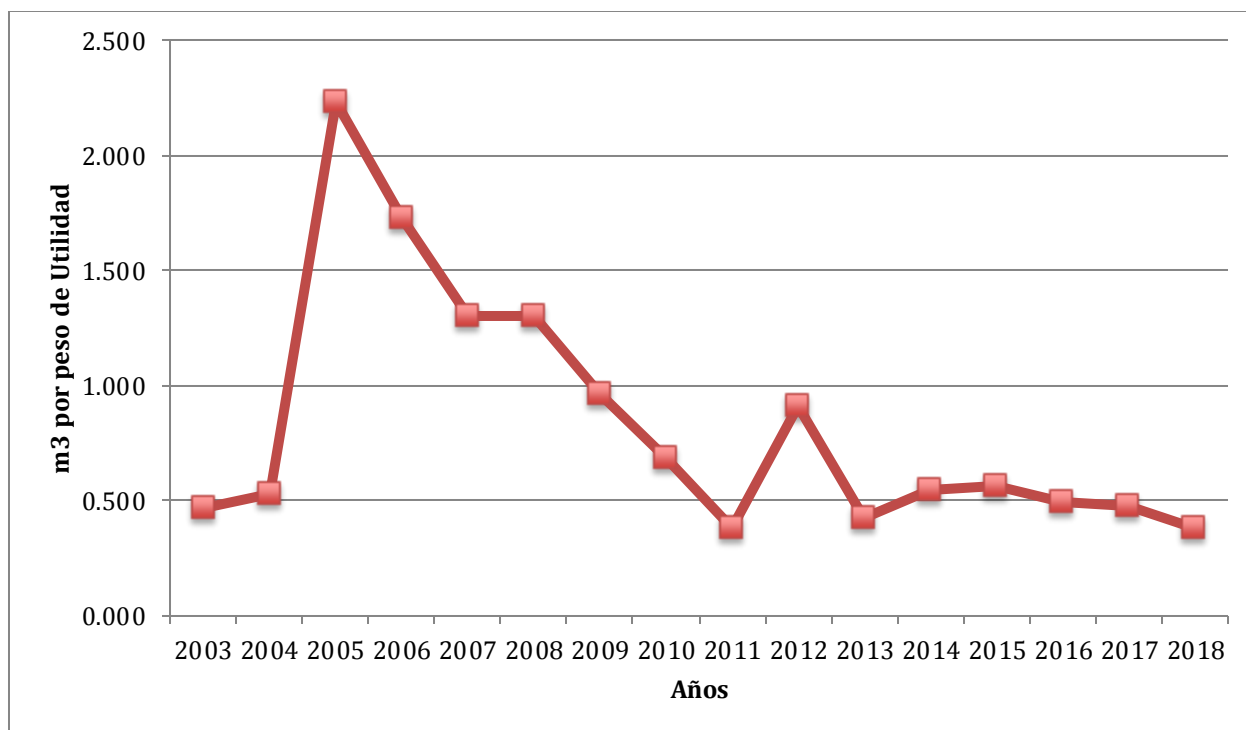


Figura 25. Cantidad de agua utilizada (m³) en el riego por bombeo para producir \$ 1.00 de utilidad bruta.

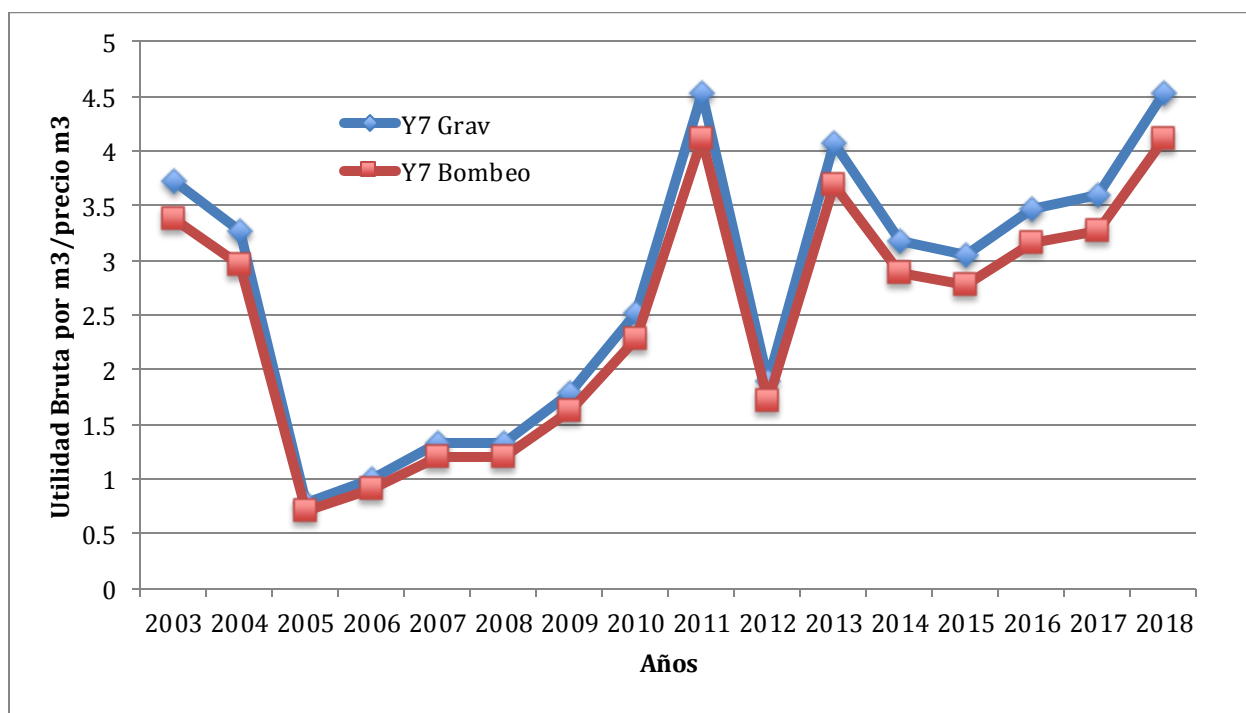


Figura 26. Utilidad bruta de agua (\$) entre el precio del m³ de agua.

Conclusiones

La Huella Hidrológica en la perspectiva Agroecológica

Maíz Forrajero

Como se puede observar en la figura 7, el incremento de superficie el gasto por gravedad se ha incrementado significativamente con respecto al bombeo.

El ingreso bruto producido por m³ de agua irrigada resultó ser de \$ 0.8 pesos por m³ en 2003 y disminuye a 0.2 para 2018.

El ingreso bruto producido por m³ de agua irrigada en alfalfa resultó ser de 0.86, lo cual sugiere que el productor agrícola recobró del cultivo de la alfalfa, el peso erogado por permitírsele usar el agua subterránea y \$0.59 adicionales de ganancia bruta.

Como se puede observar en a Figura 16 Se ha incrementado de manera desmedida la superficie dedicada a los dos cultivos forrajeros de estudio (más de 500 %) respecto a 2003.

Los rendimientos se han mantenido uniformes en el tiempo de cultivo para ambos cultivos (40 Ton para maíz y 80 para alfalfa).

Los rendimientos de biomasa son de 1 Kg por 200 L para Maíz y de 120 L para el caso de Alfalfa.

Es necesario una mayor participación de la sociedad, en que se informe y participe en la aprobación de superficies cultivada para lograr un equilibrio en el uso del recurso agua.

REFERENCIAS.

- Wezel, A. y Soldat V. (2009). A quantitative and qualitative historical analysis of the scientific discipline of agroecology. *International journal of agricultural sustainability*, 3.
- Anónimo 1. s/f. Manejo del agua-huella del agua. Fecha de consulta. 23 de marzo del 2019. Disponible en: <http://www.arquitecturaenacero.org/sustentable/manejo-del-agua-huella-del-agua>.
- Anónimo 2. s/f. Calidad del agua para la agricultura. Fecha de consulta. 15 de mayo del 2019. Disponible en: <http://www.agroes.es/agricultura/agua-riegos-regadios/321-calidad-agua-riego-agricultura>.
- Anónimo 3. (S/F). Tipos de riego y sus ventajas: ¿cuál es el adecuado?. Fecha de consulta mayo 3 del 2019. Disponible en: <http://sistemaagricola.com.mx/blog/tipos-de-riego-en-la-agricultura-y-ventajas/>
- Anónimo 4. (s/f.) Agua de riego. Fecha de consulta 15 mayo del 2019. Disponible en: <https://www.lenntech.es/aplicaciones/riego/agua-de-riego.htm>
- Astier, C., Argueta, Q., Orozco-Ramírez, Q., González, S., Morales, H., & Gerritsen, P. (2015). Historia de la agroecología en México. *Agroecologia*, 10, 9-17.
- Astorga, Y. (2008). Decimocuarto informe estado de la nación en desarrollo humano sostenible. *Def. Hab.*,60.
- Barragán, A. (2017). Soluciones a la crisis del agua en México El crecimiento de la Ciudad de México supone un reto para el acceso a los recursos hídricos, su sobreexplotación, abastecimiento y tratamiento. Fecha de consulta, 13 Julio del 2019. Disponible en: https://elpais.com/internacional/2017/03/22/mexico/1490160554_540577.html.
- Barrientos, C. (2016). La agricultura utiliza el 90% de los pozos acuíferos en la Región Laguna. *El siglo de Torreon*, 1.Fecha de consulta 3 de agosto del 2019. Disponible en: <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/228546.la-agricultura-utiliza-el-90-de-los-pozos-acuiferos-en-la-region-laguna.html>.
- Caama-Cauichi, I., Pat-Fernández, V.G. y Martínez-Luis, D. 2016. Análisis de la producción del cultivo de sorgo en México y estado de Oaxaca, In: Rérez, F., Figueroa, E., Godínez, L. (Eds.) Producción, comercialización y medio ambiente. Handbook. ECORFAN, Texcoco de Mora-México, 119-130.

- Carabias , J., Landa, R., Collado, J., & Martínez, P. (2005). Agua, medio ambiente y sociedad. *Cultura Científica*, 1-211.
- Carbajal-Azcona, Á. y González Fernández, M. 2012. Propiedades y funciones biológica del agua, In: Toxqui, L., Vaquero, M.P. (Eds.) Agua para la salud. Pasado, presente y futuro. Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Madrid, España, 33-45.
- Carmenza González, M., Saldarriaga, G. D., & Jaramillo, O. (2010). Estimación de la demanda de agua conceptualización y dimensionamiento de la demanda hídrica sectorial.
- CEDRSSA (2015). La agricultura y la gestión sustentable del agua en México. México, Cámara de Diputados. LXII Legislatura. 19 pp.
- Cervantes R., M.C. y Franco González, A.M., 2006. Diagnóstico ambiental de La Comarca Lagunera. Fecha de Consulta 24 de Junio del 2019. Disponible en: <http://observatoriogeograficoamericalatina.org.mx/egal11/Procesosambientales/Impactoambiental/22.pdf>. cermgeo@servidor.unam.mx, angefrak@yahoo.co.uk.
- COLPOS (2011). Líneas prioritarias de investigación 2. Agroecosistemas sustentables. Plan estratégico. Fecha de consulta: 12 de Febrero del 2019. Disponible en: http://www.colpos.mx/wb_pdf/Investigacion/LPI/lpi-2/LPI-2-PE-2009-2011.pdf.
- CONAGUA. (2012). Agua Potable, Drenaje y Saneamiento 2011-2017 Coahuila de Zaragoza. Fecha de consulta. 19 de Mayo del 2019. Disponible en: <https://coahuila.gob.mx/archivos/pdf/Publicaciones/PROGRAMA%20ESPECIAL%20DE%20AGUA%2011-17.pdf>.
- Contreras, k., Corti, M., Contreras , J., De Sousa, J., Durán , M., & Escalante, M. (2008). El Agua un recurso para preservar . Mérida 1-27.
- Cuellar-Chavez, R. (2014). Región Lagunera: Paradigmas del Agua. Aguas residuales. Fecha de consulta: 13 de Marzo del 2019. Disponible en: <https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/958475.paradigmas-del-agua.html>.
- Fernández Reynoso, D. S., Martínez Menes, M. R., Tavarez Espinosa , C. A., Castillo Vega, R., & Salas Martínez, R. (2010). Estimacion de demandas de consumo de agua. *SAGARPA*, 1-33.
- Fernández Reynoso, D. S., Martínez Menes, M. R., Tavarez Espinosa, C. A., Castillo Vega, R., & Salas Martínez, R. (2012). Estimacion de las demandas del consumo de agua. *SAGARPA*, 1-33.

- FEA, 2006. El agua en México: lo que todas y todos debemos saber. Fondo de Educación Ambiental, CEMDA, México.
- García Domínguez, M.Y., Sánchez Cohen, I., García Herrera, G., Moreno Díaz, L., Trejo Calzada, R. y Hernández Martínez, M. A., 2010. Evaluación de la eficiencia de riego en el módulo IV del distrito de riego 017 Comarca Lagunera. *Rev. Chapingo Zonas Áridas* 9, 99-106.
- García-Salazar, J. A., & Mora-Flores, J. S. (2008). Tarifas y consumo de agua en el sector residencial de la Comarca Lagunera. *20(42)*, 119-132.
- Gliessman, S. R. (2013). Agroecología: plantando las raíces de la resistencia. *Agroecología*, 19-26.
- Gómez Guijarro, M. M., & Soto Balderas, J. (2009). Problemática ambiental en la Región Lagunera. Disponibilidad, extracción y calidad del agua. *Ciencia Cierta* (17).
- González Celis, J.A. (2005). Importancia de los recursos hídricos en el desarrollo de una sociedad. Análisis específico: Estado de Querétaro, discusión y recomendaciones. Tesis de Licenciatura. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Gutiérrez, T. (2015). Huella hídrica, hacia una gestión sostenible de los recursos hídricos. *Com. Edu. Amb. A. C.*: Fecha de consulta 7 enero del 2019. Disponible en: <https://agua.org.mx/huella-hidrica-hacia-una-gestion-sostenible-de-los-recursos-hidricos>.
- Guzmán-Soria, E. J., García-Salazar, A. J., Mora-Flores, S., Fortis-Hernández, M., Valdivia-Alcalá, R., & Portillo-Vázquez, M. (2006). La demanda de agua en la comarca lagunera, México. *40(6)*, 793-803.
- Hermosillo, O. M. (2013). Manejo sustentable del agua en México. *Rev. dig. uni UNAM*, 14(10).
- Hieronimi, H. (2012). Manejo sostenible de agua. *Tierramor*.
- IAGA. (S/F). Huella hídrica, hacia una gestión sostenible de los recursos hídricos. Fecha de consulta: 10 enero del 2019. Disponible en: <https://www.iagua.es/noticias/aqualogy/15/07/01/huella-hidrica-gestion-sostenible-recursos-hidricos>.
- INAENA 2007. Evaluación de los recursos hídricos de la cuenca del Río Mala. Estudio hidrológico Perú, Ministerio de Agricultura. Instituto Nacional de Recursos Naturales, 257.

- INFORURAL. (2016). Tipos de riego y sus ventajas: ¿cuál es el adecuado? *sistema agricola*, 1-4.
- IMTA. 2014. Estudio y asesoría técnica para la licitación e instalación de plantas potabilizadoras a pie de pozo, para Torreón, Coahuila. Fecha de consulta. 20 de mayo del 2019. Disponible en: <https://www.gob.mx/imta/articulos/estudio-y-asesoria-tecnica-para-la-licitacion-e-instalacion-de-plantas-potabilizadoras-a-pie-de-pozo-para-torreon-coahuila>.
- León, S.T. 2012. Agroecología: la ciencia de los agroecosistemas – la perspectiva ambiental. Universidad Nacional de Colombia – Instituto de Estudios Ambientales. 261 pp.
- León, S.T. 2014. Agroecología: la ciencia de los agroecosistemas – la perspectiva ambiental. Universidad Nacional de Colombia – Instituto de Estudios Ambientales. 418 pp.
- Liotta, M. A., Olguin Pringles, A., Carrión, R. y Ciancaglini, N. (2015). Manual de capacitación. Riego por Goteo. INTA. Fecha de consulta. 1 enero del 2019. Disponible en: https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf.
- Malpica Cuello, A. (2012). Agroecosystems and the ecosystem in the rural andalusí economy. Universidad de la Rioja. (1), pp.31-44 ISSN-e 2254-6901.
- Martínez-Austria, P. F., Díaz-Delgado, C., & Moeller-Chavez, G. (2019). Seguridad hídrica en México: diagnóstico general y desafíos principales. Univesitat Politècnica de València vol.23 (2)pp.1-15.
- Mendoza, A. E. (2013). Riego por Goteo. *SENARI*. Fecha de consulta. 18 mayo del 2019. Disponible en: <http://www.senari.gob.bo/archivos/Riego%20por%20goteo.pdf>.
- Meneses Peralta, J. M. (2015). Cómo elevar la eficiencia del riego por gravedad en el cultivo de la caña de azúcar. *FAO*, 1-7. Fecha de consulta 21 de febrero del 2019. Disponible en: <http://www.fao.org/docs/eims/upload/cuba/1042/cuf0100s.pdf>.
- Minagri. (2015). Uso y manejo del agua. *Ministerio de agricultura y riego*. Fecha de consulta. 15 marzo del 2019. Disponible en: <http://minagri.gob.pe/portal/42-sector-agrario/recurso-agua/329-uso-y-manejo-de-agua>.

- Miramontes Chávez, J. (2017). Agua, recurso indispensable para el desarrollo de la ZML.IMPLAN. Fecha de consulta. 13 de Mayo del 2019. Disponible en: <http://www.trcimplan.gob.mx/blog/agua-recurso-indispensable-para-el-desarrollo-de-la-zml.html>.
- Montemayor Trejo, J. A., Aguirre Aguiluz, H. W., Olague Ramírez, J., Román López, A., Rivera González, M., Preciado Rangel, P., . . . Yescas Coronado, P. (2013). Uso del agua en la alfalfa (Medicago sativa) con riego por goteo subsuperficial. *SCIELO*, 1(2), 145-156.
- Palacios Vélez, E. (2003). Uso del agua en el sector agrícola y problemas relativos.pp 1-23.
- Pedroza Sandoval, A., Ríos Flores, J. L., Torres Moreno, M., Cantú Brito, J. E., Piceno Sagarnaga, C., & Yáñez Chávez, L. G. (2014). Irrigation water efficiency in the Forage Corn (*Zea mays* L.) and Alfalfa (*Medicago sativa*) Production and its Social and Economic Impact. *Redalyc*, 32(3), 231.
- Prieto-Celi, M. (s.f.). Gestión sobre la calidad del agua. Tendencias del uso del agua de calidad marginal en el riego. *Oficial principal de Desarrollo de tierras y aguas, RLCA*.
- REHAU. (2017). Manejo del agua. *Unlimited polymer solutions*. Fecha de consulta.abril del 2019. Disponible en : <https://www.rehau.com/mx-es/themes/manejo-del-agua>.
- Restrepo M, J., Ángel, S. D. I. y Prager, M. M. (2000). Agroecología. Actualización profesional en manejo de recursos naturales, agricultura sostenible y pobreza rural. Centro para el Desarrollo Agropecuario y Forestal. Universidad Nacional de Colombia. Colombia. 134 pp.
- Ríos Flores, J. L., Torres Moreno, M., Flores Alvarez, S., Cantú Brito, J. E., Hernández M., M. A., & Valdéz Meza, E. (2008). Production, productivity and profitability of corn forage (*Zea mays*) in the laguna, 1990-2006. *Chapingo*, 7(2), 139-144.
- SADER. (2016). La laguna reporta 4.7 millones de toneladas en lo que va del año: SAGARPA. Fecha de consulta. 20 febrero del 2019. Disponible en: <https://www.gob.mx/agricultura/regionlagunera/articulos/la-laguna-reporta-4-7-millones-de-toneladas-de-produccion-agricola-en-lo-que-va-del-ano-sagarpa?idiom=es>.
- Secunza Schott, C. P., & Vargas Flores, A. (2017). Problemática del agua en la Comarca Lagunera. *IMPLAN*.

- Toledo, V. M. (2012). La agroecología en latinoamérica: tres revoluciones, una misma transformación. *agroecología*, 6, 37-46.
- Traxco. (2013). Agricultura y agua, una relación inseparable. *Traxco*. Fecha de consulta. 15 de Febrero del 2019. Disponible en: <https://www.traxco.es/blog/tecnologia-del-riego/agricultura-y-agua-una-relacion-inseparable>
- UNESCO. (2015). Informe de las naciones unidas sobre los Recursos Hídricos en el Mundo 2015 Agua para un mundo sostenible resumen ejecutivo, 1-8.
- Vélez-Rodríguez, A., Padilla-Bernal, L., & Mojarro Davila, F. (2015). Disponibilidad para ahorrar agua de uso agrícola en México: caso de los acuíferos de Calera y Chupaderos. *Rev. Mex- Ciencias Agric*, 6(2), 277-290.
- Vilaboa Arroniz, J. (2006). El concepto de agroecosistema y su aplicación en la ganadería bovina. Fecha de consulta. 14 de mayo del 2019. Disponible en: https://www.colpos.mx/wb_pdf/Veracruz/Agroecosistemas/lectura/1.pdf.
- Wezel, A. y Soldat V. (2009). A quantitative and qualitative historical analysis of the scientific discipline of agroecology. *International journal of agricultural sustainability*, 3.
- WWF. (2012). Huella hídrica en México en el contexto de Norteamérica. Agroder-SAP Miller. México. 46 pp.
- WWF. (2015). Huella hídrica en México en el contexto de Norteamérica. Agroder-SAP Miller. México. 20 pp.