



FACULTAD LATINOAMERICANA DE CIENCIAS SOCIALES

Sede Académica México

Maestría en Gobierno y Asuntos Públicos

XII PROMOCION 2014-2016

Tesis para optar el grado de Maestra en Gobierno y Asuntos Públicos

**“FACTORES QUE EXPLICAN LA DEMANDA DE AGUA SUBTERRÁNEA
ENTRE DISTRITOS DE RIEGO SELECCIONADOS DE SONORA, MÉXICO
PARA EL PERIODO DE 2002-2014”**

Presenta: Gabriela Alejandra González Chávez

Directora: Gisela Zaremberg Lis

Seminario de tesis: Crecimiento, desigualdad y pobreza ¿Se puede romper el círculo?

Línea de investigación: Integración y dinámica socio-económica latinoamericana

México, D.F., septiembre de 2016

Esta investigación fue realizada gracias al apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y
Tecnología

RESUMEN

La presente investigación trata acerca de un diseño de investigación de casos más similares “most similar” para responder a la pregunta ¿Por qué en Distritos de Riego (DR) relativamente similares se presentan diferentes resultados en términos de la explotación de los acuíferos para el uso agrícola? Los DR similares que sobreexplotan son: 037 APC, 051 CH y el DR similar que no sobreexplota es el 084 Guaymas. Se estudió la relación causal entre la variable dependiente sobreexplotación de acuíferos y las variables teóricas de interés índice de especialización, subsidio implícito del agua y hectáreas sembradas. Se encontró que las variables independientes sí eran diferentes entre los DR y se sugiere que podrían tener una relación causal que incentive la sobreexplotación de acuíferos y que marque la diferencia entre los casos de estudio con variables de control relativamente similares. Los resultados de la investigación se podrían aplicar a DR similares, mediante políticas públicas o iniciativa privada, para disminuir la sobreexplotación de los acuíferos en México, la cual es un problema grave actualmente en el país y en el mundo.

Palabras clave: acuíferos sobreexplotados distritos de riego índice de especialización subsidio implícito del agua modelo “most similar” hectáreas sembradas.

Abstract

The present most similar research answers the question: why in relative similar irrigation districts (ID) exists different outcomes in aquifer overexploitation? The similar ID that overexploit are: 037 APC, 051 CH and the similar ID with a different outcome is 084 Guaymas. The causal relationship between the dependent variable overexploitation of aquifers and theoretical variable interest rate of specialization, implicit subsidy hectares planted water was studied. It was found that the independent variables were different between the ID and it is suggested that could have a causal relationship that encourages overexploitation of aquifers and that makes a difference between the case studies with relatively similar variables. The research results could be applied to similar ID, through public policies or private initiative, to reduce overexploitation of aquifers in Mexico, which is currently a serious problem in the country and the world. Key words: overexploited aquifers irrigation districts specialization index implicit subsidy most similar model hectares.

DEDICATORIA

A Dios

A mi madre Lilia Chávez Coutiño (Q. E. D.)

A mi padre Jabin Enrique González Camacho

A mis hermanas Diana Carolina González Chávez y Andrea González Chávez

A mi futuro esposo Víctor Manuel González Flores

A mis abuelos paternos Vicenta Camacho Marín y Nereo González Camacho

A mis abuelos maternos Inocente María Lilia Coutiño Hernández (Q. E. D.) y Alfonso Chávez Rodríguez (Q. E. D.)

A mi amiga Gabriela Zubillaga Nieto

A México

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la vida y por todas las bendiciones en mi vida. Agradezco a mi madre Lilia por ser mi ejemplo, por todo el apoyo, cuidado, motivación e inspiración que me ha dado siempre y que en espíritu sigue dándome. Agradezco a mi padre Jabin Enrique por ser un ejemplo para mí, por siempre darme todo lo mejor de él, apoyo, amor, valores, comprensión, consejos y ayuda. Gracias a mis hermanas Diana y Andrea por amarme, siempre estar ahí para mí, apoyarme y motivarme. Gracias a mi futuro esposo Víctor por amarme, apoyarme, comprenderme y estar al pendiente de mí en todo momento, siempre motivándome a ir hacia adelante los dos juntos de la mano. Ustedes son todo para mí, son mi motivo para seguir adelante, soñando, creciendo, trabajando y alcanzando metas cada vez más grandes.

Muchas gracias a la Dra. Alicia Puyana por su apoyo, ideas, consejos para la tesis, motivación, cariño, confianza en mí y comprensión. Gracias Dra. Gisela Zaremberg por todo el apoyo y sugerencias las cuales sirvieron mucho a esta tesis. Gracias al Dr. José Del Tronco por todo el apoyo y consejos durante el desarrollo de esta tesis. Gracias a la Dra. Hilda Guerrero por todo el apoyo, consejos y comunicación vía internet que tuvimos, a pesar de que estaba a la distancia la sentía muy cercana. Muchas gracias a la Dra. María Luisa Torregrosa por todo el apoyo, cariño, consejos e información que me dio para la realización de esta tesis. Agradezco la ayuda incondicional que me brindaron en todo momento. Gracias al Mtro. Haniel Cordero por la ayuda, consejos, el tiempo e información valiosa que me dio para la elaboración de la presente tesis. Gracias al Dr. Waldo Ojeda por la ayuda tan valiosa que me dio para la elaboración de mi tesis. Gracias al Dr. Juan Manuel González Camacho por los consejos e ideas oportunos y valiosos al inicio de esta investigación. Muchas gracias a la Mtra. Cinthia Márquez por su valiosa ayuda en la realización de esta tesis.

Muchas gracias a mi amiga Gabriela Zubillaga porque desde que llegó a mi vida ha sido una luz que me guía. Muchas gracias por su amistad y apoyo a mis amigos: Denisse León, Daniela Gutiérrez, Fernando Segura, Víctor Luna, Alejandro Salcedo, Gerardo Osuna, Oscar Godinez, Raquel López, Manuel García, Alma Delia, Adán, Loui, Sergio

Vázquez, Ricardo Gutiérrez, Federico Soumaya, Mildred Catalán, Mildred Garín, Mariana Gomora, Mariana Garay, Nadia, Rosa, Vero, Adán Heras, Jorge Aguilar, Marce, Adrián, Jesús Aguirre, Dora, Fanny Monzón, Alonso Durana, Mario Cañedo, Florence, Judith, Daniel Flores, Alberto Reyes, René, Daniela Castro y la familia Castro Alquicira, Aracely (Q. E. D.) y Víctor Fosado. Gracias Ely y sus hijos Eduardo y Montserrat. Muchas gracias a mis amigos de las tres maestrías por brindarme su apoyo incondicional y amistad: Alena, Javier, Alfredo, Bety, José Juan, Manuel, Osvaldo, Jean, Anaid, Vanezza, Marysabel, Sammaí, Emilio y Estefy. Muchas gracias a mis *roomies* por todo el apoyo y solidaridad que me han brindado.

Muchas gracias a mi familia por el apoyo, amor y motivación que siempre me dan. Gracias a mis tías y tíos: Gude, Carmen, María Antonieta, Ernesto, Alfonso, Abel, Manolo, Patricia, Haniel, Antonio, Lucy, Lourdes, Irene y Mercedes. Muchas gracias a mis primas y primos: María Fernanda, Marian, Erik, Antonio, Miguel Ernesto, Krissel, Efraín, Lourdes, Aldo, Kelin, Abel, Alejandro, Andrés, Etienne, Fany, Fabiola, Christelle y Thierry. Muchas gracias a mis abuelos paternos Vicenta y Nereo por todos los consejos, amor, apoyo y motivación que me dan. Gracias a mis abuelos maternos Lilia y Alfonso por el amor que me dieron en vida y en espíritu me guían y me protegen siempre. Muchas gracias a Diego González Flores y Carolina Flores por siempre quererme, apoyarme y ayudarme. Gracias a la familia Flores el apoyo, atención y cariño que siempre me brindan.

Muchas gracias por ser una inspiración profesional y humana para mí: Mtra. Rosa Elena Montes de Oca, Mtro. Mario Luis Fuentes, Dr. Fernando Cortes, Lic. Jorge Diez de Sollano y Dr. Israel Banegas. Gracias al Dr. Gustavo Gordillo por motivarme a seguir investigando académicamente el tema del agua y agricultura cuando por primera vez en 2012 lo presente en un trabajo académico en la Especialidad en Desarrollo Social en la UNAM. Muchas gracias por el apoyo de Belén, Guadalupe y todo el personal de la biblioteca, copias, Toño y Humberto, personal de computo, asuntos escolares, limpieza, administración, Bertha Ledesma, a las secretarías, Hugo Luna, comunicación y profesores; su labor en esta institución es excelente.

CONTENIDO

RESUMEN.....	2
DEDICATORIA	3
AGRADECIMIENTOS.....	4
INTRODUCCIÓN	13
Planteamiento del problema.....	17
Pregunta de investigación	19
Hipótesis	20
Justificación de la tesis.....	20
Justificación de la selección de casos.....	20
Objetivo general de la investigación.....	29
Limitación de la investigación.....	30
CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE.....	30
Introducción.....	30
Factores que explican la trayectoria de la demanda de agua en el sector de agricultura.....	31
Precio del agua subterránea para uso agrícola.....	35
Subsidio implícito. Subsidio al precio del agua.....	37
Índice de especialización económica y ventaja comparativa revelada: intercambio internacional o inter regional.....	39
Qué es un acuífero.....	42

Qué es la sobre explotación de un acuífero	43
Disponibilidad natural media	43
Grado de presión sobre el recurso hídrico	44
CAPÍTULO 2. Marco jurídico y normativo relacionado con el uso de las aguas en México	45
Marco jurídico del agua de uso agrícola.....	45
Marco normativo del agua de uso agrícola	47
CAPÍTULO 3. Subsidio implícito del agua, índice de especialización, hectáreas sembradas en los Distritos de Riego seleccionados.....	49
Introducción.....	49
Contexto histórico.....	50
Información histórica de producción agrícola, tipo de tenencia de la tierra, y consumo de agua subterránea.....	53
Análisis del subsidio implícito del agua en los DR seleccionados de Sonora periodo 2002-2014	68
Subsidio implícito total por DR seleccionados de Sonora periodo 2002-2014	69
Análisis comparativo del subsidio implícito del agua por cultivo de los DR seleccionados en 2002-2014.....	72
Análisis comparativo del índice de especialización para los DR seleccionados en el periodo 2002-2014	82
CAPÍTULO 4. Modelo para probar hipótesis.....	89
Descripción del modelo	89

Modelo de regresión línea múltiple.....	90
Estadísticos descriptivos de las variables dependiente e independiente	91
CONCLUSIONES	110
BIBLIOGRAFÍA.....	113

Índice de cuadros

Cuadro 1 Distritos de Riego 037, 038, 041, 051 y 084, volumen de agua subterránea consumida, concesionada, recarga del acuífero y grado de estrés hídrico para el año 2014.	27
Cuadro 2 Distritos de Riego 037, 038, 041, 051 y 084, volumen superficial consumido, concesionado y porcentajes de agua superficial y subterránea respecto al total de cada DR, para el año 2014.	28
Cuadro 3 Factores que aumentan la demanda de agua en el sector de agricultura.	34
Cuadro 4 Características de los Distritos de Riego seleccionados para el año de 1969: tipo de usuarios, superficie regada y volumen de agua subterránea distribuido.	58
Cuadro 5 Superficie sembrada y rendimiento medio de los cultivos más importantes por superficie sembrada (acumulan el 90% de has sembradas) de los DR 037, 051 y 084 en el año 1971.	60
Cuadro 6 Características de los Distritos de Riego seleccionados para el año de 1977: tipo de usuarios, superficie regada y volumen de agua subterránea distribuido.	62
Cuadro 7 Superficie sembrada y rendimiento medio ton/ha de los cultivos más importantes por superficie sembrada (acumulan el 90% de has sembradas) de los DR 037, 051 y 084 en el año 1981.	64
Cuadro 8 Superficie sembrada y rendimiento medio ton/ha de los cultivos más importantes por superficie sembrada (acumulan el 90%) de los DR 037, 051 y 084 en 1990.	65
Cuadro 9 Subsidio implícito de agua subterránea promedio: total, por ton, por hectárea y sobre el VP con precios sombra de \$1.1 y \$3.87 para los tres DR seleccionados de Sonora 2002-2014, miles de pesos a precios de 2012 (INPP).	71
Cuadro 10 Cultivos principales, superficie sembrada, producción, y huella hídrica en el periodo de los DR 037, 051 y 084 de Sonora, de 2002-2014.	76

Cuadro 11 Subsidio implícito del agua total y por cultivo de los DR seleccionados de Sonora y precio medio rural promedio por tonelada para el periodo de 2002-2014.....	78
Cuadro 12 Valor y proporción sobre el VP del subsidio implícito del agua del cultivo, sobre el total, por tonelada y hectárea de los tres DR de estudio. Promedio anual del periodo de 2002-2014.	81
Cuadro 13 Valores promedio: del Índice de especialización (IE) con respecto al estado y el país, VCR, producción, consumo aparente estatal y nacional; porcentaje de la producción de los DR en el consumo aparente de Sonora y el País. Periodo 2002-2014.	85
Cuadro 14 Índice de especialización Nacional, huella hídrica, subsidio implícito del agua por tonelada y hectáreas por grupo de cultivos, valores promedio del periodo 2002-2014 por DR.	87
Cuadro 15 Precio internacional del trigo, precio del DR con y sin subsidio implícito del agua para los DR 037, 051 y 084 en los años de 2012 y 2013.	88
Cuadro 16 Estadística descriptiva de las variables del modelo de regresión lineal múltiple.	92
Cuadro 17 Resultados del modelo de regresión lineal múltiple.	103
Cuadro 18 Matriz de correlaciones entre variables seleccionadas de los DR 037, 051 y 084. Significancia al 10% (*).	105

Índice de Figuras

Figura 1 Distritos de Riego del organismo de cuenca: Noroeste, México, 2015.	29
Figura 2 Patrón de cultivos y huella hídrica promedio de los tres DR seleccionados de Sonora, para el periodo de 2002-2014.....	74
Figura 3 Diagrama de caja del agua subterránea consumida en los tres DR seleccionados en el periodo de 2002-2014 (millones de metros cúbicos)	93
Figura 4 Índice de Especialización de los 3 DR seleccionados para el periodo de 2002-2014.....	95
Figura 5 Diagrama de caja Hectáreas sembradas de los DR seleccionados (miles de has) en el periodo de 2002-2014	96
Figura 6 Proporción subsidio implícito del agua sobre el VP.....	97
Figura 7 Gráfica de dispersión de Log (Volumen de agua subterránea consumida) y Log (Índice de Especialización) para los DR seleccionados en el periodo de 2002-2014	98
Figura 8 Gráfica de dispersión y línea de regresión estimada de Log (Volumen de agua subterránea consumida) y Log (Índice de Especialización).....	98
Figura 9 Gráfica de dispersión logaritmo de hectáreas sembradas y logaritmo de agua subterránea consumida por los tres DR y periodos seleccionados (2002-2014).....	99
Figura 10 Gráfica de dispersión de Log (Volumen de agua subterránea consumida) y Log(Hectáreas).....	100
Figura 11 Gráfica de dispersión de Log (Volumen de agua subterránea consumida) y Log (Proporción subsidio implícito del agua PS \$1.1 sobre el valor de la producción).....	101
Figura 12 Gráfica de dispersión de Log (Volumen de agua subterránea consumida) y Log (subsidio implícito del agua PS \$1.1).....	101

Figura 13 Relaciones causales encontradas con el modelo de regresión lineal múltiple y en el análisis realizado en la investigación.....	105
Figura 14 Relaciones causales presumibles entre las variables dependiente y dependiente de los DR seleccionados y el periodo de estudio.	106
Figura 15 Productividad de la tierra (\$/ha) y productividad del agua (\$/m ³) de los DR seleccionados en el periodo de 2002-2014.....	107
Figura 16 Productividad del agua (\$/m ³) y productividad de la biomasa (kg/m ³) de los DR seleccionados en el periodo de 2002-2014.....	108
Figura 17 Productividad del agua (\$/m ³) y rendimiento (ton/ha)	109

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo de investigación se analizará qué relación existe, por una parte, entre consumo de agua subterránea por el sector agrícola y la sobreexplotación de los acuíferos en los distritos de riego de Sonora y, por la otra, entre los subsidios implícitos al precio del agua derivados del precio gratuito por el consumo al agua de uso agrícola. Se estudiará en qué forma y grado este subsidio se vincula con el consumo del agua para el uso agrícola y la extensión de los cultivos, el valor de la cosecha, la huella hídrica y el índice de especialización. Este análisis se realizará para tres distritos de riego seleccionados, para el período 2002-2014.

La presente investigación se centra en un diseño de investigación de casos más similares o “most similar”, que tiene por objetivo contestar: ¿Por qué en Distritos de Riego similares la sobreexplotación de los acuíferos es diferente? Para esto analizaremos qué relación causal tiene el índice de especialización de los cultivos con el consumo de agua subterránea; esto para darle una aproximación a la exportación de los cultivos ya sea fuera de Sonora o de México. De la misma manera se analizará la relación causal del subsidio implícito del agua y las hectáreas sembradas con la variable dependiente.

La sobreexplotación de los acuíferos en México es un problema grave e importante de estudiar debido a que el número de acuíferos sobreexplotados¹ actualmente asciende a 106 y de estos se extrae el 55.2% del agua subterránea total extraída en el país (Comisión Nacional del Agua – CONAGUA- 2014:45). Esta proporción sugiere la fuerte presión que se ejerce sobre estos y sobre las reservas de agua del país.

¹ Un acuífero es “Cualquier formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectados entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo;” Su sobreexplotación se da cuando la recarga de agua del acuífero medida de manera anual, es superada por la extracción de agua del acuífero. Normativamente para que la Comisión Nacional del Agua considere a un acuífero sobreexplotado, la relación extracción/recarga debe ser igual o mayor a 1.10.

Para alcanzar el desarrollo sustentable² en México, entre otros esfuerzos, es necesario controlar y revertir la sobreexplotación de los acuíferos, dados los efectos que ésta genera: reducción de los niveles piezométricos del acuífero, intrusión marina y concentración de tóxicos. El agotamiento total de un acuífero implicaría desabasto para los usos agrícola, urbano, servicios e industrial. También afecta el equilibrio de los ecosistemas. Se pone en peligro el desarrollo económico, social y ambiental de las generaciones futuras. Por otra parte, la escasez de agua ha causado problemas económicos, políticos y sociales entre usuarios del agua, y entre regiones.

La importancia de estudiar el uso del agua en la producción agropecuaria es innegable toda vez que el agua es un elemento esencial para la vida, en todas sus formas y por qué la agricultura es la actividad económica básica que suministra los bienes para satisfacer una necesidad humana esencial: la alimentación de una población mundial creciente. La agricultura además compite con usos alternativos cada vez más amplios, efecto de los procesos de modernización como son la expansión de la industria, minería, el transporte, la urbanización y el cambio climático.

Es pertinente explicar las razones por las cuales incluimos el índice de especialización ya que hasta donde conocemos, no se suele estudiar este factor, en los trabajos sobre el uso del agua agrícola. En efecto, a partir de la entrada de México al “Acuerdo General sobre Aranceles Aduaneros y Comercio, GATT” y más profundamente al Tratado de Libre Comercio con América del Norte, TLCAN, la agricultura mexicana al vincular los precios internos a los externos, viró hacia la especialización de cultivos exportables, la cual implica que los factores productivos, mano de obra, capital y tierra, se trasladarían desde los cultivos con costos no competitivos internacionalmente hacia los que sí lo fueren. Estos últimos serían de exportación y los primeros se importarían (Romero & Yunez Naude, 1993) .Si bien después

² De acuerdo a la Ley de Aguas Nacionales (LAN) publicada en el Diario Oficial de la Federación (DOF) en 1992, el Desarrollo Sustentable “en materia de recursos hídricos, es el proceso evaluable mediante criterios e indicadores de carácter hídrico, económico, social y ambiental, que tiende a mejorar la calidad de vida y la productividad de las personas, que se fundamenta en las medidas necesarias para la preservación del equilibrio hidrológico, el aprovechamiento y protección de los recursos hídricos, de manera que no se comprometa la satisfacción de las necesidades de agua de las generaciones futuras”

de la instauración del modelo exportador en México se dismantelaron programas públicos, precios de garantía e instituciones de apoyo al campo, después de la firma del TLCAN en 1994 algunos apoyos públicos surgieron ante la demanda de los agricultores. Como lo demuestra el estudio “Subsidios para la desigualdad ...”, la mayoría de los apoyos públicos de apoyo al campo es regresiva, es decir se apoya a los productores agrícolas más grandes y también con mayor potencialidad de exportar “la aguda concentración de los subsidios agrícolas (excepción hecha de Procampo) en unas cuantas manos ya privilegiadas, está agudizando la desigualdad” (Fox & Haight (coord.), 2010). Por ello se considera que la apertura comercial y la reestructuración del sector agrícola mexicano resultante no son ajenas al consumo de agua y a la sobre explotación de los acuíferos. El estudio “The Water Foot of Mexico in the context of North America” (AgroDer, 2012:32) demuestra que México es deficitario en intercambio de agua virtual azul³ contenida en los productos comercializados entre Canadá y Estados Unidos. El estudio indica que México exporta productos con una mayor cantidad de agua virtual azul contenida, que los productos que importa de Canadá y Estados Unidos, los cuales son en su gran mayoría productos agrícolas.

Sonora actualmente vive una situación de crisis del agua. En primer lugar, en el tiempo se encuentra la situación de acuíferos sobreexplotados e intrusión salina a los mismos que inicia desde mediados del siglo XX. Existe en Sonora un conflicto social que se ha llamado “uno de los mayores conflictos hídricos en México” (Moreno Vázquez, 2014) y “la guerra del agua”, detonado por la construcción por parte del gobierno federal y estatal del *Acueducto Independencia*, con el cual se está realizando un trasvase de aguas de la presa el Novillo de la cuenca⁴ del río Yaqui a la cuenca del Río Sonora con el objetivo de suministrar agua de uso

³ “El agua que se encuentra en los cuerpos de agua superficial (ríos, lagos, estuarios, etc.) y en los acuíferos subterráneos se refiere al agua como azul. La huella hídrica azul se relaciona con el consumo de agua superficial y subterránea de una determinada cuenca; el consumo se entiende entonces como extracción.” (AgroDer, 2012, :6)

⁴ Una cuenca es de acuerdo a la LAN en su artículo 3º fracción XVI “Es la unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parte aguas o divisoria de las aguas - aquella línea poligonal formada por los puntos de mayor elevación en dicha unidad -, en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior, a través de una red hidrográfica de cauces que convergen en uno principal, o bien el territorio en donde las aguas forman una unidad autónoma o diferenciada de otras, aún sin que desemboquen en el mar. En dicho espacio delimitado por una diversidad topográfica, coexisten los recursos agua, suelo, flora, fauna, otros recursos naturales relacionados con estos y el medio ambiente. La cuenca hidrológica conjuntamente con los acuíferos, constituye la unidad de gestión de los recursos hídricos. La cuenca hidrológica está a su vez integrada por subcuencas y éstas últimas están integradas por microcuencas.”

urbano e industrial a la ciudad de Hermosillo. El conflicto social se deriva de la oposición de los usuarios de las aguas de la presa *Plutarco Elías Calles* “El Novillo” y el río Yaqui, a que 75 millones de metros cúbicos de agua anuales de éste sean trasvasados a la cuenca del Río Sonora.

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) expidió un título de concesión para el Gobierno Estatal de Sonora para beneficio del aprovechamiento del agua del río Yaqui. Los opositores a esta obra hidráulica están conformados por los usuarios del agua del Río Yaqui y la presa el Novillo: “agricultores del Valle del Yaqui, los sectores productivos del municipio Cajeme, el Movimiento Ciudadano por el Agua y miembros del pueblo indígena Yaqui.” (Rodríguez Alarcón, 2015: 162) Y los promotores del Acueducto Independencia son “los sectores inmobiliarios y de la construcción, comercial e industrial de Hermosillo” (Rodríguez Alarcón, 2015: 162) el gobierno municipal, estatal y federal. La tribu Yaqui desde tiempos ancestrales ha habitado y utilizado el agua de la cuenca del río Yaqui, ellos son propietarios de títulos de tierras y de la mitad de las aguas del Río Yaqui otorgados por decreto presidencial en 1940. Este problema social llegó a la agenda de la Suprema Corte de Justicia (SCJ), la cual atrajo el caso y en el año de 2013 emitió un fallo a favor de la tribu Yaqui, en donde se obliga al gobierno federal a sostener una audiencia para consultar a la tribu antes de la aprobación del diagnóstico de factibilidad ambiental, acerca de los riesgos de esta obra, para saber si sus derechos fundamentales serán afectados. En la actualidad, la obra del acueducto está terminada y funcionando a pesar de que no se ha realizado la consulta de factibilidad social y ambiental a la tribu Yaqui. Con respecto al uso agrícola y el acueducto independencia, a pesar de que el discurso oficial indica que es para uso urbano e industrial, la asociación civil “Movimiento Ciudadano por el Agua” detectó y documentó 288 tomas clandestinas que presumiblemente van a ranchos ganaderos y campos agrícolas de Hermosillo. Estos últimos de existir, ejercerían una presión adicional al recurso hídrico del río Yaqui, que está siendo trasvasado hacia la cuenca del río Sonora. Otro conflicto hídrico en Sonora, es el del desastre ambiental de la contaminación del río Sonora con 40 mil metros cúbicos de químicos tóxicos por parte de la empresa minera Grupo México ocurrido el 6 de agosto de 2014, afectando a más de 20 mil personas en la calidad y cantidad del agua potable que consumen y para producción agrícola y ganadera.

Ante este panorama de crisis hídrica en Sonora y un futuro marcado por el cambio climático debido a que esta entidad federativa está en una zona de vulnerabilidad media, alta y muy alta por exposición al cambio climático (Arreguí Cortés, 2015), de acuerdo a estimaciones del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), Sonora tiene una vulnerabilidad alta al cambio climático debido a la baja disponibilidad de agua, el grado de presión fuerte (78%) sobre el agua y la ocurrencia de sequías con grados fuertes y severos. Así también este instituto indica que el cambio climático traerá para Sonora aumento de la temperatura, y aumento de los niveles del mar en sus costas (INECC, 2015), esto traerá mayor intrusión marina en los acuíferos, lo cual causará un aumento en la presión de los acuíferos de Sonora. Por lo mencionado es de gran importancia realizar investigación académica en el tema y generar aportes para alcanzar el desarrollo sustentable hídrico en Sonora y en México.

Planteamiento del problema

En 1975, del total de los 653 acuíferos que existen en México, 35 acuíferos estaban sobre explotados, es decir el 5%. Los cambios que desde 1975 a la fecha ha experimentado la sociedad mexicana, en varias áreas, elevaron el número de acuíferos sobre explotados a 106, que representan el 16% del total, más del triple registrado en 1975. De estos acuíferos sobre explotados se extrae el 55.2% del volumen total de agua subterránea que el país consume (CONAGUA, 2014:45). Esta proporción sugiere la fuerte presión que se ejerce sobre estos y sobre las reservas de agua del país.

Agrava la presión sobre las aguas subterráneas el hecho que la mayor parte de la actividad económica del país y cerca del 41% de los habitantes se concentra en el 63% del territorio mexicano el cual es semiárido, árido, o hiperárido (Díaz-Padilla et al., 2011:274).

Sonora es un caso relevante para ilustrar la relación entre características naturales de una región, su actividad económica preponderante y la explotación del agua. Es un estado con gran producción agrícola, que se desarrolla un contexto árido y semiárido y muestra grados elevados de sobreexplotación de acuíferos ya que responde por una tercera parte de los acuíferos con intrusión marina de México y el 9.4% del total de acuíferos sobreexplotados.

Sonora tiene 10 acuíferos sobreexplotados que representan el 24% de sus acuíferos totales. El volumen de recarga⁵ de los 10 acuíferos sobreexplotados representa el 29.2% sobre el nivel de recarga del total de acuíferos de Sonora. El nivel extraído de los acuíferos sobreexplotados de Sonora sobre el total de acuíferos es de 54.6%. Es decir que los usuarios de agua de Sonora extraen de los acuíferos sobreexplotados el 54.6% del volumen de aguas subterráneas que consumen. Lo anterior es una situación grave debido a que poco más de la mitad de la extracción de aguas subterráneas en Sonora es de acuíferos sobreexplotados (CONAGUA, 2015).

En 2007 eran doce acuíferos sobreexplotados en Sonora, a partir de 2010 son diez acuíferos sobreexplotados, no obstante, como se verá adelante, es necesario llamar la atención que la sobreexplotación de los diez acuíferos registrada en 2010, o se ha mantenido o empeorado.

En Sonora, el uso agrícola tiene el 89.62% del volumen extraído total de los acuíferos sobreexplotados, el público urbano 6.81%, el doméstico 0.36%, el múltiple 1.45%, el pecuario 0.28%, servicios 0.12%, el industrial 0.14% y uso sin definir 1.22% (CONAGUA, 2015)⁶. El valor más bajo de porcentaje de uso lo tiene el Acuífero 2621 Mesa del Seri-La Victoria con 64.2% de uso agrícola en el total, teniendo en segundo lugar al uso público urbano con 33.33%, el uso doméstico 1.7% y el uso industrial 0.8%. El valor más alto en porcentaje de uso agrícola (100%) lo tiene el acuífero 2606 Los Chirriones, asimismo es el acuífero más sobreexplotado (CONAGUA, 2015).

Con la evidencia arriba enunciada resalta la importancia el estudio del uso agrícola del agua, en Sonora, como caso particular de este grave fenómeno que afecta todo el país, debido

⁵ El total del volumen de recarga de los 10 acuíferos sobreexplotados de Sonora es 888.80 hectómetros (millones de metros cúbicos), el volumen extraído es de 2, 392.6 hectómetros.

⁶ La información de los usos del agua subterránea de los acuíferos fue obtenida de los estudios de actualización de la disponibilidad media anual de agua en los acuíferos de Sonora publicados en el Diario Oficial de la Federación el 20 de abril de 2015.

a que todos los acuíferos sobreexplotados tienen un uso del agua predominante agrícola mayor al 60%.

A nivel nacional, el consumo de agua subterránea está concentrado según los sectores o las actividades socioeconómicas. En efecto, en 2013, del total de agua subterránea consumida en el país, la agricultura concentraba el 68.41%, el abastecimiento público el 23.71% y el uso industrial el 7.80%.

Debido al peso preponderante de la agricultura en el consumo de las aguas subterráneas, emerge claramente que, con el fin de reducir los peligros de la sobre explotación, es necesario conocer los factores detrás de la trayectoria del este uso y los elementos que impulsan su trayectoria y buscar las políticas públicas conducentes a la reducción de consumo de agua en este sector. Todo cambio de sendero o de tendencia, tiene como requisito un diagnóstico lo más cercano a la realidad. Ese es el objetivo de esta tesis: realizar un estudio de caso de “n” pequeña para identificar las causas de la sobre explotación de los acuíferos de Sonora, que permita obtener algunas conclusiones, que si bien particulares, puedan ser explorables en otros casos. De esta manera se contribuiría a llegar a conclusiones generalizables, al menos en otros Distritos de Riego (DR) similares a los estudiados. En este trabajo aplicamos el método de análisis *most similar*, el cual se basa en escoger al menos dos casos “que difieren del resultado teórico de interés pero que son similares en varios de los factores que podrían contribuir a ese resultado”(Gerring, 2007:137). Lo que esperamos es que al realizar el estudio de *most similar* encontremos que alguno de los casos, tenga al menos un factor que difiera entre ellos. Este último (factor o factores), pudiera llamarse causa putativa (Gerring, 2007:137) del resultado de interés.

Pregunta de investigación

¿Por qué en Distritos de Riego relativamente similares se presentan diferentes resultados en términos de la explotación de los acuíferos para el uso agrícola? ¿Qué factores inciden en la sobreexplotación de los acuíferos ocasionado por el uso agrícola de este recurso natural

escaso? Análisis de las experiencias de los distritos de riego seleccionados ubicados en el estado de Sonora para los años de 2002-2014.

Hipótesis

El subsidio implícito al agua, junto con el índice de especialización y hectáreas sembradas son factores estrechamente vinculados con la producción agrícola y el uso del agua y pueden explicar la trayectoria de la demanda de agua subterránea en los DR seleccionados y, por ende, la sobre explotación de los acuíferos. Existe una diferencia entre los DR seleccionados en estos factores, lo cual hace que a características similares tengan resultados distintos.

Justificación de la tesis

Varias razones justifican el tema de la tesis, unas son razones de carácter general, emanadas de la naturaleza del bien, es decir el agua, y del problema de su sobre explotación a nivel nacional, otra particular de la región a analizar, su estructura productiva. En primer lugar, como se ha repetido frecuentemente, el agua es un bien básico, necesario para el sostenimiento del hábitat natural, de la vida humana y de los sistemas productivos y es un bien escaso, que como recurso natural no es producto de la agencia humana. Por este carácter, tiene características particulares, como la inelasticidad ingreso y precio de la demanda. El ser humano necesita agua para vivir y a de consumirla al precio o costo que sea. Las características particulares del agua son las específicas de regiones, lugares, actividades. La presente investigación se eligieron tres casos similares en algunas características, que se encuentran en Sonora, los cuales tienen relativa especialización en la agricultura y se encuentran en una zona semidesértica y desértica.

Justificación de la selección de casos

Es importante resaltar que el objetivo de la investigación científica social es extraer inferencias causales o descriptivas a partir del análisis de evidencia empírica (King,

Kehohane, & Verba, 2000:18). Para lograr lo anterior se debe seguir un método con el cual se obtengan inferencias causales o descriptivas válidas y refutables. Existe extensa literatura acerca del diseño del método comparativo en la investigación científica de la ciencia social comparativa como King et al (2000), Guerring (2007) y Ragin (1987). Si una investigación social tiene un método comparativo explícito y concreto se dice que es una investigación con comparación explícita, de lo contrario es una comparación implícita (Zarembeg). El método comparativo explícito y concreto “utiliza observaciones sistemáticamente realizadas sobre dos o más entidades macrosociales (sociedades, países, partidos políticos, organizaciones, culturas, etc.), o dos ‘momentos’ de una entidad dentro de un periodo de tiempo, con el fin de examinar sus semejanzas y diferencias. A su vez trata de indagar las causas de tales variaciones” (Zarembeg: 44). La ventaja de aplicar el método comparativo explícito en la investigación social, es que las inferencias resultantes son refutables y representativas de cierta población de casos.

El estudio comparado puede ser, de acuerdo al número de casos que estudia, un estudio de análisis cualitativo comparativo si son estudios de un número pequeño (igual o menor a diez) y mediano de casos (menor o igual que 50) y un estudio de diseño experimental y estadístico si es un estudio de un número grande de casos (mayor a 50) (Zarembeg:46). Guerring (2007:36) indica que los estudios de número grande de casos son por definición cuantitativos, pero que los estudios de casos medianos y pequeños pueden ser cuantitativos o cualitativos, o los dos al mismo tiempo, esto es decisión del investigador al sopesar la información con la que cuenta y la ayuda que esta provee para contestar la pregunta de investigación. Un estudio de caso es “un estudio intensivo de una unidad o pequeñas unidades (los casos), con el propósito de entender una clase más grande de unidades similares (población de casos)” y un estudio comparativo de caso es cuando “los casos están comprendidos en largas unidades territoriales” (Guerring, 2007:27) y puede tener un análisis sincrónico es decir en un momento determinado del tiempo o un análisis diacrónico en otras palabras un análisis en un periodo de tiempo, llamándose método comparativo y método histórico comparativo respectivamente. Existen nueve tipos de estudio de caso; “típico, diverso, extremo, desviado, influyente, crucial, promedio, más similar, y más diferente”

(Guerring, 2010:88), de los cuales elegimos el estudio de los casos más similares debido a la naturaleza de los casos de estudio elegidos que se verá más adelante en el presente apartado.

El método de estudio “most similar” o estudio de los casos más similares es un método de análisis comparativo que estudia un número pequeño de casos y se requieren al menos dos casos; los casos seleccionados son similares en las variables de control (X_2) que inciden en la variable dependiente (Y) de acuerdo a la literatura, pero que son distintos en la variable independiente teórica de interés (X_1). El objetivo del método de estudio de los casos más similares es probar una hipótesis causal de X_1/Y o explorar una X_1 hasta antes desconocida entre los casos estudiados que incida en Y . Es decir, los estudios de casos similares pueden tener como objetivo generar una hipótesis o probar una hipótesis. El presente estudio es para probar una hipótesis causal entre X_1 e Y o también se puede expresar como X_1/Y . En el presente caso se estudian tres causas putativas posibles, número de hectáreas sembradas, subsidio implícito al agua de uso agrícola e índice de especialización y su relación causal con la variable dependiente sobreexplotación de acuíferos.

El tema que estudia la presente investigación es la sobreexplotación de acuíferos para la actividad agrícola en el Estado de Sonora, México. Como se ha mencionado anteriormente, el sector agrícola en México es el mayor usuario de aguas superficiales y subterráneas en el país, diversos estudios han investigado esta problemática (Carabias & Rosalva, 2005), (Ojeda-Bustamante et al, 2015), (Rivero Cobb & García Rivera, 2011), (Ávila Forcada et al, 2008), (Ávila, Muñoz et al, 2005), entre otros. Existen en México 630, 313 unidades de producción de riego (INEGI, 2008), y no se tiene la información desglosada para cada uno de ellas, sobre hectáreas sembradas, producidas y cultivos entre otras características. Hay agregados por municipio y no se cuenta con el volumen de agua subterránea consumida. Por estas razones se decidió tomar como unidad de estudio a los Distritos de Riego (DR), los cuales sí tienen esta información pública. Los DR contienen a su vez observaciones individuales de productores, aglomerados en un DR.

Los criterios para elegir los DR a estudiar en un análisis de casos más similares fue en primera instancia que existiera la variable dependiente acuíferos sobreexplotados, después se

eligieron los DR que tuvieran similitudes en variables que según la literatura inciden en la variable dependiente las cuales son: clima desértico o árido (baja precipitación pluvial y/o baja disponibilidad de agua superficial), cercanía de un polo grande de demanda, tienen una concesión por arriba de la recarga del acuífero, tienen antecedentes históricos de sobreexplotación del acuífero, el consumo de agua es preponderantemente de agua subterránea, reciben las tarifas subsidiadas de electricidad de la Comisión Federal de Electricidad (CFE) y como criterio de homogeneidad que tuvieran cercanía geográfica y tuvieran una similitud fisiográfica como las planicies.

Los DR que tienen los criterios de selección, tenemos que 21 de los 85 DR totales se encuentran sobre un acuífero sobreexplotado⁷. De estos 21 DR se seleccionaron aquellos que tuvieran las características similares y cercanía geográfica. La entidad federativa que cumple con estos requisitos es la de Sonora debido a que posee DR en características similares que se mencionaron anteriormente, con similitud de planicies y climas muy áridos cálidos y semicálidos.

La presente investigación se considera un estudio de un número pequeño de casos N pequeña, estudiando tres Distritos de Riego que, de acuerdo a Zarembeg, “se considera un número de casos pequeño al tener un número de casos menor o igual a 10” (Zarembeg:52). Se escogió un método de análisis comparativo debido a que son los más viables en estudios de N pequeña. El caso crucial que se caracteriza por ser “casos que son “inesperados” con respecto a la inferencia causal de la investigación, o se los considera “desviados” con respecto a una teoría” (Zarembeg) es el del DR Guaymas 084, debido a que, pese a que se pensaría que explotaría su acuífero como otros DR de Sonora con características similares, y con una trayectoria de sobreexplotación en el pasado y que se encuentra sobre un acuífero sobreexplotado aumentando la competencia entre los usuarios del acuífero, éste no lo hace. Y en los casos típicos el objetivo es “identificar el caso más usual de una población particular,

⁷ Este dato se calculó en primera instancia con el programa de información georreferenciada Map Info, con las capas de Distritos de Riego y Disponibilidad de acuíferos publicadas en el Diario Oficial de la Federación (DOF) 2013. Se obtuvieron del sitio de internet de información pública www.catalogo.gob.mx. Después de calcular los acuíferos sobreexplotados se comparó esta información con los acuíferos sobreexplotados de la CONAGUA (2014) de las Estadísticas del Agua 2014. Tomamos los acuíferos sobreexplotados reconocidos en documentos oficiales, después obtuvimos el dato de los DR que están sobre alguno de los 106 acuíferos sobreexplotados. Para 2014 y 2015 se mantiene el número de 106 acuíferos sobreexplotados, de acuerdo a CONAGUA (2015) y (2014).

o el caso más representativo de las dimensiones causales de interés. De esta manera, se busca maximizar la representatividad más que atender a la variación” (Zarembeg:49), tal y como son los DR 037 APC y 051 CH, debido a que son los casos típicos de producción agrícola de gran escala y agroexportadora en condiciones desérticas en las cuales se sobreexplotan los acuíferos. La presente investigación combina características de investigaciones cualitativas y cuantitativas. Gran parte de la información obtenida son objeto de análisis estadístico.

La muestra de Distritos de Riego es una muestra que se seleccionó intencionalmente para que tuviera casos similares con resultados diferentes. Por lo cual, a continuación, se enuncia cuáles son las similitudes y las diferencias en los DR, por las cuales escogimos intencionalmente estos tres casos.

Similitudes de los tres distritos de riego:

- Se encuentran sobre tres acuíferos costeros sobreexplotados y con intrusión salina.
- Poseen clima árido y semiárido.
- Tienen un consumo mayoritario de agua subterránea (mayor al 90%).
- Existe similitud en la precipitación media anual y temperatura media anual.
- Se encuentran sobre planicies.
- Producen algunos cultivos con índice de especialización mayor a uno.
- Poseen cercanía geográfica relativa (se encuentran en la misma entidad federativa).
- Se encuentran relativamente cerca geográficamente a un gran polo de demanda que es el país de Estados Unidos de América (EUA) (se encuentran en una entidad federativa que colinda con EUA).
- Los DR 037 Áltar Pitiquito Caborca (APC) y 051 Costa de Hermosillo (CH) tienen una concesión por arriba de la recarga de los acuíferos a la fecha, y el DR 084 tuvo concesión por arriba de la recarga del acuífero hasta 2004.
- Los tres DR han disminuido su consumo de agua subterránea, usuarios y extensión del área sembrada en los últimos años.
- Los tres DR han sido transferidos al 100% por parte del gobierno federal a Asociaciones Civiles de Usuarios de los DR.

Diferencias entre los tres distritos de riego:

- Los DR 037 APC y 051 CH sobreexplotan su acuífero y el DR 084 no lo sobreexplota.
- Consumen diferentes magnitudes de agua subterránea.
- Tienen diferente número de usuarios del DR, número de hectáreas sembradas, volumen de producción, valor de la producción.
- Se encuentran en tres diferentes acuíferos los cuáles tienen diferente magnitud.
- El rendimiento por hectárea promedio total y por cultivos es diferente.
- Los cultivos que abarcan el 90% de la superficie sembrada no son iguales para los tres DR.

La relevancia de la diferencia entre la variable dependiente entre los tres casos de estudio es que la variable dependiente es la sobre explotación del acuífero por parte de los DR y es relevante la diferencia en ésta debido a que el uso agrícola es el principal uso en México del agua subterránea y superficial, y estos tres casos son una muestra del universo de agricultores de riego en México aglomerados en Distritos de Riego. De los 85 DR en México, 21 de éstos se encuentran en acuíferos sobreexplotados. Es importante estudiar la diferencia de la variable independiente con aspectos similares, porque podríamos trasladar los hallazgos realizados en la presente investigación a casos similares de DR.

Se escogió el método “most similar” debido a que los tres casos que son los tres DR son similares en sus características de clima, consumo de agua subterránea en su totalidad o gran parte del consumo total (mayor a 90% del total), de sobreexplotación de los acuíferos en el pasado, de cultivos, de cercanía geográfica, de aplicación de las mismas tarifas de agua por parte del gobierno federal; empero sus resultados de sobreexplotación son diferentes a pesar de las similitudes mencionadas.

Para responder a la pregunta de investigación se eligieron tres DR de Sonora como antes mencionado, de la totalidad de seis que existen en la entidad. Es importante resaltar porque no se eligieron los otros tres DR para el análisis de casos más similares. Primero observamos qué, de los seis Distritos de Riego en la entidad federativa, el DR 018 Colonias Yaquis (DR 018 CY) consume exclusivamente agua superficial por lo cual no tiene un DR similar a él, en

consumo de agua superficial exclusivamente. El DR 038 Río Mayo (DR 038 RM) y DR 041 Río Yaqui (DR 041 RY) consumen agua superficial principalmente (81.6% y 81.2% del total de su consumo respectivamente en 2014) y su consumo de agua subterránea representa del total, el 18.3% y 18.8% respectivamente (ver cuadro 1). Los DR 051 CH y el DR 084 Guaymas, consumen únicamente agua subterránea para su producción (ver cuadro 1). El DR 037 APC consume agua subterránea y superficial, en el periodo de análisis de 2002-2014, el porcentaje del agua superficial sobre el total del agua consumida por el DR fue de 1.27%, y de superficies regadas de 1.27%, representando con 5.4% de usuarios totales del DR, con un valor máximo de 393 usuarios anuales y un valor mínimo de un usuario anual de agua superficial. El agua subterránea consumida representó en promedio el 98.7% del total, de la superficie regada represento el 98.9% y de los usuarios el 94.57%, teniendo un valor máximo anual de 3, 605 y un valor mínimo de 759. Para el DR 037 APC, en el año 2014, el agua subterránea representó el 99.9% y el agua superficial el 0.000041% del total de agua consumida. Concluimos que para el DR 037 no es relevante el agua superficial consumida, respecto del total, y por lo tanto éste es similar a los DR 051 CH y 084 Guaymas, en consumo de agua subterránea casi exclusiva. Por último, los DR 038 RM y 041 RY no se encuentran sobre acuíferos sobreexplotados, pero sí ejercen un grado de estrés alto a sus acuíferos correspondientes.

Observamos en el cuadro 1 y 2 que los DR 037 APC y 051 CH sobreexplotan los acuíferos donde se encuentran, tiene un alto grado de estrés hídrico y una concesión por arriba de la recarga. El DR 084 no tiene una concesión por arriba de la recarga, no sobreexplota su acuífero, su grado de estrés hídrico es alto. Las similitudes entre los DR 037, 051 y 084 también se encuentran en el consumo de agua subterránea que es total para el DR 051 y DR 084, y casi la totalidad del DR 037. En cambio, los DR 038 y DR 041 consumen mayoritariamente agua superficial, como se mencionó anteriormente. Los DR 038 y DR 041 ejercen un grado de estrés hídrico alto a sus acuíferos correspondientes, pero no los sobreexplotan y consumen por arriba de su concesión. Concluimos que los DR que son idóneos para el análisis *most similar* a realizar son los DR 037 APC, 051 CH y 084 Guaymas, debido a que son similares en ciertas características observadas que pudieran ejercer un efecto en las variables dependiente que es la sobreexplotación del acuífero por parte de un DR. Por otra parte, no sobra añadir que los tres distritos de riego, objeto de este estudio, se encuentran

en la misma entidad federativa, Sonora, y tienen características geográficas y climáticas similares. Esta similitud ambiental se refleja en la estructura de la producción agrícola que es muy cercana. Descartamos elegir los DR 038 y 041 debido a la importancia que tiene el agua superficial en su consumo total de agua (poco mayor a 80%), pero no los descartamos para estudios futuros de todos los DR del país, estudios de muchos casos o de pocos casos con DR similares con resultados diferentes.

Cuadro 1 Distritos de Riego 037, 038, 041, 051 y 084, volumen de agua subterránea consumida, concesionada, recarga del acuífero y grado de estrés hídrico para el año 2014.

Distritos de Riego con consumo de agua subterránea en Sonora	Agua subterránea					
	Agua subterránea consumida (miles de m ³) (B)	Recarga del acuífero (miles de m ³) (C)	Volumen concesionado (miles de m ³) (D)	Recarga-volumen concesionado (miles de m ³) (C-D)	Concesionada-consumida (D-B)	Recarga - Consumida (C-B)
DR 037	298866.79	212900.00	289000.00	-76100.00	-9866.79	-85966.79
DR 051	371633.00	250000.00	320773.13	-70773.00	-50859.87	-121633.00
DR 084	78181.91	100000.00	92737.00	-8000.00	14555.09	21818.09
DR 038	155813.29	370000.00	40800.00	329200.00	-115013.29	214186.71
DR 041	386659.29	564100.00	295001.00	269099.00	-91658.29	177440.71

DR	(B/C)*100	(D/C)*100	(B/D)*100	Grado de estrés hídrico*
DR 037	140.4	135.7	103.4	Muy alto
DR 051	148.7	128.3	115.9	Muy alto
DR 084	78.2	92.7	84.3	Alto
DR 038	42.1	11.0	381.9	Alto
DR 041	68.5	52.3	131.1	Alto

*El grado de estrés de un acuífero es el agua consumida o concesionada entre el agua renovable.

En este caso obtuvimos el agua consumida entre la recarga del acuífero (B/C).

De 0% a <10%	Sin estrés
De 10% a <20%	Estrés Bajo
De 20% a <40%	Estrés Medio
De 40% a < 80%	Estrés Alto
D 80% y más	Muy alto

Fuente: Elaboración propia con datos de la CONAGUA 2015. Registro Público de Derechos de Agua (2015) obtenido de www.datos.gob.mx y Publicaciones de disponibilidad de los acuíferos en www.conagua.gob.mx

Cuadro 2 Distritos de Riego 037, 038, 041, 051 y 084, volumen superficial consumido, concesionado y porcentajes de agua superficial y subterránea respecto al total de cada DR, para el año 2014.

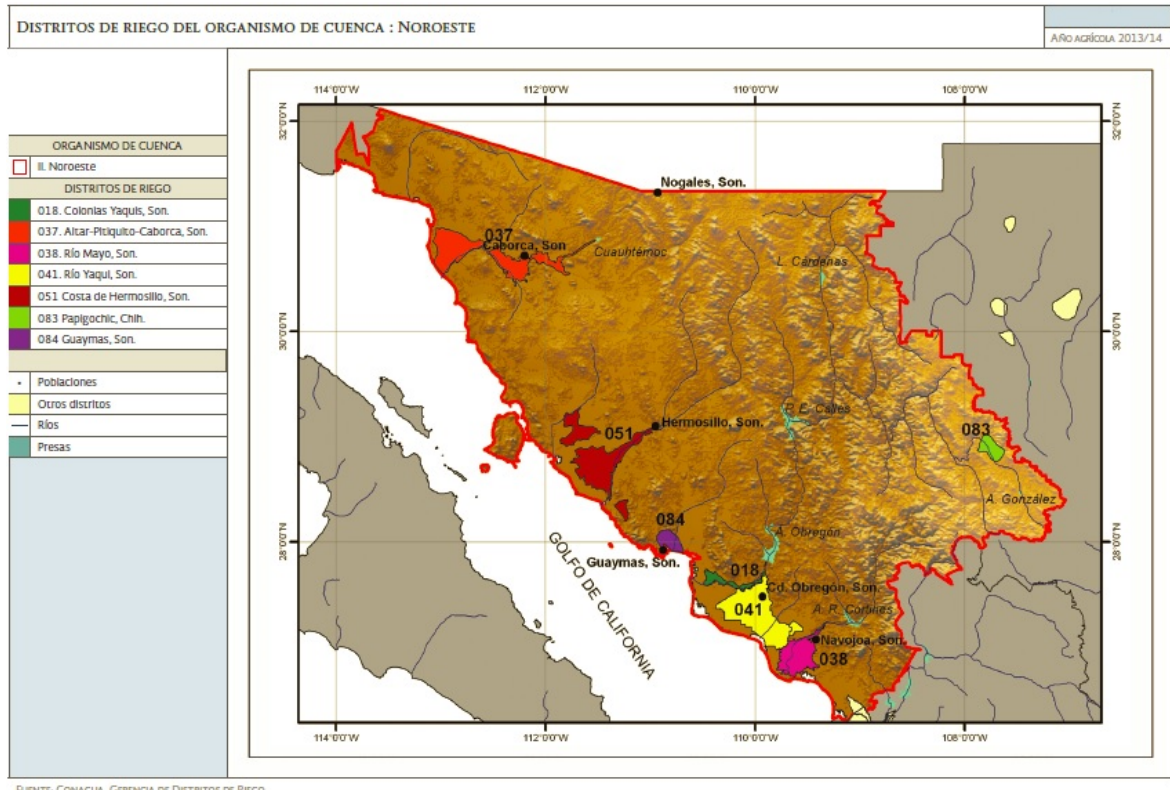
Distritos de Riego	Agua superficial			Consumo total de agua subterránea y superficial (B+E)	Porcentaje de consumo de agua subterránea con respecto a su consumo total	Porcentaje de consumo de agua superficial con respecto a su consumo total
	Volumen concesionado (miles de m ³) (E)	Volumen consumido (miles de m ³)(G)	Concesionado-consumido (E-G)			
DR 037	16386	0.12367	16385.87633	298866.91	99.999959	0.000041
DR 051	0.00	0.00	0.00	371633.00	100	0
DR 084	0.00	0.00	0.00	78181.91	100	0
DR 038	3340000	691639.652	2648360.348	847452.94	18.39	81.61
DR 041	10571000	1668801.28	8902198.72	2055460.57	18.81	81.19

Fuente: Elaboración propia con datos de la CONAGUA 2015. Registro Público de Derechos de Agua (2015) obtenido de www.datos.gob.mx y publicaciones de disponibilidad de los acuíferos en www.conagua.gob.mx.

Los tres DR escogidos para la presente investigación siguen un diseño de investigación *most similar* se encuentran en tres acuíferos costeros sobreexplotados en una zona semidesértica. La sobreexplotación de estos acuíferos inició desde mediados del siglo XX y continúa hasta la actualidad, a pesar de diversos programas públicos implementados en la zona. La sobreexplotación de estos acuíferos ha causado intrusión salina a los acuíferos, disminución de niveles piezométricos de los acuíferos, tierras de cultivo ensalitradas y abandonadas, disminución de la rentabilidad debido al abandono de tierras de cultivo y de aumento de costos de bombeo a mayor profundidad. De seguir la situación actual de sobreexplotación de los acuíferos sumado con los efectos probables indicados del cambio climático, los problemas antes mencionados seguirán aumentando y llegarán a un nivel donde sea muy difícil el desarrollo agrícola, humano y ecológico en la zona. Es por esto la importancia de analizar los factores de aumento de la demanda de agua subterránea, así como observar las diferencias entre tres DR seleccionados. Por lo tanto, es interesante explorar, por qué razones, el consumo de agua subterránea del DR 084 Guaymas tiene un desempeño diferente al registrado en de los DR 037 APC y DR 051 CH, en el sentido de que el consumo del primero es menor que la recarga y menor que la concesión. De esta comparación se podrían colegir las explicaciones sobre la naturaleza de la sobreexplotación de agua subterránea por parte de DR y de productores agrícolas de riego en general, en las condiciones semidesérticas

y cerca de un polo de atracción de demanda importante. Ver figura 1, para observar la ubicación geográfica de los DR en Sonora.

Figura 1 Distritos de Riego del organismo de cuenca: Noroeste, México, 2015.



Fuente: Tomado de CONAGUA (2015:10).

Objetivo general de la investigación

Identificar qué factores pueden explicar la sobre explotación de agua subterránea en los distritos de riego en el estado de Sonora, y la interacción de estos en la dinámica y estructura de esta actividad, a la luz del análisis realizado en tres distritos seleccionados en base al modelo análisis comparativo *most similar* o estudio de casos más similares. Los distritos 037 Áltar Pitiquito Caborca, DR 051 Costa de Hermosillo y DR 084 Guaymas.

Limitación de la investigación

La presente investigación tiene los alcances que se han mencionado, en Distritos de Riego con características similares a los de estudio y con las variables estudiadas. Se sabe ampliamente que existen multiplicidad de variables que inciden en la demanda de agua subterránea tales como el subsidio implícito al agua, el cambio climático, la cercanía a un polo de atracción de demanda como una ciudad o país importante, carreteras, apoyos públicos mediante subsidios en efectivo o en especie, créditos (Ávila Forcada, Guevara Sanguinés, & Muñoz Piña, 2008). También “el tipo de cultivos, las características del suelo, el clima, la temporada de cultivo, y la calidad del agua” (Castellano, Martínez de Anguita, Elorrieta, & Rey, 2008) entre otros. Es por esta razón que el alcance del presente estudio se limite a las variables subsidio implícito del agua por tonelada, hectárea y como proporción del valor de la producción, índice de especialización y hectáreas sembradas para realizar el modelo *most similar* entre tres Distritos de Riego de Sonora con consumo de agua subterránea, explicando por algún factor diferente que llamaremos la causa putativa de la diferencia entre los tres Distritos de Riego, del porque uno no sobreexplota (DR 074 Guaymas) y los otros dos si lo hacen (DR 037 APC y DR 051 CH).

La investigación se enfocó más a las variables de subsidio implícito del agua e índice de especialización debido a que éstas no han sido estudiadas tan profundamente y numerosamente en México como las variables ya mencionadas anteriormente.

CAPÍTULO 1. MARCO TEÓRICO Y ESTADO DEL ARTE

Introducción

Es necesario revisar e interiorizar los conceptos teóricos, revisión de experiencias internacionales y estudios de demandas de agua subterránea en México para realizar la presente investigación. Esto debido a que necesitamos un marco de referencia teórico para diseñar el marco conceptual y metodológico con los cuales analizar los problemas, seleccionar las variables y desarrollar la investigación. Dado que, en nuestro conocimiento por los trabajos

consultados en el curso de esta investigación, la aproximación de este trabajo sobre las razones de la sobre explotación es novedosa, los resultados que se obtengan pueden aportar nuevas luces o proponer argumentos para futuras investigaciones, la suma de las cuales dar curso a conclusiones generalizables.

Factores que explican la trayectoria de la demanda de agua en el sector de agricultura.

La demanda de agua de uso agrícola se inserta en el conjunto de demandas de agua humanas, las cuales se pueden clasificar en cinco sectores de uso de agua:

- **Alimentos y agricultura**, realiza la mayoría de las extracciones en el mundo. De esta relación surge otra importante: a mayor el tamaño de la población, mayor la demanda de alimentos y la actividad agropecuaria.
- **Energía**, es el agua utilizada para producir energía (consuntiva y no consuntiva) principalmente en hidroeléctricas.
- **Industria**, cubre una gran cantidad de actividades productivas secundarias con impactos amplios tanto en cantidad y en calidad de los recursos locales de agua y el ambiente.
- **Asentamientos humanos**, “que incluye agua para beber y usos del hogar como cocinar, limpieza, higiene y algunos aspectos de saneamiento”; y
- **Ecosistemas**, son las aguas demandadas por las sociedades, que dependen de qué servicios ecológicos quieren las sociedades que los ecosistemas provean y cuáles son los requerimientos de agua para que estos servicios ecológicos se mantengan y restauren. (United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (UNESCO), 2012:45).

Existen factores que impulsan la demanda de agua de parte de estos cinco sectores de uso del agua. En el caso específico de la agricultura estos factores son: i) El cambio demográfico, es decir, el crecimiento de la población, el cual parí pasu con el aumento del tamaño incrementa la demanda total de alimentos. ii) El aumento de la competencia por el agua entre

sectores de usuarios del cual pueden surgir conflictos por acaparar los derechos de uso del agua. Estos conflictos se traducen en carreras por adquirir esos derechos antes que otros usuarios. iii) El crecimiento económico per cápita hace que la demanda per cápita de alimentos aumente y que la estructura de este consumo se diversifique. En países con un Producto Interno Bruto (PIB) per cápita bajo, como por ejemplo China, el crecimiento de este indicador ha implicado, por un lado, que parte de los aumentos en el ingreso se destinan a mayor ingesta alimenticia y, por el otro, a que se eleve el consumo de cárnicos y crezca la demanda de insumos para la cría de ganado: forrajes y cereales, y el consumo de agua. iv) El factor político expresado en los precios bajos o nulos del agua de uso agrícola y los subsidios públicos a la electricidad para el bombeo de aguas subterráneas los cuales incentivan una mayor extracción del agua. v) Aumento de la producción de bioetanol y biodiesel, la cual aumenta la cantidad de agua utilizada para cada vez más producción de estos cultivos para biocombustibles. vi) El proceso de urbanización impulsa tanto el consumo de agua como su distribución desde ubicaciones alejadas y el volumen de alimentos per cápita debido a que el transporte hasta los centros urbanos y el almacenamiento hasta la distribución al consumidor final generan grandes pérdidas de alimentos. vii) El cambio climático. Si bien el cambio climático no se da uniformemente y de manera simultánea en todas las regiones del orbe, se ha detectado que en muchos países y regiones, existen, por una parte, fenómenos de sequías de mayor intensidad y duración y, por la otra, períodos de gran pluviosidad. En una forma u otra todo se ha asociado a mayores requerimientos. viii) El comercio internacional también aumenta la demanda de agua de uso agrícola en aquellas regiones donde existe una producción de *commodities* de uso intensivo de agua para exportación. “Aproximadamente un sexto de los problemas de agua en el mundo puede ser hallados en la producción agrícola para exportación”(Hoekstra, 2010:9). (FAO, 2012:11-15; PNUD, 2006:14; UNESCO (2012:45; OECD, 2014). El cuadro No. 3. sintetiza estos puntos.

Hoekstra y Mekonnen (2014) muestran la gran importancia de la agricultura como el mayor usuario de agua dulce en el mundo, así también cómo el crecimiento demográfico y el cambio de preferencias de dieta y de demanda de biocombustibles aumenta la presión sobre el recurso hídrico, coincidiendo con los factores antes mencionados por ONU, FAO y UNESCO, en este sentido, indican que:

La agricultura es el mayor usuario de agua dulce, su uso representa el 99% del consumo mundial (agua azul más verde) de la huella hídrica (Hoekstra y Mekonnen, 2012). El crecimiento demográfico, asociado con el cambio de preferencias en la dieta y el aumento de la demanda de biocombustibles, ejercerá una presión cada vez mayor en los recursos de agua dulce del globo (Falkenmark et al, 2009; Gleick, 2003; Rosegrant et al, 2009). Se espera que el consumo del agua (tanto de la precipitación y riego) para la producción de cultivos de alimentos y forrajes se espera aumentará en un 0,7% por año a partir de su nivel estimado de 6400 billones de m³ / año en 2000 a 9060 billones de m³ / año con el fin de alimentar adecuadamente a la población mundial de 9,2 billones en 2050 (Rosegrant et al., 2009). La creciente escasez de agua dulce es ya evidente en muchas partes del mundo. (Gleick, 1993; Hoekstra et al., 2012; Oki and Kanae, 2006; Postel, 2000; Vörösmarty et al., 2010; Wada et al., 2011). (Mekonen & Hoekstra, 2014).

Por otra parte, Rivero y García (2011) indican que la sobreexplotación de acuíferos por uso agrícola en México se debe principalmente a dos causas: “el subsidio a las tarifas eléctricas para el bombeo de agua y los fallos institucionales en la asignación, inspección, monitoreo y sanción de las concesiones por usar el agua.” (Rivero Cobb & García Rivera, 2011). Asimismo, Ávila et al (2005) indican que los subsidios a la electricidad para bombeo de agua subterránea y el nulo precio del agua de uso agrícola en México incentivan una mayor extracción de ésta. Ellos indican que “esto provoca una falsa rentabilidad de ciertos cultivos a corto plazo y a largo plazo la no elección de mejores tecnologías, lo que da lugar a una mayor extracción del recurso” (Ávila, et al, 2005:71). De acuerdo a Castellano et al (2008) la demanda de agua en agricultura depende de “el precio del recurso, y en adición, en otros factores tales como el tipo de cultivos, las características del suelo, el clima, la temporada de cultivo, y la calidad del agua.” (Castellano, Martínez de Anguita, et al, 2008).

La literatura revisada indica que algunos factores importantes que en la actualidad están incrementando la demanda de agua en el mundo son: el cambio climático, el incremento de la población, el aumento del PIB per cápita y el cambio de preferencias las dietas, producción de biocombustibles, aumento de la urbanización, aumento de competencia entre usuarios, comercio internacional, precios nulos o muy bajos del agua y los subsidios a la electricidad para el bombeo de agua subterránea para uso agrícola.

Cuadro 3 Factores que aumentan la demanda de agua en el sector de agricultura.

Factores humanos que aumentan la demanda	Como impulsa la demanda de agua
Cambio demográfico	Aumenta la demanda de alimentos.
Aumento de la competencia por el agua entre sectores de usuarios	La escasez empeora en un lugar cuando existe un aumento de la competencia por el agua entre sectores de usuarios. Los individuos y/o grupos aumentan su captación del agua en un lugar donde ya es escasa. Esto lo puede hacer a través de acaparamiento, la profundización o la especulación de los derechos de agua.
Crecimiento económico y prosperidad	Crece la demanda per cápita de alimentos. Puede llegar a un pico de crecimiento de aumento de extracciones de agua como sucedió en Estados Unidos en la década de 1980, a pesar del aumento de la población. Esto relacionado con el nivel de PIB per cápita.
Dietas que cambian, aumentando el consumo de carnes rojas y lácteos	Esto hace que aumente la producción de ganado, forraje y cereales, y por tanto aumente el agua consumida por este sector.
Factores Políticos	Los precios bajos o nulos del agua de uso agrícola, los subsidios a la electricidad para bombeo de aguas subterráneas incentivan una mayor extracción del agua.
Producción de bioetanol y biodiesel	La producción de bioetanol ha aumentado tres veces y la de biodiesel once veces de 2000 a 2007. Aumentando también el consumo de agua para la producción que es por riego.
Urbanización	Aumenta la demanda de alimentos debido que, en las ciudades, el tamaño de la cadena de alimentos aumenta (supermercados, restaurantes y comida rápida) y existe mayor desperdicio de comida.
Cambio climático	Aumenta la demanda de agua para contrarrestar el calentamiento global y por las medidas de adaptación.
Comercio, nacional e internacional	Expande la demanda de los bienes que se pueden exportar a precios inferiores o iguales a los internacionales y estimula la ubicación de factores, tierra, capital y mano de obra hacia los bienes que pueden competir en el exterior o en el mercado interno frente a las importaciones foráneas

Fuente: Elaboración propia con información tomada de FAO (2012:11-15), PNUD (2006:14) y UNESCO (2012:45, (Turrall, Burke, Faurès, & Faurés, 2011) y (OECD, 2014).

Precio del agua subterránea para uso agrícola.

No es fácil determinar qué normas han de regir el establecimiento de los precios de un bien básico, indispensable para la vida y además escaso. Se discute si se han de aplicar los principios macro económicos que se usan para el estudio de los mercados de bienes comerciales, en los cuales, partiendo de la presunción de la competencia perfecta, se asume que, de la interacción de la oferta y la demanda, se llega a un precio en el que toda la oferta se realiza, es decir el mercado se equilibra o vacía.

Desde la paradoja del valor del agua y los diamantes estudiada por Adam Smith y David Ricardo, se ha mostrado un interés en la ciencia económica por valorar las mercancías y en específico el agua, una mercancía especial por lo ya dicho. Actualmente de acuerdo a la teoría económica hay diversas formas de obtener el precio del agua:

- Oferta-demanda o costo marginal. En una estructura de mercado, la interacción entre la oferta y la demanda y su libre ajuste en el tiempo determinan el precio unitario. Este mecanismo tiene dos propiedades importantes: en la primera, el precio es igual al costo marginal de producción o abastecimiento, haciendo que las cantidades en la oferta y demanda de mercado se iguales y no haya escases; la segunda conduce a la utilización eficiente del recurso, optimizando y rendimiento marginal y minimizando su desperdicio.
- Renta económica. Representa la diferencia entre la máxima propensión de pagar por unidad del recurso utilizada, y el costo de producir o abastecer dicha unidad. En agricultura de riego, la máxima propensión de pago por el uso del volumen unitario sería igual al beneficio neto que produce ese volumen en los cultivos con irrigación. Este concepto apoya el establecimiento de cuotas diferenciales por rendimiento por cultivos y su consumo asociado de agua.
- Costo de oportunidad. Cuantifica el valor neto del recurso en su mejor uso alternativo local.
- Recuperación de costos. El precio por unidad del recurso, lo determina el programa de recuperación del capital invertido y de los costos periódicos de operación. (...)

- Redistribución del ingreso. (...) Este método da prioridad a la estructura diferencial de cuotas del agua para riego en función de la capacidad de pago de productores. (Gomez Aviles, 1996:16-17).

Es necesario resaltar que ha cambiado la forma de ver el agua como un bien público en México. Actualmente se ve como un bien a veces privado y a veces público, es decir si es rival y excluyente debido a la creciente población y demanda de agua, en ciertas cuencas y regiones hidrológicas en México con alto estrés hídrico, el hecho que acceda una persona al agua si genera una disminución al recurso de otra persona. Es excluyente debido a que, el concesionario (persona física o moral que tiene una concesión para la explotación del agua superficial o subterránea) puede excluir a los demás ciudadanos de consumir el agua que contempla su concesión. Es por esto que es un tema complejo debido a que, si bien se ve al agua como un insumo de la producción, también el agua es un derecho humano: agua para beber y saneamiento humano, así como agua suficiente y oportuna para producir alimentos que garanticen la seguridad alimentaria de los ciudadanos.

En México existen programas públicos del gobierno federal que tienen como objetivo la eficiencia del uso del agua en la agricultura de riego, se han realizado evaluaciones acerca de los mismos en México y como estos han afectado a la demanda de agua. De acuerdo a la evaluación del programa de Uso Eficiente del Agua y la Energía Eléctrica (2004) el objetivo de la eficiencia del recurso si se cumple, empero la superficie cosechada se amplió y se incrementó la proporción del cultivo de productos agrícolas de alta demanda de agua como: alfalfa, caña y pastos, aumentaron su participación proporcional en 0.92% después de haber sido aplicado el apoyo público (Guerrero-García-Rojas, 2007:51). En el mismo sentido, Carabias y Landa (2005) se refieren a la sobre-explotación de acuíferos y los apoyos públicos para la eficiencia hidroagrícola:

“El ahorro del agua que proviene del empleo de estas tecnologías eficientes se utiliza para extender las superficies irrigadas, para tener más de una temporada de siembra al año o para introducir cultivos que requieren mucha más agua, por lo que el impacto ecológico de la sobreexplotación del acuífero no se resuelve con la modernización de la tecnología aplicada, e incluso este impacto puede aumentar al proporcionar a los agricultores medios más económicos de extracción del líquido. Esto no significa que el fomento en la modernización de tecnologías sea una política inadecuada, sino que es insuficiente y algunas veces contraproducente si no se acompaña de medidas que realmente permitan un uso eficiente del agua y eviten la sobreexplotación de los acuíferos.” (Carabias & Rosalva, 2005:61).

Debido a que el volumen de agua concesionada es la misma, no hay incentivos para consumir menos agua que la ya concesionada, en vez de eso se amplía las hectáreas cosechadas y/o se amplía la proporción de productos agrícolas que demandan alta cantidad de agua. Por otra parte, existe el Programa de Adecuación de Derechos de Agua (PADUA), el cual esencialmente tiene como objetivo comprar derechos de Agua en Distritos de Riego que están sobre concesionados. Ojeda, Gonzalez & Pimentel (2015) indican que:

El análisis de la compra permanente de derechos de Agua en México, mostró que esta política ha tenido un efecto positivo en la conservación del agua en la mayoría de los distritos de riego donde fue aplicado. Sin embargo, debido a las ganancias mayores en la agricultura de riego proveída por aguas subterráneas que las que utilizan aguas superficiales, la compra de derechos de agua hecha por el gobierno federal no ha incentivado que los dueños de los pozos vendan sus derechos de agua. En consecuencia, el PADUA es principalmente aplicado en la actualidad, principalmente en distritos de irrigación proveídos por fuentes superficiales (Ojeda-Bustamante et al, 2015: 3).

Este programa ha tenido un mayor éxito comprando derechos de agua superficiales que de agua subterránea, debido a que generalmente los productores agrícolas que utilizan agua subterránea obtienen mayores ganancias que los productores agrícolas que utilizan agua superficial, por lo tanto, esto hecho ha implicado que los primeros no tengan un mayor interés en que les sea comprado sus derechos de agua subterránea.

Subsidio implícito. Subsidio al precio del agua.

De acuerdo a Instituto Nacional de Ecología (2008) el hecho que el gobierno federal no cobre el agua de uso agrícola contemplada en la concesión se considera como un subsidio implícito debido a que el agua “si tiene un precio sombra entre usos alternativos” (INE, 2008). Los precios sombras son aquellos en los que “si solo los beneficios privados y los costos estuvieran involucrados, los precios sombra del agua serían los mismos que aquellos en un mercado libre y competitivo. Ellos no son simplemente los costos marginales de extracción, tratamiento, y transporte, pero también incluyen el cargo por el valor de la escasez.” (Salman et al, 2006: 141). El precio sombra maximizaría los beneficios netos con flujos eficientes de agua. De acuerdo a los autores el precio sombra con intervención del gobierno, puede ser vistos inexactamente por los usuarios como el cargo del servicio del gobierno por revender el

agua. Pero que este precio sombra sí es útil para medir los costos de oportunidad del agua utilizada por los consumidores entre el presente y futuro, asimismo, para el intercambio de agua entre cuencas llamado trasvase, o la desalinización de agua.

En la presente investigación, utilizaremos el precio sombra estimado por Salazar et al (2012) cuyos estudios proponen un precio sombra óptimo, que lograría equilibrar la demanda del Distrito de Riego Costa de Hermosillo y la recarga de agua del acuífero Costa de Hermosillo. De manera que para llegar a un manejo sustentable del acuífero Costa de Hermosillo se tendría que cobrar ese derecho por metro cúbico. El precio sombra óptimo asciende a 3.87 pesos. Para llegar a esta cifra, los autores definen el precio sombra como la cotización del agua por metro cúbico que modificaría el valor óptimo de la función objetivo, si se aumentará la cantidad de agua disponible en un metro cúbico; es decir, señala cuánto agregaría al valor neto un metro cúbico adicional en los cultivos incluidos. Esta información tiene repercusiones importantes pues el precio sombra serviría para estimar los beneficios derivados de la obtención de agua adicional para la agricultura; así como el costo de oportunidad que tendría para los agricultores vender sus derechos de agua a otros o para uso urbano (Salazar et al, 2012:168).

La CONAGUA al otorgar las concesiones de uso de agua no toma en algunos casos el límite de recarga del acuífero como el caso del acuífero de Costa de Hermosillo, Caborca y Valle de Guaymas hasta 2004 o da una concesión con un grado de presión alta en la recarga del acuífero. En aquellos casos en que la concesión supera la recarga, se puede sugerir el que el gobierno federal estimula la sobre explotación. En todos los casos, el subsidio implícito al agua, constituye un estímulo al uso no eficiente del agua e implícitamente la sobreexplotación de los acuíferos. Para determinar los efectos de la política de adjudicación de las concesiones y al uso del agua en el sector agrícola, haremos un ejercicio para estimar el monto de este subsidio implícito resultante de la política de precios al agua para extraer el agua del acuífero. Debido a que en los datos oficiales suministrados por las agencias oficiales no aparece el monto del volumen consumido que excede a la concesión, haremos un cálculo simple, para calcularlo, en base al volumen de agua consumida.

El ejercicio del cálculo del subsidio implícito del agua también se hará utilizando el volumen reportado en las estadísticas de los distritos de riego, y después veremos cuál es el porcentaje en el valor de la producción agrícola, en los productos seleccionados, como los más importantes del estado y de los territorios que se irrigan en los distritos.

Para la presente investigación “Fue asumido desde el inicio que, para tratar el hipotético incremento del precio del agua, un agricultor buscaría maximizar el beneficio y disminuir el consumo de agua al usar estrategias las cuales combinan elementos tales como el cambio de composición de especies y variedades cultivadas en la tierra o cambiando la proporción de tierra irrigada a tierra firme” (Esteban Castellano, 2008:335).

Índice de especialización económica y ventaja comparativa revelada: intercambio internacional o inter regional.

Entre los varios indicadores de análisis regional, desarrollados para definir la capacidad de competir en los mercados nacionales o extranjeros de determinadas regiones, de acuerdo a su dotación de factores y estructuras productivas y actividades; están aquellos que miden la especialización de una región en un país, o en el contexto internacional, son los índices de especialización. Estos indicadores se usan para diseñar políticas de promoción del desarrollo, focalizadas según productos y regiones, o para determinar los factores que han estimulado la expansión o la contracción de las actividades predominantes en una región y actuar sobre ellos, de acuerdo a los objetivos de política determinados. Los indicadores más importantes para el presente estudio son los de la ventaja comparativa revelada (VCR) y el índice de especialización económica (IEE).

El índice de especialización de la ventaja comparativa revelada creado por Balassa (1965) e introducido por primera vez por Liesner en 1959 está definido como: “la relación de las exportaciones de un país en una categoría de un producto en particular entre su participación en las exportaciones totales de mercancías” (Balassa & Noland, 1989:9). La VCR “mide la competitividad de un producto, o su ventaja comparativa, mediante el crecimiento de su

participación en el mercado de destino” (Puyana & Romero, 2006:227). La fórmula de la ventaja comparativa revelada (VCR) es:

$$VCR = \frac{\frac{X_{ij}}{\sum_i X_{ij}}}{\frac{\sum_i X_{ij}}{\sum_i \sum_j X_{ij}}},$$

Donde X son las exportaciones, i es la industria o la categoría del producto y j es el país (Balassa & Noland, 1989:9). Asimismo, observamos la forma simplificada de esta fórmula realizada por Erkan & Saricoban (2014):

$$VCR = \frac{\frac{X_{ij}}{X_j}}{\frac{X_{iw}}{X_w}}$$

En esta fórmula simplificada de la ventaja comparativa revelada, tenemos que X son las exportaciones, i es la industria o la categoría del producto, j es el país y w es el mundo. “El índice neutraliza el efecto del tamaño de la economía del país o industria, y por lo tanto hace posible realizar comparaciones significativas entre países y desempeño internacional de industrias diferentes.” (Erkan & Saricoban, 2014:120). El valor del índice de VCR va desde el cero hasta el infinito. La VCR es igual a cero cuando el país no tiene exportaciones de ese producto o industria en particular, es igual a infinito cuando el país es un importante exportador en el producto o industria en cuestión. Asimismo, tenemos que “valores igual a la unidad sugieren que no hay especialización en determinado producto, por lo que la ventaja comparativa sería neutra. Valores superiores indican una ventaja comparativa en relación con otros competidores. El descenso del valor obtenido en un año implicaría la pérdida de ventaja comparativa y cesión de fracciones de mercado a proveedores más eficientes.” (Puyana & Romero, 2006:227). Faustino (2008), citado por (Erkan & Saricoban, 2014), indica que, al aplicar logaritmos al índice de VCR, si éste resulta con un valor positivo entonces existe una ventaja comparativa revelada, de lo contrario si es negativo se tendrá una desventaja comparativa.

El segundo índice de especialización es el índice de especialización económica (IEE) o “location quotient”, mide el peso de un sector, o un producto en un estado (una unidad geográfica o rama de actividad económica) y lo relaciona con el peso de ese mismo bien en el total nacional o en el mercado internacional. La expresión matemática del IEE para la presente investigación es:

$$\text{Índice de especialización económica para los DR} = \frac{\frac{VPDR}{VTPDR}}{\frac{VPPM}{VPM}}$$

Donde:

VPDR= valor del producto en el DR.

VTPDR=Valor total de la producción del DR.

VPPM=Valor del producto en la producción de México

VPM=Valor de la producción de México

El índice de especialización en el comercio, indica las ventajas comparativas de una región en un país o de éste último en el comercio mundial o en un mercado determinado. En este estudio, estableceremos el índice de especialización de los Distritos de Riego seleccionados en el contexto estatal y nacional, dado que no hay datos exactos que establezcan las exportaciones de los municipios a los mercados extranjeros. Después se realizará el cálculo de consumo aparente estatal de los cultivos más importantes, se restará éste menos la producción de los DR seleccionados. Se hará lo mismo para el consumo aparente nacional. Esto con la finalidad de saber si se produce más allá del consumo aparente de Sonora, esto significaría que se vende el producto afuera de la entidad ya sea dentro del país o al extranjero. Si se produce más que el consumo aparente nacional, sería un indicador más sólido de la exportación fuera del país.

De acuerdo a Guerrero-García-Rojas et al (2015) en su investigación de la estructura de precios del agua en México y sus implicaciones, tiene como conclusiones que:

Aunque la asignación de precios del agua en México es metodológicamente correcta con respecto a la disponibilidad regional y el tipo de usuarios, la aplicación de subsidios a los usuarios (agricultura) socava el objetivo del diseño de ellos, así como la estrategia de utilizar el precio del agua como una herramienta económica para el uso eficiente de la misma. Mientras que la política hídrica de México esté fuertemente apoyada por su legislación, debe adaptarse al contexto actual de la economía mexicana globalizada. Esto es especialmente cierto en el caso de la agricultura en la que los derechos de agua están muy subvencionados. En comparación con los otros sectores, la agricultura es el mayor consumidor de agua, y hay usuarios agrícolas en zonas de baja disponibilidad de agua que reportan un alto valor económico de la producción, principalmente para la exportación y que no representa a la economía nacional. (Guerrero-García-Rojas et al, 2015:246).

De lo anterior se desprende la importancia de la producción agroexportadora, en contextos geográficos de baja disponibilidad hídrica, como gran consumidor de agua en el país y generador de significativas ganancias con respecto a la gran mayoría de los productores en México, pequeños y de muy bajos ingresos. En México las cifras oficiales no miden el origen de donde se producen las exportaciones por municipio, localidad o entidad federativa (se registra el domicilio fiscal de la empresa comercializadora o productores que exportan el producto). Por tal razón, se realizará una aproximación con lo que sugiere el índice de especialización.

Qué es un acuífero

Un acuífero es una “formación geológica o conjunto de formaciones geológicas hidráulicamente conectadas entre sí, por las que circulan o se almacenan aguas del subsuelo que pueden ser extraídas para su explotación, uso o aprovechamiento y cuyos límites laterales y verticales se definen convencionalmente para fines de evaluación, manejo y administración de las aguas nacionales del subsuelo” (CONAGUA, 2014: 228). El inventario oficial de acuíferos fue publicado en 2001 en el Diario Oficial de la Federación (DOF), después de esta publicación “se inició un proceso de delimitación y estudio de los acuíferos para dar a conocer de manera oficial la disponibilidad media anual de éstos, siguiendo la norma oficial mexicana NOM-011-CONAGUA-2000” (CONAGUA, 2014: 228). El proceso de delimitación y estudio de los acuíferos dio como resultado que para el año de 2013 se había publicado en el DOF la disponibilidad media anual de 653 acuíferos. Este es un insumo nodal para la gestión integral de los acuíferos. El gobierno federal mexicano antes de 2001 había contratado

estudios especializados de los acuíferos desde mediados del siglo XX. Estos estudios son retomados como referencia en los documentos de disponibilidad de acuíferos más actuales.

Qué es la sobre explotación de un acuífero

Un acuífero sobre explotado es aquel en el que la extracción del agua subterránea es mayor que el volumen de recarga media anual. Entre los efectos negativos al ambiente producidos por la sobre explotación de los acuíferos por largos periodos de tiempo están: “agotamiento o desaparición de manantiales, lagos, humedales; disminución o desaparición del flujo base en ríos; abatimiento indefinido del nivel del agua subterránea; formación de grietas; asentamientos diferenciales del terreno; intrusión marina en acuíferos costeros; migración de agua de mala calidad.” (CONAGUA, 2014: 228) Estos impactos ambientales pueden ocasionar efectos negativos económicos y sociales, como ya se ha mencionado.

La medición de sobreexplotación de acuíferos de acuerdo a las reglas de operación de los programas públicos de CONAGUA es cuando el agua extraída del acuífero supera en un 10% al agua recargada del acuífero. Aunque la definición que se encuentra en las publicaciones de estadísticas del agua indique que es cuando la extracción es superior a la recarga., no lo es para los acuíferos que CONAGUA oficialmente reconoce como sobreexplotados.

Disponibilidad natural media

La disponibilidad natural media es el “volumen total de agua renovable superficial y subterránea que ocurre en forma natural en una región”. (CONAGUA, 2014:230) Siendo el agua renovable la “cantidad máxima de agua que es factible explotar anualmente. El agua renovable se calcula como el escurrimiento superficial virgen anual, más la recarga media anual de los acuíferos, más las importaciones de agua de otras regiones o países, menos las exportaciones de agua a otras regiones o países.” (CONAGUA, 2014: 230) La disponibilidad media anual de aguas subterráneas es el “Volumen medio anual de agua subterránea que puede ser concesionada para ser extraída de una unidad hidrogeológica o acuífero para diversos usos, adicional a la extracción ya concesionada y a la descarga natural comprometida, sin poner en

peligro el equilibrio de los ecosistemas”. Sonora posee el 2.3% de la población total, dispone del 1.8% del agua renovable y el 3.6 de la recarga. Estas primeras aproximaciones sugieren una relativa estrechez en la disponibilidad de agua renovable, en relación al país que se solventa con la recarga, si fuera factible hacer estos balances.

La CONAGUA realiza los estudios de medición del agua renovable (AR). En “2011 se culminó un ciclo completo de actualización de datos hidrológicos; si bien anualmente se actualizan los estudios de una parte de las cuencas y acuíferos de México, se seguirá empleando el cálculo de 2011 hasta que se termine otro ciclo completo de estudios.” (CONAGUA, 2014: 4).

Grado de presión sobre el recurso hídrico

El grado de presión (GP) sobre el recurso hídrico es el cociente entre el volumen de agua utilizada en usos consuntivos y el agua renovable de una cuenca, acuífero, región hidrológica o país multiplicado por 100. El grado de presión sobre el recurso hídrico está clasificado en muy alto (si es igual o mayor a 100%), alto, (si es mayor que 40% pero menor a 100%), medio (mayor a 20% y menor a 40%), bajo (de 10 a 20%) y sin estrés (menor a 10%).

El panorama general en México es interesante de analizar debido al grado de presión a nivel nacional es de 17.3%, es decir relativamente bajo. Sin embargo, vemos que existen algunas RHA con grados de presión muy alto y alto, en la región centro, norte y noroeste del país. Es por eso que nos interesa conocer con más detalle las causas o los fenómenos relacionados con la presión sobre el recurso hídrico por regiones, para una aproximación más concreta sobre este fenómeno que la apreciación a nivel nacional.

Es de resaltar que la CONAGUA ha hecho cálculos utilizando la proyección de la Comisión Nacional de Población para el año 2030, y ha indicado que en algunas regiones hidrológicas Administrativas como I Península de Baja California, VI Río Bravo y XIII Aguas del Valle de México existirán niveles extremadamente bajos de agua renovable per cápita.

CAPÍTULO 2. Marco jurídico y normativo relacionado con el uso de las aguas en México

Marco jurídico del agua de uso agrícola

Existe un rico arsenal de normas que, a partir de la constitución política de México, regula el uso del agua y fijan condiciones relativas a su distribución equitativa, de suerte que se logre el desarrollo económico y social justo y sustentable. De suerte que la sobre explotación de los acuíferos podría considerarse apropiadamente como un incumplimiento evidente del mandato constitucional y de la normatividad derivada de la Carta Magna. A continuación, se relatan las principales normas.

El artículo 27 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos consagra en el Estado Mexicano la propiedad de las aguas nacionales comprendidas dentro de los límites del territorio nacional y le otorga “el derecho de transmitir el dominio de ellas a los particulares, constituyendo la propiedad privada”. Es importante resaltar que: “La nación tendrá en todo tiempo el derecho de imponer a la propiedad privada las modalidades que dicte el interés público, así como el de regular, en beneficio social, el aprovechamiento de los elementos naturales susceptibles de apropiación, con objeto de hacer una distribución equitativa de la riqueza pública, cuidar de su conservación, lograr el desarrollo equilibrado del país y el mejoramiento de las condiciones de vida de la población rural y urbana”. (Constitución Mexicana, artículo 27).

Asimismo, el artículo 27 dispone que El Estado dicte las medidas necesarias para el fomento de las actividades económicas en el medio rural y evitar la destrucción de los elementos naturales y los daños que la propiedad pueda sufrir en perjuicio de la sociedad. En desarrollo de estos principios, en el Art 4, constitucional, Tercer Párrafo, se establece que toda persona tiene derecho a un medio ambiente adecuado para su desarrollo y bienestar. Estos principios constituyen la base legal e institucional sobre la conservación del medio ambiente (Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente su Reglamento) y la sustentabilidad del recurso hídrico (Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento).

La Ley de Aguas Nacionales (LAN) dispone que el órgano encargado de la administración y preservación de las aguas nacionales para lograr su uso sustentable es la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), la cual está descentralizada de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT). La LAN establece que:

(...) la explotación, uso o aprovechamiento de las aguas nacionales se realizará mediante concesión o asignación otorgada por el Ejecutivo Federal a través de “la Comisión” por medio de los Organismos de Cuenca, o directamente por ésta cuando así le competa, de acuerdo con las reglas y condiciones que dispone la LAN y sus reglamentos. ((DOF, 2016).

La CONAGUA desempeña sus funciones a través de los organismos de cuenca que se encuentran en cada una de las trece regiones hidrológico-administrativas, las cuales son base para la administración y preservación de las aguas. Adicionalmente CONAGUA tiene 20 oficinas locales en los estados que no cuentan con una sede de organismo de cuenca. (CONAGUA, 2014b: 23). Con fines administrativos las aguas superficiales están divididas en 731 cuencas y las aguas subterráneas en 653 acuíferos.

De acuerdo a la LAN expedida en 1992 los títulos de concesión, asignación y permisos de descarga se inscriben en el Registro Público de Derechos de Agua (REPGA). Existen diferentes formas de inscribirse al REPGA, dependiendo del uso que se tendrá del agua. El uso consuntivo es “El volumen de agua de una calidad determinada que se consume al llevar a cabo una actividad específica, el cual se determina como la diferencia del volumen de una calidad determinada que se extrae, menos el volumen de una calidad también determinada que se descarga, y que se señalan en el título respectivo” (LAN, artículo 3, última reforma 2016).

La siguiente es la lista de las leyes y reglamentos que establecen el orden jurídico del uso de las aguas en México:

- La Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, artículos 27, 28 y 115
- La Ley de Aguas Nacionales (LAN), la cual es una ley reglamentaria del artículo 27 constitucional en materia de aguas nacionales
- El Reglamento de la Ley de Aguas Nacionales

- La Ley Federal de Derechos (LFD)
- La Ley de Contribuciones de Mejoras por Obras Públicas Federales de Infraestructura Hidráulica (LCMOPFIH)
- Ley de Ingresos de la Federación (LIF)

Marco normativo del agua de uso agrícola

En México para hacer uso de las aguas nacionales se debe de tener un título de concesión, asignación en el caso de organismos municipales o estatales o permiso de descarga en el caso de aguas residuales. El organismo encargado de la expedición de estos títulos de concesión, asignación y de descarga es la Comisión Nacional del Agua. Ésta los hace mediante el Registro Público De Derechos De Agua (REPDA), en el cual dependiendo del uso y aprovechamiento se inscriben los interesados. Las reglas de Organización y operación de REPDA en su artículo 35 indica la clasificación de su sistema registral los cuales son:

- “**I.** Registro de Aguas Nacionales y sus Bienes Públicos Inherentes;
- II.** Registro de Extracción de Materiales Pétreos;
- III.** Registro de Permisos y Autorizaciones Precarias;
- IV.** Registro de Unidades de Riego, Distritos de Riego y Unidades de Drenaje;
- V.** Registro de Reservas de Aguas Nacionales, y
- VI.** Registro de Infraestructura Hidráulica.” (DOF, 2002: artículo 35 apartado I)

Es interesante recapitular los antecedentes del hecho de que actualmente existan concesiones por arriba de la recarga de los acuíferos y del agua renovable de las cuencas:

Durante décadas la facultad de otorgar derechos para el uso de las aguas propiedad de la nación estuvo reservada al Presidente de República. Por ello, entre 1917 y 1992 sólo se habían emitido 2000 concesiones, mientras el universo de usuarios de aquella época se estimaba en 300,000. La LAN de 1992 otorgó un año para que todos los usuarios de agua existentes en el país obtuvieran su título de concesión y se registraran en el REPDA. Para ciertos usuarios se les otorgó dos

años más, es decir hasta diciembre de 1995. Entre 1995 y 2002 se emitieron varios decretos presidenciales otorgando facilidades administrativas y fiscales para que los usuarios que estuviesen usando aguas nacionales antes de 1995, obtuvieran su concesión de uso y permiso de descarga y los registraran en el REPDA. En ese entonces se contempló que todos los usuarios recibirían su concesión por 10 años a pesar de que la LAN del 92 permitía concesiones hasta por 50 años. El razonamiento que prevalecía es que al finalizar este periodo la autoridad procedería a ajustar las concesiones previamente otorgadas, dado que, para entonces (2005) ya se tendría un mejor conocimiento sobre las disponibilidades de agua por cuenca y acuífero y se habrían consolidado los Consejos de Cuenca, de tal manera que las decisiones serían más informadas y conscientes y al renovarse las concesiones por volúmenes inferiores se lograría el equilibrio hidrológico de cuencas y acuíferos. A los usuarios se les permitió, bajo protesta de decir verdad, declarar los volúmenes de agua que venían utilizando y esos volúmenes se les concesionó. Hacia diciembre de 2000 se habían titulado a 320,000 usuarios y en la actualidad se estiman en 330,000. (FAO & SAGARPA, 2004:24).

De acuerdo a una evaluación realizada por FAO y SAGARPA (2004) indica que en inicio del REPDA, para incentivar que todos los usuarios de las aguas nacionales se inscribieran y obtuvieran sus concesiones de agua, declararan lo que efectivamente consumían, no obstante, el consumo estuviera por arriba de la disponibilidad de la cuenca o acuífero y que en 2005 se revisarían y ajustarían estas concesiones. Actualmente hasta el año 2015 existen concesiones por arriba del equilibrio hídrico de cuencas y acuíferos, lo cual de acuerdo a diversos autores es debido a la presión de grupos políticamente poderosos para no cambiar el volumen amparado por las concesiones.

La CONAGUA cobra derechos por el volumen concesionado amparado por los títulos que otorga según la Ley Federal de Derechos (LFD). Para el uso agrícola CONAGUA no cobra derechos a diferencia de los demás usuarios de usos consuntivos de agua, si existe un cobro de derecho por uso de aguas del océano, pero no se encuentran cifras oficiales de que exista uso agrícola de agua marina. Si el titular extrae más agua de uso agrícola de la que ampara el título, la CONAGUA cobra un derecho de 14.52 centavos por cada metro cúbico que exceda al concesionado. De acuerdo a la Ley Federal de Derechos (Diario Oficial de la Federación (DOF): 2015) la actualización de las cuotas de derechos se publicará en el DOF el primero de enero de cada año “considerando el periodo comprendido desde el decimotercer mes inmediato anterior y hasta el último mes anterior a aquél en que se efectúa la actualización”

(DOF, 2015). El factor de actualización se aplicará de la siguiente manera de acuerdo a la Ley Federal de Derechos:

(...) se aplicará el factor de actualización que resulte de dividir el Índice Nacional de Precios al Consumidor del mes inmediato anterior al más reciente del periodo, entre el Índice Nacional de Precios al Consumidor correspondiente al mes anterior al más antiguo del periodo, o bien, el del mes anterior a aquél en que entró en vigor la adición o modificación a que se refiere el párrafo anterior. El Servicio de Administración Tributaria publicará en el Diario Oficial de la Federación el factor de actualización a que se refieren los párrafos anteriores. (DOF, 2015).

Cabe destacar que el cobro por el consumo agrícola por arriba de la concesión, se inició a partir del año 2003, publicándose en los anexos de la miscelánea fiscal del Servicio de Administración Tributaria de la Secretaría de Hacienda Crédito Público. Teniendo que para los años anteriores no había cobro alguno por sobrepasar el nivel establecido en la concesión de agua.

CAPÍTULO 3. Subsidio implícito del agua, índice de especialización, hectáreas sembradas en los Distritos de Riego seleccionados.

Introducción

En el presente capítulo, se presentan las descripciones de las variables teóricas de interés; el subsidio implícito del agua, índice de especialización y hectáreas sembradas, así como la variable dependiente que tomaremos consumo de agua subterránea como aproximación a la sobreexplotación de los acuíferos. Se analizan las semejanzas y diferencias entre estas variables en los tres distritos de riego, esto con el objetivo de empezar a responder a la pregunta de investigación. Antes de presentar el análisis comparativo y descriptivo mencionado, se expondrá un breve contexto histórico de los tres distritos de riego, su inicio, evolución y cambio de patrones de cultivo, tipo de tenencia de la tierra y sobreexplotación del acuífero a lo largo del tiempo.

Contexto histórico

Desde la época prehispánica en Sonora existían pequeñas plantaciones de temporal de maíz, frijol y calabaza por parte de los pueblos indígenas originarios, estos se situaban a lado de los ríos para realizar la producción de sus cultivos tradicionales. Al llegar los españoles y establecerse en Sonora, inicia una época de mayor producción agrícola, aprovechando las zonas cercanas a las riberas de los ríos. A través del tiempo seguía creciendo y fortaleciéndose la producción agrícola en la zona, incentivada con la llegada de colonos y extranjeros europeos y estadounidenses. Después de la revolución mexicana, desde 1926 el gobierno mexicano implementa una política de apoyo a la agricultura y creación de Distritos de Riego e infraestructura hidroagrícola.

En la zona de la Costa de Hermosillo, en 1953 se crea por decreto presidencial de Adolfo Ruiz Cortines el Distrito de Riego de la Costa de Hermosillo, en donde indica que “desde hace aproximadamente cinco años se ha venido desarrollando en forma progresiva la explotación agrícola de las tierras de la costa de Hermosillo, el Estado de Sonora, mediante riego con aguas extraídas del subsuelo por bombeo, de tal manera que en la actualidad se cultivan alrededor de 40, 000 hectáreas, regadas con aguas subterráneas” (DOF, 1953), es importante lo que indica el decreto presidencial, porque en Sonora ya existía la producción agrícola por riego que obtenía el agua de las corrientes superficiales del río Sonora, empero fue en estos últimos años en donde tuvo un mayor crecimiento el riego abastecido por pozos subterráneos. La construcción de la presa Abelardo Rodríguez, terminada en 1948, cerca de la capital de Sonora, Hermosillo, benefició a los agricultores cercanos a ella en la cuenca alta, pero detuvo el escurrimiento de agua superficial hacia la cuenca baja del Río Sonora, por lo que se recurrió de forma generalizada a la explotación de pozos subterráneos de agua para irrigar los campos agrícolas. Cabe destacar que de acuerdo a Moreno Vázquez (2006:167) se descubrió el agua subterránea en la Costa de Hermosillo en el año de 1944, en donde se utilizaron maquinaria y bombas para los pozos importadas de Estados Unidos que habían sido mejoradas en aquella época con tecnología de explotación de petróleo. Es así como comienza la explotación agrícola basada en agua subterránea en la Costa de Hermosillo, ya expandiéndose en otras regiones de Sonora

como Caborca y el sur de Sonora. Existía inversión privada y pública para la perforación y funcionamiento de los pozos, como la del gobierno de Sonora que apoyó a los productores agrícolas con la perforación de pozos, maquinaria y equipo.

Desde el descubrimiento del agua en la Costa de Hermosillo, el bombeo de agua de pozos subterráneos para uso agrícola aumentaba de manera vertiginosa junto con la producción agrícola en la zona, causando que el ejecutivo federal emitiera un decreto de veda en 1951 donde se suspendían el alumbramiento de agua subterránea en una porción del área de la Costa de Hermosillo, y se imponían límites para obtener permisos de nuevos pozos, cuidando la distancia entre los pozos existentes y los nuevos, en este decreto se reconocen los peligros que de seguir el uso indiscriminado del agua subterránea tendría en la sobreexplotación del acuífero y la intrusión marina, aún sin tener algún estudio técnico que midiera la magnitud del acuífero y de la extracción de sus aguas. En el decreto presidencial de creación del Distrito de Riego de la Costa de Hermosillo se menciona el decreto de veda de 1951 y la importancia de crear el Distrito de Riego para que se establezcan “normas adecuadas para la explotación de las aguas subterráneas y de las tierras regadas con ellas” esto con el objetivo de beneficiar a los agricultores de la región y se llevaría a cabo con la coordinación de las Secretarías de Recursos Hidráulicos y de Agricultura y Ganadería “tanto en lo relacionado con la construcción de caminos y obras de mejoramiento de la conducción del agua, como en cuanto a la mejor técnica agrícola mediante el uso de fertilizantes, fumigantes, semillas mejoradas, etc,” (DOF, 1953:6). El DR de la Costa de Hermosillo suministra su consumo de agua subterránea principalmente del acuífero Costa de Hermosillo (2619), se encuentra en el municipio de Hermosillo y en la cuenca hidrológica Río Sonora.

En el decreto presidencial de creación del Distrito de Riego de la Costa de Hermosillo indica además de lo ya mencionado, que se deberá crear un Comité Directivo para la dirección (operación, administración y mejora) del Distrito de Riego. El “Acuerdo que dispone se establezca en cada uno de los Distritos Nacionales de Riego, un Comité Directivo” entre las Secretarías de Agricultura y Ganadería (SAG) y de Recursos Hidráulicos (SRH) publicado en el DOF el 17 de enero de 1953, establece que el Comité

Directivo está integrado por un Gerente del Distrito de Riego nombrado por la SRH y ostenta el puesto de vocal ejecutivo del mismo, un representante de la SAG, un vocal elegido por los ejidatarios que posea parcela dentro del DR y un vocal elegido por los pequeños propietarios y colonos del DR. La competencia de la SRH es la de llevar a cabo las obras hidráulicas y sociales del DR y la de la SAG la de diseñar el programa agrícola para cada DR, el Comité del DR está obligado a llevarlo a cabo. En este punto observamos la desvinculación entre planeación agrícola e hidroagrícola, dado que la planeación agrícola debe estar íntimamente vinculada además de las características de clima, fisiografía y edafología, con la de disponibilidad de agua superficial y subterránea del DR y considerar el consumo de los tipos de usuarios en su conjunto de la cuenca hidrológica en cuestión, para mantener el equilibrio hidrológico. Asimismo, el acuerdo indica que llegará un punto en el que el DR ya no necesitará de la ayuda del gobierno para las obras hidroagrícolas y la planeación agrícola y en ese momento será transferido el DR a sus usuarios con previo acuerdo de la SAG y SRH, manteniendo una supervisión por parte de éstas:

Cuando de común acuerdo las Secretarías de Agricultura y Ganadería y de Recursos Hidráulicos consideren que las construcciones tanto de ingeniería como sociales están en un grado de adelanto que ya no sea necesaria la intervención de la Secretaría de Recursos Hidráulicos como órgano constructivo, y además, el sistema esté funcionando con la debida organización, el Distrito será entregado a los usuarios, quienes lo operarán bajo la vigilancia de ambas Secretarías de Estado. (Diario Oficial de la Federación, 1953).

A partir de 1992 con la expedición de la Ley de Aguas Nacionales, inicia la transferencia a todos los DR de México a sus usuarios, teniendo un avance de 99.9% actualmente, faltando de transferirse por completo el DR 018 Colonias Yaquis en Sonora y el DR 003 Tula en Hidalgo (CONAGUA, 2016).

En el Valle de Caborca, se iniciaron actividades de producción agrícola en 1940 obteniendo el agua de pozos subterráneos y de agua superficial, iniciado por agricultores nacionales y extranjeros. El 18 de octubre de 1962 se publica el decreto de veda en el DOF, por lo que se suspende el alumbramiento de agua subterránea y los nuevos pozos deben tener permisos públicos y cuidarse la distancia entre ellos. En 1967 se publica el decreto de creación del Distrito de Riego de APC, el cual se encuentra en los municipios

de Áltar, Pitiquito y Caborca, éste se abastece de agua subterránea principalmente del acuífero de Caborca (2605) y de agua superficial de la presa Cuauhtémoc y corrientes superficiales de agua. La sobreexplotación del acuífero ha mermado los manantiales de los que se abastecía la presa y los niveles de ésta han disminuido dramáticamente (CONAGUA, 2005), como se vio en la justificación de elección de los Distritos de Riego.

El Valle de Guaymas inició su producción agrícola en 1940, basándose en bombeo de agua subterránea. La extracción de agua subterránea del acuífero de Valle de Guaymas creció rápidamente, para 1956 existían 100 pozos con una extracción aproximada de 80 millones de metros cúbicos (Cota Vasquez, 2002:9), por lo que el ejecutivo federal expidió un decreto de veda en diciembre de 1956 en el DOF, en donde se prohibía el alumbramiento de pozos de agua subterránea, limitando los nuevos en la zona del Valle de Guaymas. Los permisos para alumbramientos futuros serían otorgados por la Secretaría de Recursos Hidráulicos, para regular y controlar el óptimo aprovechamiento de las aguas subterráneas. Por decreto presidencial publicado el 5 de julio de 1967, es creado el Distrito de Riego del Valle de Guaymas, que es conformado por parte de los municipios de Guaymas y empalme, y utiliza principalmente el acuífero del Valle de Guaymas para la producción agrícola.

Información histórica de producción agrícola, tipo de tenencia de la tierra, y consumo de agua subterránea

Se presentan cifras estadísticas históricas que fueron recopiladas en la investigación documental. Principalmente se analizarán el tipo de tenencia de la tierra, cultivos producidos, cantidad de agua consumida por los Distritos de Riego. El tipo y número de usuarios varía año con año según los usuarios que participan en la producción agrícola. Si bien el tipo de usuarios no es un indicador exacto de cuántos ejidatarios y dueños de pequeña propiedad existen, es una buena aproximación para distinguir el panorama de la tenencia de la tierra y del tipo de producción y organización: social o privada.

Para el año 1956 los principales cultivos del DR 051 CH eran algodón, frijol y trigo cultivando 76, 700 has, con el 66.4%, 32.5% y 0.9% del total de hectáreas sembradas respectivamente y ubicándose como el quinto Distrito de Riego con mayor valor de cosecha en México (SRH, 1957) . Empero que el DR 037 APC todavía no era un DR formalmente, sí se encuentra información de él en las estadísticas de riego consultadas para el año 1956. Se le llamaba Distrito de Riego Río Altar, y en el año 1956 produjo algodón y trigo con 88.8% y 11.1% del total de hectáreas sembradas, sembrando en total 1, 575 has. Ocupando el cuadragésimo lugar en valor de cosecha entre los DR. Los cultivos producidos por estos dos DR, son acordes a los cultivos principales a nivel nacional, los cuales eran algodón, trigo, maíz, frijón, alfalfa, jitomate y garbanzo (en orden de importancia para el año 1956) (SRH, 1957). Es decir, los DR 051 y 037 producían granos y fibras textiles en 1956, acordes a lo producido a nivel nacional.

Es de destacar, que hasta 1982 el Gobierno Federal mexicano llevó a cabo el modelo de desarrollo conocido como el “desarrollo estabilizador” el cual tendría como objetivo “desarrollar y consolidar la industrialización del país” (Torregrosa, 2009: 60) por lo que el papel de la agricultura era el subordinarse a este objetivo “y tendría como principales funciones proporcionar alimentos para satisfacer la creciente demanda de la población, abastecer a la industria con las materias primas que requiriera, proporcionar las divisas necesarias para el proceso de industrialización y ser fuente de abastecimiento de mano de obra barata, en especial para el sector industrial.” (Torregrosa, 2009: 60). Se observa en las cifras del año 1956, los cultivos de los DR estaban acorde a lo requerido por el modelo de desarrollo.⁸

Las estadísticas de “Superficies regadas y volúmenes de agua distribuidos en los distritos de riego en el ciclo agrícola, 1958-59” de la SRH (1960), indican que para el ciclo

⁸ Este modelo de desarrollo se sustentó en una fuerte intervención particularmente en la producción agrícola. La modernización de la agricultura que imponía el modelo requería de instrumentos de acción directa que permitieran esta regulación, como por ejemplo: la aplicación de los preceptos constitucionales referidos al usufructo de la tierra; la canalización de recursos obtenidos socialmente hacia la construcción, operación y mantenimiento de obras de infraestructura hidroagrícola; la creación y operación de instituciones financieras; la generación y difusión de tecnología; la intervención en la fijación de precios de garantía y controles de precios, y la regulación de productos a través de instancias como la Conasupo. Cita textual de: (Torregrosa, 2009).

agrícola 1958-59 se tienen que el número de usuarios del DR 051 CH fue de 612, de los cuales 12 eran ejidatarios y 600 eran pequeños propietarios es decir propiedad privada. Los pequeños propietarios consumieron ese año 802.04 millones de metros cúbicos o hectómetros cúbicos (hm^3) y los ejidatarios 2.515 hm. Observamos que ya para esta fecha el acuífero de la Costa de Hermosillo ya estaba siendo explotado de sobremanera. En esa fecha todavía no existía un estudio geohidrológico que indicara cual era efectivamente la recarga del acuífero, es decir no se tenía conocimiento de su tamaño o su nivel de recarga. Se realizó hasta 1968 (Ariel-Construcciones, 1968) el primer estudio geohidrológico, éste indicó que la recarga del acuífero CH era de 350 hm^3 . En 1959 el DR CH extraía aproximadamente 2.29 veces el volumen de la recarga del acuífero. Por parte del DR 037 APC, las estadísticas hidrométricas (SRH, 1960) indican que en 1959 extraía en total 10.8 hm^3 los cuales son de aguas superficiales: gravedad vasos, gravedad derivación directa y bombeo de corrientes, la publicación no indica cuál es el consumo o usuarios de agua subterránea. El DR 037 APC tuvo 241 usuarios con 80 ejidatarios y 161 de pequeña propiedad 33.1% y 66.8% respectivamente.

Las estadísticas hidrométricas de 1969 (SRH, 1970), ya contienen a los tres DR. En el cuadro 4 podemos observar los indicadores de tipo y número de usuarios, volumen de agua subterránea distribuida y superficie regada la cual es regada una sola vez al año agrícola, así también vemos los porcentajes de éstas con respecto a sus totales. Los DR 084 Guaymas y 051 CH hacen uso exclusivo del aprovechamiento de bombeo de pozos, y el DR 037 APC utiliza agua de origen superficial y subterráneo, obsérvese el cuadro 4.

En 1969 el DR 037 APC tenía 940 usuarios, el menor número de los tres en estudio, el 63.8% eran pequeños propietarios y el 36.1% ejidatarios; el DR 085 Guaymas contaba con 1,056, de ellos el 73.7% eran ejidatarios y el 26.3% pequeños propietarios o de propiedad privada; el DR 051 CH tenía 1, 687 usuarios, de estos el 95.2% era de propiedad privada y 4.80% ejidatarios (ver el cuadro 4). Observamos que los usuarios del DR 084 Guaymas eran mayoritariamente de ejidatarios, mientras que en el DR 051 CH eran casi todos de propiedad privada, el DR 037 también son mayoría los usuarios de pequeña propiedad, pero en menor medida que el DR 051 CH. En la superficie regada y volumen

distribuido el panorama cambia para el DR 084 Guaymas, debido a que la mayoría de las hectáreas sembradas (82.3%) eran de los pequeños propietarios, mientras que los ejidatarios tenían el 73.6% y sembraban el 17.6% de las hectáreas, podemos inferir que los pequeños propietarios tenían grandes propiedades o al menos mayores que las de los ejidatarios en su conjunto (SRH, 1970).

Con respecto al consumo de agua subterránea, observamos que en 1969 el DR 084 consumía 148.3 hm^3 , mientras que la recarga del acuífero del Valle de Guaymas (VG) era aproximadamente de 100 hm^3 , ya para 1969 se estaba sobreexplotando el acuífero de VG extrayendo 1.48 veces la recarga. Hasta 1975 se publicó el primer estudio técnico que identificó la recarga del acuífero (DOF, 2009), así como la contaminación por agua marina (intrusión salina) debido a la sobreexplotación. Observamos el cuadro 4 que los usuarios de propiedad privada sobreexplotan por sí solos el acuífero extrayendo 121.04 hm^3 . El DR 051 CH consumía 884.8 hm^3 , sobreexplotaba el acuífero cuya recarga estaba calculada en aproximadamente 350 hm^3 , extraía 2.6 veces la recarga, así mismo eran los pequeños propietarios los que por sí mismos sobreexplotaban el acuífero cuando extraían 876.5 hm^3 con el 99.12% del consumo total. El DR 037 APC extraía 563.7 hm^3 , el primer estudio geohidrológico del acuífero de Caborca (SRH, 1975) indica que la recarga en 1975 era de 300 hm^3 , entonces se extraía 1.8 veces la recarga del acuífero, también mayoritariamente por los pequeños propietarios (97.6%). En el DR 037 APC el 79.3% eran usuarios de bombeo de pozos y el resto de aprovechamientos de aguas superficiales (gravedad-presas y gravedad-derivación). Observamos que los tres DR sobreexplotaban sus acuíferos en 1969, el DR que más lo hacía es el DR 051 CH, al consumir el 258% de la recarga, le sigue el DR 037 APC con 180% y por último el DR 084 Guaymas con 148.29%. Vemos la similitud entre los tres DR en la sobreexplotación de sus acuíferos y los usuarios quienes la realizan son los pequeños propietarios, la diferencia entre los tres DR radica en la intensidad de la sobreexplotación y la magnitud del volumen consumido y hectáreas regadas, esto es debido a que los tres acuíferos y DR tienen diferentes tamaños.

De acuerdo a la publicación de disponibilidad del acuífero de la Costa de Hermosillo (DOF, 2009) en 1964 el DR CH extrajo la mayor cantidad de agua subterránea que ha

extraído en su historia: 1, 117 Mm³, es decir 3.2 veces la recarga del acuífero, causando abatimiento del acuífero de 20 metros sobre el nivel del mar (msnm) en una zona del acuífero. Es decir que, en una zona del acuífero, éste bajo su nivel en 20 metros. La SRH impulsó reducciones progresivas al bombeo entre 1965 y 1967,

“Entre los años 1965 y 1967 se impusieron reducciones progresivas al bombeo, de 1, 137 a 872 Mm³, mediante una primera reglamentación a las extracciones. No obstante, el éxito que representaba esta medida, al final resultó frustrante por el hecho de cuantificar en ese año de 1967 el potencial del acuífero en unos 350 Mm³/año, cifra todavía muy lejana a la reducción lograda. Lo anterior se reflejó en un desánimo de los agricultores y se dejaron pasar las cosas, más o menos conservando el mismo ritmo de explotación logrado en el último año de reducción.” (DOF, 2009:11).

Es decir que entre 1965 y 1967 se logró una reducción de las extracciones del acuífero, pero como ya se había mencionado, no existía antes de 1969 un estudio geohidrológico para conocer el tamaño y recarga del acuífero. Al tener conocimiento los productores agrícolas que la magnitud de la recarga del acuífero era 350 Mm³, no tuvieron interés en llegar a la meta de extraer solo la recarga del acuífero, pero si mantuvieron el nivel de extracción que tenían alrededor de los 800 Mm³.

Es de resaltar que durante la década de los sesentas inicia la Revolución Verde (RV) en el mundo. Las investigaciones que fueron base de la RV se realizaron al sur de Sonora en el DR del Río Yaqui. La RV, apoyándose de las innovaciones tecnológicas de mediados del siglo XX, es un sistema de producción a gran escala de monocultivos, el cual tiene un rendimiento de toneladas por hectárea muy altos, basándose en el cultivo de semillas mejoradas, un uso muy grande de herbicidas, pesticidas, fertilizantes y agua. Este cambio de paradigma modifica el contexto de la agricultura en México y en Sonora.

Cuadro 4 Características de los Distritos de Riego seleccionados para el año de 1969: tipo de usuarios, superficie regada y volumen de agua subterránea distribuido.

Distrito de Riego	Tipo de usuarios por tipo de tenencia de la tierra	Número de usuarios	Superficie Regada Has.	Volumen Distribuido (miles de m3)	Porcentaje respecto del total de cada uno de los indicadores		
					Número de usuarios (%)	Superficie regada (%)	Volumen Distribuido (%)
DR 037 APC	Ejidatarios	340.00	1,053.00	13,386.00	36.17	2.38	2.37
	Pequeños Propietarios	600.00	43,265.00	550,365.00	63.83	97.62	97.63
	Total bombeo de pozos	940.00	44,318.00	563,751.00	100.00	100.00	100.00
Porcentaje del aprovechamiento de bombeo de pozos en el total de todos los tipos de aprovechamiento del DR 037 APC					79.32	95.78	95.70
DR 051 CH	Ejidatarios	81.00	1,010.00	8,360.00	4.80	0.88	0.94
	Pequeños Propietarios	1,606.00	113,948.00	876,477.00	95.20	99.12	99.06
	Total del DR	1,687.00	114,958.00	884,837.00	100.00	100.00	100.00
DR 085 Guaymas	Ejidatarios	778.00	2,420.00	27,245.00	73.67	17.64	18.37
	Pequeños Propietarios	278.00	11,299.00	121,045.00	26.33	82.36	81.63
	Total del DR	1,056.00	13,719.00	148,290.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: Elaboración propia con información de SRH (1970).

Para 1971 los tres DR habían diversificado los cultivos y aumentado las hectáreas sembradas y el rendimiento (ton/ha). En el cuadro 5, observamos los cultivos que acumularon el 90% de las hectáreas sembradas en los DR y algunas características seleccionadas. El DR 051 CH producía principalmente tres cultivos: trigo, algodón y cártamo con un rendimiento de 3.4, 3 y 1.59 toneladas por hectárea respectivamente, respecto a 1956, aumentaron los rendimientos de algodón y trigo y las hectáreas sembradas de 76, 700 has a 118, 596 has. El DR 037 APC produce principalmente algodón, cártamo, trigo, sorgo, cebada, alfalfa achicalada y vid. El DR 084 Guaymas produce principalmente algodón, trigo, cártamo, cítricos, soya, sandía, ajonjolí, alfalfa achicalada, maíz, cebada y sorgo. La similitud de la producción de cultivos de los tres DR

es en el algodón, trigo y cártamo, así como en el rendimiento de estos, con un promedio de 2.5 ton/ha para el algodón, 3.1 ton/ha del trigo y 1.3 para el cártamo. Resalta la diferencia que tiene el DR 084 en la diversidad de cultivos que conforman el 90% de su superficie sembrada. De los cultivos con mayor demanda de agua en la producción es el algodón, el cual requiere aproximadamente 3, 801 m³ para producir una tonelada en Sonora, con alto requerimiento de agua pero en menor medida es el cártamo y por último el trigo los cuales necesitan en promedio 1, 085 m³ y 432 m³ para producir una tonelada en Sonora, por lo cual no es de extrañarse que se estuviera sobreexplotando el acuífero si el principal cultivo era el algodón con un alto requerimiento de agua de riego, el cual era en aquel momento de los productos agrícolas más exportados por México. El consumo aparente de trigo en 1971 para Sonora obtenido con calculo propio con información de FAO (2016) y CONAPO (2014), era de aproximadamente 43, 783.09 toneladas y en contraste tenemos que en el año de 1971 los DR de la presente investigación produjeron 271, 679 ton, el 89% de esta producción producida por el DR 051 CH. Lo cual nos indica que los DR en estudio vendían su producción ya sea a todo el país o al extranjero.

Los cultivos principales a nivel nacional en 1971 eran maíz, trigo, algodón, sorgo, cártamo, soya, alfalfa, arroz, ajonjolí, garbanzo, jitomate, y cacahuete, estos cultivos representan el 87.11% de la superficie sembrada en el país. Los principales cultivos de los tres DR son los mismos que los cultivos más importantes a nivel nacional, a excepción de la vid, sandía, la cebada y los cítricos. Siguen el patrón de fibras textiles, granos y oleaginosas principalmente. Adicionalmente, a estos principales grupos de cultivos, los DR 037 APC y 084 Guaymas cultivan forraje y frutales. De acuerdo información obtenida de FAO (2016), los doce cultivos más exportados en 1971 eran: jitomates, maíz, algodón, melones, café, trigo, pepinos, sorgo, sandía, chiles, naranjas y fresas. Vemos que los DR estudiados siembran cultivos exportables y de consumo nacional, los cuales eran necesarios para obtener divisas y mantener la soberanía alimentaria en el modelo de desarrollo que imperaba.

Cuadro 5 Superficie sembrada y rendimiento medio de los cultivos más importantes por superficie sembrada (acumulan el 90% de has sembradas) de los DR 037, 051 y 084 en el año 1971.

Cultivos	Superficie sembrada (Has.)	Rendimiento Medio Ton/Ha	Superficie sembrada (Has.)	Rendimiento Medio Ton/Ha	Superficie sembrada (Has.)	Rendimiento Medio Ton/Ha
	DR 051 CH		DR 037 APC		DR 084 Guaymas	
Trigo	70,750	3.440	5,586	3.140	3,771	2.800
Algodón	33,500	3.000	20,039	2.148	4,248	2.537
Cártamo	4,351	1.590	18,499	1.200	3,706	1.307
Ajonjolí					541	0.839
Alfalfa Achicalada			1,381	7.200	512	14.746
Cebada			1,503	4.400		
Cítricos					1,553	
Maíz					296	1.463
Sandía					761	10.000
Sorgo			2,377	3.973		
Soya					1,187	1.729
Vid			1,319	2.323		
Total de superficie sembrada (Has) en el DR	118,596		55,141		18,231	

Fuente: Elaboración propia con información de SRH (1972)
 * Los tres primeros cultivos son los de mayor importancia en hectáreas sembradas los DR.

En 1977 aumentó el porcentaje de ejidatarios en el total de usuarios de los tres DR respecto de 1969 (ver cuadro 6). El DR 037 APC aumentó el consumo total del agua subterránea y extrajo 1.9 veces la recarga, hubo un aumento respecto de 1969. El consumo de agua subterránea de los pequeños propietarios del DR 037 disminuyó en términos absolutos de lo visto en 1969, y el de ejidatarios aumentó. El sector social era el 60.2% del total de usuarios y su consumo de agua era de 28.71% respecto del total. Los pequeños propietarios eran el 39.9% del total y consumían el 71.2% del total (ver cuadro 6).

El DR 051 CH en 1977 aumentó en 135.80% respecto de 1969 el número de ejidatarios. Éstos seguían siendo minoría con el 8.2% del total de usuarios, 1.8% del total de superficie regada y 2.3% del consumo del agua total (ver cuadro 6). El consumo total del DR 051 CH disminuyó en 2.3% respectó al visto en 1969, esto sucedió por una

disminución en el consumo de pequeña propiedad de 3.2% ya que el sector social aumento su consumo en 101.6%. El DR 051 CH estaba sobreexplotando su acuífero en 1977 extrayendo 2.3 veces la recarga del mismo, indicador ligeramente menor que 1969.

En el DR 084 Guaymas también ocurrió este cambio porcentual de tipo de usuarios, siendo mayoría el sector ejidal, aunque manteniendo la mayoría de la tierra y agua consumida la pequeña propiedad (ver cuadro 6). En este caso el volumen consumido creció respecto de 1969 en 25.4%, principalmente por el aumento porcentual de hectáreas regadas en 268.5% y consumo de agua subterránea del sector ejidal de 162.3%, el consumo de la pequeña propiedad disminuyó en 5.39%, aumentó su volumen global en 25.4% y la sobreexplotación del acuífero del Valle de Guaymas (1.85 veces la recarga del acuífero). En este año observamos que se agrava la sobreexplotación del acuífero de la Caborca y Valle de Guaymas, mientras que la extracción del acuífero de la CH disminuyó en 5.39%, lo cual no es suficiente para llegar al equilibrio ecológico. Es importante resaltar que en 1976 la Secretaría de Recursos Hidráulicos se funciona con la Secretaría de Agricultura, nombrándose Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos (SARH). Ahora es la SARH la encargada de la administración de los DR y la publicación de sus estadísticas hidrométricas y agrícolas.

Para 1981 el trigo y algodón seguían siendo los cultivos más importantes en suma para los tres DR, ver cuadro 7. Empero es interesante observar que el cultivo más importante es ahora la Uva para el DR 037 y en segundo lugar el trigo grano, seguido por el algodón, alfalfa achicalada, cártamo, la aceituna, el maíz grano y el rye grass; también resalta la inserción de la aceituna como uno de los cultivos más importantes del DR 037, podemos observar un cambio de patrón de cultivos acercándose más hacia las frutas, manteniendo la importancia muy grande de granos, textiles, oleaginosas y forraje. El DR 051 CH, también cambio su patrón de cultivos, debido a que, de producir primariamente tres cultivos, trigo grano, algodón y cártamo, ahora doce cultivos acumulan el 90% de la superficie sembrada, además de granos y textiles y oleaginosas, se suman los forrajes y frutas. El DR 084 Guaymas también, diversifica más sus cultivos principales, son 12 los cuales se dividen en granos, oleaginosas, textil y toman mayor participación la fruta, el

forraje y en menor medida las hortalizas. Podemos decir que de 1971 a 1981 si hubo un cambio de patrón de los cultivos de los DR en análisis, si bien son los granos y textil los más importantes en hectáreas sembradas, también toman importancia las frutas, oleaginosas y forraje. Para el nivel nacional en 1981 los cultivos más importantes son los granos, textiles, industriales, forraje y frutas.

Cuadro 6 Características de los Distritos de Riego seleccionados para el año de 1977: tipo de usuarios, superficie regada y volumen de agua subterránea distribuido.

DR	Tipo de usuarios por tipo de tenencia de la tierra	Número de usuarios	Superficie Regada Has.	Volumen Distribuido (miles de m3)	Porcentaje respecto del total de cada uno de los indicadores		
					Número de usuarios (%)	Superficie regada (%)	Volumen Distribuido (%)
DR 037 APC	Ejidatarios	1,928.00	13,963.00	164,561.00	60.02	28.71	28.73
	Pequeños Propietarios	1,284.00	34,680.00	408,207.00	39.98	71.29	71.27
	Total						100.00
	bombeo de pozos	3,212.00	48,643.00	572,768.00	100.00	100.00	
Porcentaje del aprovechamiento de bombeo de pozos en el total de todos los tipos de aprovechamiento del DR 037 APC					89.40	99.22	99.32
DR 051 CH	Ejidatarios	191.00	2,037.00	19,234.00	8.22	1.81	2.33
	Pequeños Propietarios	2,132.00	110,277.00	806,485.00	91.78	98.19	97.67
	Total del DR	2,323.00	112,314.00	825,719.00	100.00	100.00	100.00
DR 085 Guaymas	Ejidatarios	1,657.00	8,919.00	71,469.00	86.94	36.04	38.43
	Pequeños Propietarios	249.00	15,830.00	114,516.00	13.06	63.96	61.57
	Total del DR	1,906.00	24,749.00	185,985.00	100.00	100.00	100.00

Fuente: Elaboración propia con información de SARH (1978).

Como se apuntó antes, el ejecutivo federal decreto una veda en 1956 para el acuífero del Valle de Guaymas, después en 1967 se amplía la zona de veda ya establecida

y en 1978 otro decreto presidencial ratifica la veda y amplía su área en la zona. La SARH puso en marcha “un Programa de Reducción en las extracciones iniciando con un volumen de 185 millones de m³ en el ciclo 1983-1984 y terminó en el ciclo 1989-1990 con un volumen de 107.365 millones de m³ anuales las metas se cumplieron, sin embargo, aún se registran descensos en los niveles estáticos” (DOF, Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea Acuífero (2635) Valle de Guaymas Estado de Sonora, 2009).

En 1981 observamos en el cuadro 7 que el patrón de cultivos más importantes para el DR 037 APC era de 33.1% frutales (uva y aceituna), 30.1% granos (trigo y maíz), fibras textiles 17.04% (algodón), forraje 13.08% (alfalfa acicalada y rye grass) y oleaginosas 6.4% (cártamo). El patrón de cultivos más importantes del DR 051 CH era de 66.5% granos (trigo grano, maíz grano, frijol, cebada y garbanzo), 17.8% fibras textiles (algodón), 10.4% oleaginosas (cártamo, ajonjolí y cacahuete), 4.03% frutales (uva y nuez) y 1.1% de forrajes (alfalfa acicalada). El DR 084 tenía como patrón de cultivos más importantes el 50.7% de granos (trigo y maíz), oleaginosas 20.9% (cártamo, ajonjolí y soya), forraje 9.17% (alfalfa acicalada y pastos), frutales 8.55% (cítricos y sandía), fibras textiles 7.7% (algodón) y hortalizas 2.81% (calabacita y jitomate). Notamos que la diferencia respecto a 1971, es que además de granos, fibras, oleaginosas y forrajes, empieza a tener importancia los frutales en el DR 037 APC.

En el año de 1990 (ver cuadro 8), observamos que el cultivo principal por superficie sembrada para el DR 037 APC es la uva, le sigue el trigo grano, el ajonjolí, algodón, aparece el espárrago y la alfalfa achicalada la huella hídrica azul de estos cultivos para Sonora son: 146 m³, 432 m³, 1,441 m³, 3,801 m³, 732.79 m³ y 47 m³ (Water-Foot-Print-Network, 2016) y (Mekonen & Hoekstra, 2014). Observamos que beneficia al DR la preferencia de producción de uva en vez de ajonjolí o algodón, debido a que consumen mucha agua para su producción.

Cuadro 7 Superficie sembrada y rendimiento medio ton/ha de los cultivos más importantes por superficie sembrada (acumulan el 90% de has sembradas) de los DR 037, 051 y 084 en el año 1981.

Cultivos	Superficie sembrada (Has.)	Rend Ton/Ha	Superficie sembrada (Has.)	Rend Ton/Ha	Superficie sembrada (Has.)	Rend Ton/Ha
	DR 037 APC		DR 051 CH		DR 084 Guaymas	
Total	59685		121129		22123	
Trigo grano	15040	4.231	50044	4.5	5801	2.511
Algodón	9272	3.604	19478	3.3	1558	3.237
Uva	16521	7.207				
Cártamo	3532	1.975	10061	1.8	2691	1.084
Maíz grano	1390	1.911	5150	3	4399	2.5
Frijol			9300	1.5		
Alfalfa Achicalada	6147	16.18	1250	15	692	13..356
Garbanzo			5850	2		
Cítricos			2200	-	1480	-
Cebada grano			2382	4.5		
Nogal (nuez)			2210	1		
Ajonjolí			900	1	1029	0.704
Aceituna	1535	2.75				
Pastos					1152	-
Rye grass	973	8.499				
Cacahuete			500	2		
Soya					487	1.421
Calabacita					325	3.663
Jitomate					241	11.065
Sandía					239	13.681

Fuente: Elaboración propia con información de Secretaría de Agricultura y Recursos Naturales (SARH) (1984).

*Los cultivos están ordenados por importancia descendente de superficie sembrada.

Cuadro 8 Superficie sembrada y rendimiento medio ton/ha de los cultivos más importantes por superficie sembrada (acumulan el 90%) de los DR 037, 051 y 084 en 1990.

Cultivos	Superficie sembrada (Has.)	Rend Ton/Ha	Superficie sembrada (Has.)	Rend Ton/Ha	Superficie sembrada (Has.)	Rend Ton/Ha
	DR 037 APC		DR 051 CH		DR 084 Guaymas	
Total	40,407.00		80,722.00		14,476.00	
Trigo grano	8,990.00	4.78	28,911.00	4.49	3,200.00	4.74
Uva	14,110.00	7.98	11,082.00	12.79	408.00	4.29
Garbanzo			13,452.00	0.90		
Ajonjolí	5,195.00	1.00	2,570.00	0.85	856.00	0.38
Cítricos			4,810.00	16.11	1,618.00	14.53
Alfalfa Achicalada	2,568.00	11.80	1,700.00	14.00	466.00	16.50
Algodón	3,280.00	3.12			1,056.00	1.74
Frijol			3,805.00	1.29		
Otros granos			3,102.00	4.00		
Espárrago	2,738.00	3.20				
Nogal (nuez)			2,300.00	1.10		
Otras hortalizas					2,037.00	8.60
Cártamo			1,950.00	1.70		
Maíz grano					1,144.00	2.67
Sorgo Forrajero					739.00	29.60
Otros forrajes					620.00	-
Sandía					239.00	7.46
Melón					236.00	7.15
Calabaza					188.00	5.31
Jitomate					136.00	14.10
Sorgo Grano					125.00	3.00

Fuente: elaboración propia con información de CONAGUA (1990)
 * Los cultivos están ordenados por importancia descendente de superficie sembrada.

El consumo aparente de espárrago de Sonora calculado para el año de 1990 es de 625 ton y la producción de APC es de 3,520 ton, por lo que éste lo vende a las demás entidades federativas del país o al extranjero. Disminuye la superficie sembrada total del DR 037 de 59,685 a 40,407.00. El patrón de cultivos que tiene para este año es de 38.2% frutales, 24.3% granos, 14.09% oleaginosas, 8.8% textiles, 7.42% hortalizas y 6.9% forrajes. Respecto al DR 051 observamos que disminuye sus hectáreas sembradas totales, el trigo grano sigue siendo el cultivo principal, le sigue el garbanzo y la uva en tercer lugar; estos tres cultivos suman el 66.2% del total de hectáreas sembradas en el DR. El

66.8% de las hectáreas sembradas totales de los cultivos más importantes del DR 051 CH son granos, el 24.6% frutales, el 6.1% oleaginosas y el 2.3% forraje. EL DR 084 Guaymas también disminuye sus hectáreas sembradas, produce 15 cultivos principales, de estos el 34% de la superficie sembrada es de granos, el 19% de frutales, el 18% de hortalizas, el 4% de forraje, el 7% de oleaginosas y el 8% de textiles.

Los DR estudiados tienen similitudes en sus inicios por sobreexplotar a sus acuíferos, con cultivos parecidos y probablemente que se vendían a todo el país y al extranjero, por lo que cumplían con su papel en el modelo de desarrollo de suministrar alimentos a la población mexicana y obtener divisas con la exportación. Empero esta forma de explotación que inició a mediados de siglo XX ignorando el verdadero tamaño y recarga del acuífero, y con una producción intensiva que se unió a la revolución verde y explotó al máximo el acuífero en estos años. Algunas diferencias que podemos retomar entre los DR estudiados, es que el DR 084 de Guaymas tiene un mayor porcentaje de usuarios ejidatarios y también una mayor participación respecto a los otros tipos de usuarios en el consumo de agua subterránea que los otros dos DR. En el DR 051 son la minoría y consumen menos del 2% el agua subterránea con respecto al total. El DR 037 tiene el 60% de usuarios ejidatarios, pero consumen el 28.71%. En los tres DR la participación en la totalidad de los tipos de usuarios no es igual para la participación en la extracción de agua subterránea, siempre es mayor para los dueños de pequeña propiedad o propiedad privada.

Algunos de los problemas que aparecen en los DR de estudio a causa de la sobreexplotación de sus acuíferos costeros son: intrusión salina, el agua de mar se introduce al acuífero, lo que a su vez causa salinización de suelos; debido a que se riega con aguas salinas esto saliniza los suelos y los deja inservibles para producir a menos que se rescaten por medio de tecnología especializada, además que la salinización de suelos es más propensa en lugares desérticos y semidesérticos, otro problema que surge es que se requiere bombear a mayor profundidad el agua, y esto requiere mayor inversión para equipos más potentes y mayor gasto en electricidad . En el artículo de Reyes-Martínez y Quintero-Soto (2009) en el que investigan la problemática del agua en los DR por bombeo del estado de Sonora, indican que:

El grave problema de escasez de agua, que se presenta en varias regiones del país, está provocando fuertes pérdidas económicas en la actividad agrícola. En la región Noroeste, aunado a este problema, se presenta la fuerte sobreexplotación de los mantos acuíferos, lo cual ha provocado la contaminación del agua por intrusión salina, de forma tal que varios aprovechamientos a lo largo de la franja costera del estado de Sonora se encuentran deshabilitados y una gran extensión de superficie agrícola se encuentra ensalitrada y abandonada.

Estos fuertes problemas ambientales han traído como consecuencia una baja rentabilidad de la actividad agrícola, razón por la cual se ha dado paso a realizar una reconversión productiva, sustituyéndose de esta forma, cultivos tradicionales, como los granos y los industriales, por las frutas y hortalizas, con las cuales se generan las mayores utilidades y se obtienen los mayores beneficios por metro cúbico de agua empleada, pero implican también mayores costos de producción por hectárea. Esta situación ha dado pie al desplazamiento de productores ejidatarios y pequeños productores con bajos recursos, y al predominio de un pequeño grupo de grandes productores, constituidos en Agroempresas, los cuales cuentan con los recursos económicos suficientes para seguir desarrollando la actividad agrícola en estas zonas. (Reyes-Martínez & Quintero-Soto, 2009: 18).

Así también Martínez Rodríguez & Redd (2002) indican en su estudio de los acuíferos y el libre comercio de la Costa de Hermosillo:

El fenómeno de expulsión de agricultores de la actividad agrícola registrado en los últimos años, como resultado de las condiciones marcadas por la liberalización del modelo de acumulación y el retiro del estado, ha conducido a una reducción de áreas destinadas a cultivos no competitivos. Como consecuencia, ha habido una paralización de una gran cantidad de pozos de pequeños productores, y ha alentado el surgimiento de grandes campos agrícolas especializados en cultivos de exportación.

Con una vista al TLCAN, el activo mercado de aguas que se observa en la Costa aunado a la rentabilidad que se registra en ciertas ramas productivas, está generando una intensificación de los ritmos de explotación de las reservas hidráulicas como resultado de la intensificación de los procesos productivos. Este hecho permite explicar cómo, a pesar de que cada vez más tierras y pozos agrícolas de la Costa suspenden sus actividades, los volúmenes de extracción de agua se mantienen en los mismos niveles, y el manto hidráulico, lejos de mostrar recuperación continúa registrando cada vez un mayor déficit, así como un creciente nivel de salinización.

En efecto, datos recientes indican que el proceso de concentración de tierras y aguas en el Distrito han conducido a la ampliación de las superficies de siembra por las grandes empresas agropecuarias que han expandido sus áreas con cultivos de exportación, así pues, no obstante la optimización en el consumo de agua por hectárea destinada a este tipo de cultivos, el surgimiento constante de nuevas áreas hortofrutícolas mantiene los niveles de extracción del acuífero en graves condiciones de deterioro, como lo señala Moreno, “en el presente, la sobreexplotación del acuífero continúa con un volumen de extracción anual de 460 mm³, el nivel estático está 60 metros bajo el nivel del mar y la intrusión salina aumentó sus valores de salinidad de 500 hasta 8,000 partes por millón en una franja de 10 a 15 kilómetros de ancho” (Moreno 2000).

Contemporizado con los nuevos vientos liberales que soplan en el campo mexicano, un nuevo paradigma emerge hoy en la Costa de Hermosillo, y se empieza a expresar a través de la disputa por el agua como resultado de los planes de abastecimiento del recurso por parte de la capital del estado. El Ayuntamiento de Hermosillo ha expresado la intención de hacer uso del acuífero de la Costa con el fin de asegurar las necesidades de expansión urbana e industrial de la capital del Estado que aspira a convertirse en un polo de gran atracción frente a las oportunidades que brinda la creciente inversión del capital de origen extranjero. (Martínez Rodríguez & Redd, 2002: 29-30).

Vemos en la literatura citada que muchos productores agrícolas dejan de producir en tierras ensalitradas, rentan sus tierras o migran debido a problemas de sobreexplotación del acuífero, competencia por el agua de pequeños productores con agroexportadores, al no poder llegar a profundidades mayores del acuífero. Es por eso que el DR 051 CH llega a su pico más alto de hectáreas sembradas en 1971 y de ahí empieza a disminuir paulatinamente su extensión de siembra, el DR 037 APC llega a su cúspide de hectáreas sembradas en 1982 y después empieza la disminución de éstas y por último el DR 084 siembra su máximo de hectáreas sembradas en 1976 y después disminuye este volumen. Como indican Martínez Rodríguez & Redd (2002), no obstante, la disminución a nivel global de superficie sembrada y volumen de agua subterráneo consumido, la sobreexplotación sigue, fruto de la intensificación de la producción de agroexportación en el DR 051 CH, también visto en el DR 037 Áltar Pitiquito Caborca y DR Guaymas de acuerdo a Reyes-Martínez y Quintero-Soto (2009). Los comportamientos a través de las décadas son diferentes y el periodo de 2002-2014 lo analizaremos con más detalle en el siguiente apartado.

Análisis del subsidio implícito del agua en los DR seleccionados de Sonora periodo 2002-2014

En este apartado presentaremos de forma comparativa los resultados de los cálculos hechos del subsidio implícito del agua en los DR de estudio. Primero se explica cómo se calcula el subsidio implícito estableciendo dos ejemplos, el subsidio implícito total del

agua consumida en un año por el DR y el subsidio implícito del agua en la producción de un cultivo en particular.

Subsidio implícito del agua subterránea consumida en un año = [Agua subterránea extraída] * [precio sombra del agua de uso agrícola]- [consumo del agua que excede a la concesión * cuota por metro cúbico consumido que exceda la concesión]

Subsidio implícito del agua de la producción de un cultivo en un año = [huella hídrica azul del cultivo por tonelada⁹] *[toneladas producidas en un año] * [precio sombra del agua de uso agrícola]

Estos dos indicadores son la base para los demás cálculos debido a que se pueden dividir por hectárea, por tonelada, por el valor de la producción entre otros.

Subsidio implícito total por DR seleccionados de Sonora periodo 2002-2014

El subsidio implícito del agua, como variable teórica de interés, resulta de gran importancia para identificar las diferencias o similitudes entre el DR 084 Guaymas que no sobreexplota su acuífero y los otros dos DR que si los sobreexplotan. Observemos el cuadro 9, este presenta la información del subsidio implícito del agua para los DR, la información se encuentra por promedio anual para el subsidio implícito de agua subterránea anual, por tonelada, hectárea y proporción de valor de la producción. El DR 084 Guaymas tiene el menor valor en subsidio implícito del agua anual, el DR 051 CH tiene un subsidio 413% mayor que del DR 084, el DR APC es 294% mayor que del DR 084, esto se explica debido a que este DR es relativamente más pequeño y su acuífero también lo es, a comparación de los dos DR y acuíferos; pero los otros tres indicadores son relativos, es decir no importa su tamaño absoluto, sino por ejemplo la forma en que

⁹ Se utiliza la huella hídrica azul debido a la ausencia de información pública de agua utilizada para producir cada cultivo. Esta es una aproximación de cuánta agua de riego se necesita para producir una tonelada los cultivos en Sonora, es tomada de (Water-Foot-Print-Network, 2016), para la Alfalfa se tomó el dato de AgroDer (2012).

producen, si son más eficientes en utilizar el agua, si producen cultivos con mayor huella hídrica, etc. Tenemos que el DR 037 APC recibe un subsidio implícito por tonelada producida de \$2, 400.77 con el precio sombra (PS) de \$1.1 y de \$8, 489.46 con el PS de \$3. 87, el DR 051 CH recibe un subsidio por tonelada de \$1, 322.51 y \$5, 711.15, el DR 084 Guaymas recibe el menor subsidio, de hecho, muy bajo a comparación de los demás DR \$ 646.8 y \$2, 275. En el indicador de subsidio implícito promedio anual por hectáreas sembradas tenemos que el DR 084 Guaymas, recibe el menor subsidio implícito, le sigue en magnitud el DR 051 que respecto a el subsidio por hectárea de Guaymas es 21% mayor, después está el DR 037 APC es subsidio más grande y 81% mayor que el subsidio por hectárea del DR 084 Guaymas.

La menor proporción del subsidio implícito sobre el valor de la producción es la del DR 084 de Guaymas, en segundo lugar, el DR 051 CH y por último el DR 037 APC. Tenemos que si se cobrará un precio sombra por el agua de \$3.87, para el DR 037 APC esto representaría el 72.9% del valor de su producción, y con el PS \$1.1 sería 20.6%.Lo mismo ocurre con los DR 051 CH y DR 084 Guaymas, en los cuales representa la proporción del subsidio implícito con PS \$1.1 entre el valor de la producción 0.17 y 0.14 respectivamente, valor que probablemente los incentivaría a adoptar tecnologías y patrones de cultivo y riego más eficientes en el uso de agua; y la proporción del subsidio implícito con PS \$3.87 para el DR 051 CH y 084 Guaymas es 0.61 y 0.51 respectivamente. De estos resultados se tiene que el DR 084 recibe menor subsidio implícito total, por hectárea, por tonelada y por proporción del valor de producción, que los otros dos DR que sí sobreexplotan. Respecto al subsidio implícito por tonelada del DR 037 es 271 % y 273 % mayor que el DR 084 de Guaymas, el subsidio implícito por tonelada del DR 051 CH es 104% y 107% mayor que el DR Guaymas.

Cuadro 9 Subsidio implícito de agua subterránea promedio: total, por ton, por hectárea y sobre el VP con precios sombra de \$1.1 y \$3.87 para los tres DR seleccionados de Sonora 2002-2014, miles de pesos a precios de 2012 (INPP).

DR	Subsidio implícito total promedio anual		Subsidio implícito por tonelada promedio anual	
	Precio sombra de \$1.1	Precio sombra de \$3.87	Precio sombra de \$1.1	Precio sombra de \$3.87
DR 037 APC	542,289.46	1,916,904.40	2.40	8.49
DR 051 CH	706,230.92	2,515,506.89	1.32	4.71
DR 084 Guaymas	137,446.59	483,562.11	0.65	2.28
Total	461,988.99	1,638,657.80	1.46	5.16
	Subsidio implícito sobre el valor de la producción promedio anual		Subsidio implícito promedio anual por hectáreas sembradas	
DR	Precio sombra de \$1.1	Precio sombra de \$3.87	Precio sombra de \$1.1	Precio sombra de \$3.87
DR 037 APC	0.206	0.729	22.92	81.00
DR 051 CH	0.174	0.619	15.23	54.26
DR 084 Guaymas	0.147	0.517	12.64	44.46
Total	0.176	0.622	16.93	59.91

Fuente: Elaboración propia con información de AgroDer, (2012), Banco Mundial (2006), CONAGUA (2007, 2015a, 2015b, 2015c), CONAGUA (varios años), IMTA (2007), Herrera et al (2002), INEGI (2016), Mekonnen & Hoekstra (2011), Servicio de Administración Tributaria (2016).

Respecto al subsidio por hectárea sembrada, la diferencia es menos pronunciada, teniendo que el subsidio implícito por hectárea sembrada para el DR 037 es 81.35% y 82.18% mayor que el indicador del DR 084 Guaymas, el DR 051 CH es 20.52% y 22.03% mayor que el subsidio implícito por hectárea sembrada de Guaymas. Notamos que el DR 037 es más intensivo en uso de agua por tonelada y por hectárea. Respecto al subsidio implícito sobre el valor de la producción tenemos que existe una diferencia de menor magnitud que los otros indicadores entre los DR. El valor del subsidio implícito (para los PS de 1.1% y 3.87%) sobre el valor de la producción del DR APC es 40.2% y 40.9% mayor que el de el DR 084 Guaymas; el DR 051 CH es 18.1% y 19.6% menor que el de DR que no sobreexplota. Existe una mayor diferencia en los indicadores de subsidio implícito del DR 084 Guaymas con el DR 037 APC que con el DR 051 CH. Sin embargo,

respecto de los dos DR, el que no sobreexplota es el que tiene una menor magnitud en los indicadores de subsidio implícito del agua.

Análisis comparativo del subsidio implícito del agua por cultivo de los DR seleccionados en 2002-2014

El criterio de elección de los principales cultivos de los DR fue elegir a aquellos cultivos que sumaran el 90% de la superficie sembrada en el periodo 2002-2014 para cada uno de los DR. En el cuadro 10 se encuentran los principales cultivos de cada DR y la huella hídrica azul para cada uno, es decir, cuántos metros cúbicos de agua de riego se necesitan en promedio, en el estado de Sonora, para producir una tonelada del cultivo en cuestión. En el DR 037 APC, se sembraron en el periodo de 2002-2014 309.64 miles de hectáreas. Tres cultivos acumulan el 63.30% de las hectáreas sembradas en periodo: el espárrago con 25.87%, la vid industrial con 23.92% y el trigo con 13.51; siguen en importancia la aceituna (9.15%), la vid mesa (8.75%), alfalfa (6.33%), melón (1.90%) y por último el cártamo (5.52%). Los cultivos más producidos del DR fueron la vid industrial con 26.15% de la producción total, la alfalfa con 18.52%, el espárrago con 14.36%, seguido de la vid mesa con 11.51%, y con una participación menor al 10% el trigo grano con 8.38%, melón 4.93%, la aceituna 4.11%, y por último el cártamo con el 0.47%.

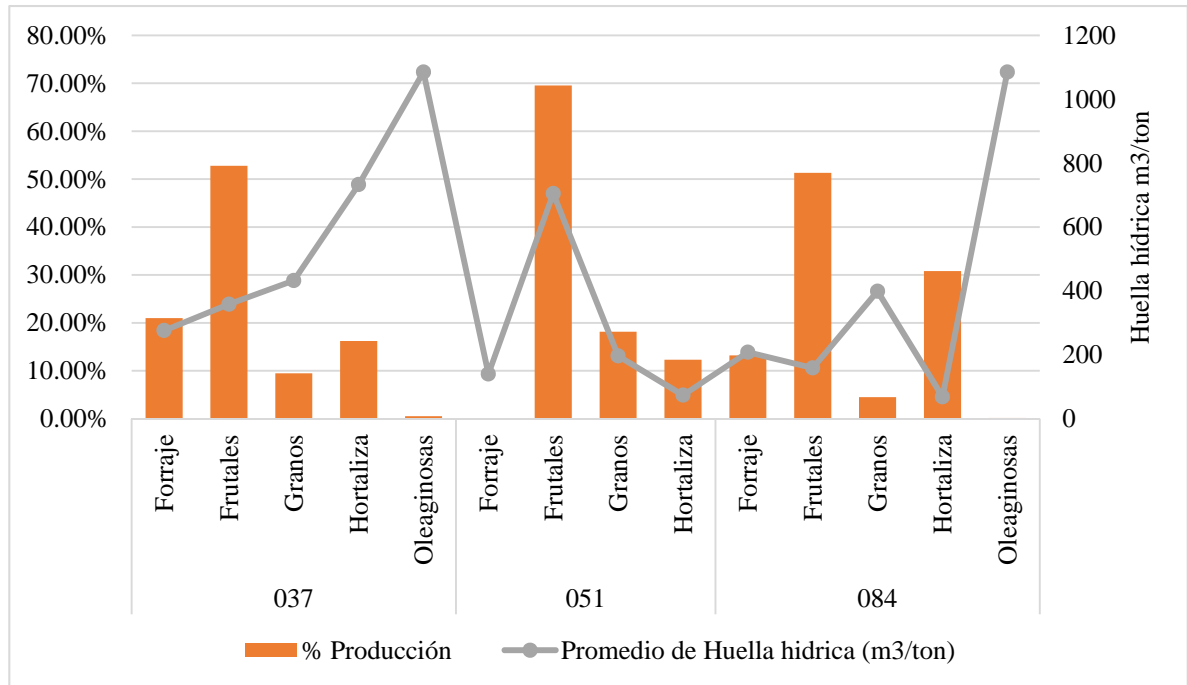
Respecto a la huella hídrica (ver cuadro 10), el DR tiene un promedio de 499.88 m³/ton de la huella hídrica de sus cultivos principales, el cultivo que requiere mayor agua por tonelada producida es el cártamo con 1, 085.18 m³/ton, seguido del espárrago con 732.79 m³/ton, la aceituna con 646 m³/ton, el trigo grano 432.48 m³/ton, la vid mesa e industrial 307.65 m³/ton, la alfalfa con 276 m³/ton y el melón con 49.49 m³/ton. Por parte del DR 051 CH, también son tres cultivos que aglomeran el mayor porcentaje de superficie sembrada (55.47%): el trigo grano con 22.93% del total, el garbanzo con 17.90%, la vid mesa 14.64%. Para el DR 051 CH siguen en importancia de superficie sembrada: nuez con 9.95%, naranja 6.10%, calabaza 4.01%, sandía 3.96%, los cítricos asociados 3%, vid industrial 2.13%, frijol 2.05%, melón 2.02%, calabacita 1.96%, sorgo forrajero 0.004% y aceituna con 0.003%. El promedio de huella hídrica de los cultivos más importantes del

DR 051 CH es de 474.462, el cultivo con mayor huella hídrica es la nuez m³/ton y con la menor huella hídrica es el melón con 49 m³/ton. El DR 084 Guaymas tiene como principales cultivos por superficie sembrada sumando 44.624% a la sandía con 17.674%, el trigo grano 14.72%, la calabacita con el 12.22%. Siguen en importancia de superficie sembrada para el DR 084 Guaymas, el melón con 8.50%, la naranja 7.87%, el chile verde 7.74%, alfalfa 5.63%, jitomate 4.038%, sorgo forrajero 3.41%, frijol 3.11%, maíz grano 2.04%, cártamo 1.79% y 1.4%. Con respecto a la producción del DR 084 Guaymas, tres cultivos suman el 53.9% del total de la producción: la sandía con 27.9%, el melón con 12.7% y la calabacita 12.412%. Siguen en importancia de participación en la producción del DR 084 Guaymas: chile verde con 9.7%, la alfalfa 7.17%, el jitomate 6.718%, la naranja 6.29%, el sorgo forrajero 5.2%, la vid mesa 1.04%, el frijol 0.53% y el cártamo 0.158%. El promedio de huella hídrica de los cultivos más importantes del DR 084 es 266.13, teniendo como valor mínimo el melón con 49 m³/ton y el valor máximo el cártamo con 1, 085.18%. La diferencia más notable entre los DR es el valor promedio de huella hídrica de los cultivos más importantes de los DR, puesto que el DR con el menor valor es el DR 084 Guaymas con 266.131 m³/ton, sigue el DR 051 CH con 474.462 m³/ton, y por último el DR 037 APC con 499.88 m³/ton. Este es un panorama de que cultivos producen y cuál es su huella hídrica, más adelante veremos que cultivo es el que tiene el mayor subsidio implícito del agua.

Observamos en la figura 1. la similitud entre los tres DR en el patrón de cultivos es que los tres dedican el mayor porcentaje de su producción a los frutales, con mayor incidencia en el DR 051 CH, pero la diferencia es el promedio de huella hídrica debido a que el DR 051 tiene la mayor huella hídrica en promedio en los frutales con una huella hídrica de 705.01 m³/ton, le sigue el DR 037 APC con 358.37 m³/ton y la menor huella hídrica promedio es la del DR 084 Guaymas con 158.67 m³/ton, es decir que el tipo de frutales que elige producir el DR 051 CH son muy altos en huella hídrica a comparación del DR 084 de Guaymas. Respecto a las hortalizas el DR 084 produce el 30.81% relativamente mayor que los otros dos DR, el DR 051 CH produce el 12.30% de hortalizas y el DR 037 APC produce el 16.23% vemos que son porcentajes relativamente similares. Respecto a la huella hídrica de las hortalizas también el DR 084 tiene la menor huella

hídrica promedio por grupo de hortalizas 68.42 m³/ton, sigue el DR 051 con 73.59 m³/ton y por último el DR 037 con 732.78 m³/ton.

Figura 2 Patrón de cultivos y huella hídrica promedio de los tres DR seleccionados de Sonora, para el periodo de 2002-2014.



Fuente: Elaboración propia del gráfico y cálculos, con información de AgroDer, (2012), CONAGUA (varios años) y Mekonnen & Hoekstra (2011).

La gran magnitud relativa de la huella hídrica promedio del grupo de hortalizas del DR 037 APC, se refiere a que en este DR eligen hortalizas con una huella hídrica mucho mayor que los otros dos DR. Vemos en la figura 1 que la huella hídrica promedio de los grupos de cultivos puede ser diferente debido a la gran diversidad de cultivos y requerimientos hídricos para su producción dentro de cada grupo. El forraje tiene mayor participación en la producción del DR 037 APC con 21%, en segundo lugar está el DR 084 con 13.23% y por último el DR 051 CH con 0.004%. También observamos una diferencia en la huella hídrica promedio del forraje, pero esta es menor que en los dos grupos anteriores. La huella hídrica promedio del forraje para el DR APC es 276 m³/ton, para el DR 084 Guaymas es 208 m³/ton y el DR 051 Ch 140 m³/ton. Con respecto a los granos el DR 084 tiene el menor porcentaje de su producción con 4.49%, sigue el DR 037 APC

con 9.47% y el DR con 18.15%. El promedio de huella hídrica de granos es el del DR 037 APC con 432.47 m³/ton, sigue el DR 084 con 398.95 m³/ton, y el más bajo del DR 051 CH. Por último, está el grupo de oleaginosas el cual tiene una participación pequeña en el DR 037 APC con 0.54% y el DR 084 Guaymas con 0.16% pero con la huella hídrica más grande en promedio de 1, 085.18. En el DR 051 CH no se produjeron oleaginosas en el periodo de estudio. Se puede afirmar que la diferencia más importante en el patrón de cultivos y huella hídrica promedio por grupo de cultivos, es que el DR 084 elige siempre producir los cultivos que tengan menor huella hídrica por grupo de cultivos, a excepción de los granos y oleaginosas, los cuales tienen una participación pequeña en la producción total, de 4.65%. Con respecto al patrón de cultivos la diferencia más importante es que destina un mayor porcentaje a las hortalizas que los otros dos DR.

Con respecto al subsidio implícito por cultivo¹⁰ vemos en el cuadro 11 que los cultivos más subsidiados implícitamente con el agua respecto al total de los tres DR en el periodo de 2002-2014 son: la nuez del DR 051 CH con el 11.63% del total con una magnitud del subsidio implícito del agua de 601.09 millones de pesos (MDP), el trigo grano del DR 051 con 11.51% del subsidio total. La magnitud del subsidio implícito en el periodo de 2002-2014 si se cobrara \$1.1 por metro cúbico consumido sería de \$ 595.1 MDP, sigue la vid mesa del DR 052 con 11.14% y un subsidio implícito del agua de 575.8 MDP, el espárrago del DR con el 11.05% del subsidio implícito total y una cantidad de subsidio implícito de 571.3 MDP, ver el cuadro No. 11 para las cantidades del subsidio implícito con PS de \$3.87 y los demás cultivos.

¹⁰ El subsidio total por DR puede no coincidir con el Cuadro No. 9, primero porque este presenta el valor promedio anual, y además que este subsidio se calculó con la información de CONAGUA del que extraen los DR, y la que se presenta en el Cuadro 11. Es una aproximación con la huella hídrica, la cual es un cálculo promedio de cuál sería en Sonora el requerimiento de agua de riego para producir una tonelada de un cultivo.

Cuadro 10 Cultivos principales, superficie sembrada, producción, y huella hídrica en el periodo de los DR 037, 051 y 084 de Sonora, de 2002-2014.

Cultivos	Superficie Sembrada (Miles de Ha)	Porcentaje de la superficie sembrada del DR (%)	Producción (Miles de Ton)	Porcentaje de la producción del DR (%)	Huella hidrica (m3/ton)
Total DR 037 APC	309.64	100.00	3,006.90	100.00	499.88
Espárrago	80.11	25.87	431.69	14.36	732.79
Vid Industrial	74.07	23.92	786.20	26.15	307.65
Trigo grano	41.82	13.51	251.92	8.38	432.48
Olivo (Aceituna)	28.34	9.15	123.52	4.11	646.70
Vid Mesa	27.10	8.75	346.13	11.51	307.65
Alfalfa	19.60	6.33	558.67	18.58	276.00
Melón	5.87	1.90	148.14	4.93	49.49
Cártamo	5.52	1.78	14.25	0.47	1,085.18
Total DR 051 CH	611.95	100.00	7,004.82	100.00	474.46
Trigo grano	140.31	22.93	848.16	12.11	432.48
Garbanzo	109.54	17.90	238.46	3.40	31.77
Vid Mesa	89.58	14.64	1,118.66	15.97	307.65
Nogal (Nuez)	60.89	9.95	107.71	1.54	3,068.31
Naranja	37.34	6.10	980.37	14.00	276.31
Calabaza	24.54	4.01	550.38	7.86	73.59
Sandía	24.25	3.96	906.06	12.93	81.48
Cítricos asociados	18.39	3.00	499.83	7.14	218.71
Vid Industrial	13.02	2.13	299.34	4.27	307.65
Frijol	12.57	2.05	24.84	0.35	124.86
Melón	12.39	2.02	347.69	4.96	49.49
Calabacita	12.00	1.96	203.17	2.90	73.59
Sorgo Forrajero	0.03	0.00	0.30	0.00	140.00
Olivo (Aceituna)	0.02	0.00	0.04	0.00	646.70
Total DR 084 Guaymas	142.14	100.00	2,847.95	100.00	266.13
Sandía	25.12	17.67	794.90	27.91	81.48
Trigo grano	20.94	14.73	97.68	3.43	432.48
Calabacita	17.37	12.22	353.49	12.41	73.59
Melón	12.09	8.50	363.83	12.78	49.49
Naranja	11.19	7.87	179.39	6.30	276.31
Chile Verde	11.01	7.74	276.51	9.71	52.31
Alfalfa	8.02	5.64	204.47	7.18	276.00
Jitomate	5.74	4.04	191.32	6.72	79.40
Sorgo Forrajero	4.85	3.41	148.15	5.20	140.00
Frijol	4.43	3.12	6.85	0.24	124.86
Maíz grano	2.91	2.05	15.29	0.54	659.58
Cártamo	2.55	1.79	4.21	0.15	1,085.18
Vid Mesa	2.07	1.45	29.69	1.04	307.65

Fuente: Elaboración propia con información utilizada en cuadro 9.
 * Los cultivos están ordenados por DR de acuerdo a importancia descendente de hectáreas sembradas.

De forma relativa, la mayor parte del subsidio implícito del DR 037 APC es de una hortaliza, el espárrago con 31.49% del total del DR, siguen los frutales con 10.93% del subsidio implícito del DR conformados por la vid industrial con 20.50%, la vid mesa con 11.72% y el olivo con 7.96%, el forraje participa con 16.26% con la alfalfa, y por último las oleaginosas con el cártamo (1.56%). Por parte del DR 051 CH los frutales tienen el 74.34% del subsidio implícito del DR, conformados por 21.62% del nogal, 20.72% vid mesa, 13.99% naranja, 7.85% cítricos asociados, 4.80% sandía, vid industrial 4.21%, melón 1.15%, y olivo con 0.0009% del subsidio implícito del DR. Para el DR 084 Guaymas el grupo de cultivos con mayor porcentaje de subsidio implícito total son los frutales, con 42.93%, teniendo el 20.42% del subsidio total la sandía, seguida de la naranja con 13.73%, el melón 5.41%, y la vid mesa 3.38%. En segundo lugar, está el forraje con 24.21%, la alfalfa tiene el 18% del subsidio implícito del agua total, el sorgo forrajero el 6.13%. Las hortalizas tienen el 17.81% del subsidio implícito del agua total del DR, la calabacita el 8.51% del total, el chile verde 4.82%, el jitomate el 4.47%. Respecto a los granos, éstos aglomeran el 13.56% del total del subsidio implícito del agua de DR, el trigo 10.56%, el maíz grano 2.77% y el frijol 0.23%. Finalmente, las oleaginosas, con el cártamo, tienen el 1.50% del subsidio implícito del agua del DR 084 Guaymas.

Una diferencia entre el DR 084 de Guaymas y los otros dos DR, es que alrededor del 80% del subsidio implícito lo acumulan 7 cultivos, mientras que el DR 037 APC son solo 4 cultivos los que acumulan este porcentaje y el DR 051 CH son cinco cultivos. Esto indica que existe una concentración mayor en los DR 037 APC y 051 CH el subsidio implícito del agua que el DR 084 Guaymas, lo cual también indica que los productores de estos cultivos dentro de los DR son los que más consumen agua y más intensivamente que los otros cultivos. Y también es de notar que el DR Guaymas es el que tiene mayor número de cultivos que acumulan el 90% de la producción con trece cultivos, seguido de DR CH 051 con 12 cultivos y por último el DR 037 APC con ocho cultivos. Con respecto al subsidio implícito del agua por tonelada, hectárea, y la proporción de éste sobre el valor de la producción por hectárea, tonelada y el valor total de la producción tenemos la información en el cuadro 11, donde los cultivos están ordenados de forma descendente, de acuerdo a la importancia del subsidio implícito del agua que tienen para el periodo.

Cuadro 11 Subsidio implícito del agua total y por cultivo de los DR seleccionados de Sonora y precio medio rural promedio por tonelada para el periodo de 2002-2014.

Cultivos	Subsidio total por cultivo (millones de pesos a precios de 2012, INPP Agrícola)		Porcentaje sobre el total del subsidio implícito (%)		PMR (\$/ton) miles de pesos a precios de 2012, INPP Agr.
	PS \$1.1	PS \$3.87	De 3 DR	Del DR	
DR 037 APC	1,814.33	6,383.16	35.10	100.00	9.03
Espárrago	571.30	2,009.94	11.05	31.49	30.77
Vid Ind.	371.85	1,308.24	7.19	20.50	6.89
Alfalfa	294.99	1,037.83	5.71	16.26	1.55
Vid Mesa	212.66	748.19	4.11	11.72	23.10
Trigo grano	176.99	622.70	3.42	9.76	2.78
Aceituna	144.49	508.33	2.79	7.96	5.78
Cártamo	28.38	99.85	0.55	1.56	4.46
Melón	13.67	48.09	0.26	0.75	3.69
DR 051 CH	2,779.71	9,779.52	53.77	100.00	9.45
Nuez	601.09	2,114.76	11.63	21.62	39.38
Trigo grano	595.16	2,093.87	11.51	21.41	2.67
Vid Mesa	575.86	2,025.99	11.14	20.72	20.54
Naranja	388.85	1,368.05	7.52	13.99	1.46
Cítricos a.	218.16	767.53	4.22	7.85	1.41
Sandía	133.47	469.56	2.58	4.80	2.14
Vid Ind.	116.96	411.49	2.26	4.21	1.68
Calabaza	73.80	259.65	1.43	2.66	3.17
Melón	31.91	112.26	0.62	1.15	3.41
Calabacita	25.28	88.93	0.49	0.91	3.78
Garbanzo	13.83	48.67	0.27	0.50	9.73
Frijol	5.25	18.48	0.10	0.19	10.63
Sorgo F.	0.05	0.19	0.00	0.00	3.50
Aceituna	0.03	0.10	0.00	0.00	2.29
DR 084 Guaymas	575.53	2,024.83	11.13	100.00	4.69
Sandía	117.50	413.38	2.27	20.42	1.63
Alfalfa	104.00	365.89	2.01	18.07	1.48
Naranja	78.99	277.92	1.53	13.73	2.05
Trigo grano	60.77	213.81	1.18	10.56	2.66
Calabacita	49.00	172.40	0.95	8.51	5.30
Sorgo F.	35.31	124.22	0.68	6.13	0.87
Melón	31.12	109.47	0.60	5.41	4.06
Chile Verde	27.75	97.64	0.54	4.82	7.49
Jitomate	25.75	90.59	0.50	4.47	6.61
Vid Mesa	19.45	68.43	0.38	3.38	20.24
Maíz grano	15.91	55.99	0.31	2.77	2.34
Cártamo	8.65	30.42	0.17	1.50	3.83
Frijol	1.33	4.67	0.03	0.23	10.44
Total	5,169.57	18,187.50	100.00	0.00	7.34

Fuente: Elaboración propia con información utilizada en cuadro 9.
* Los cultivos están ordenados por DR de acuerdo a importancia descendente del subsidio implícito del agua.

Los cultivos con mayor subsidio por tonelada son la nuez del DR 051 CH con un subsidio de \$5.160 miles de pesos por tonelada, en segundo y tercer lugar el cártamo del DR 037 y el 084 con \$1.97 y \$1.9 miles de pesos, en cuarto lugar, se encuentra el espárrago del DR 037 con 1.23 miles de pesos y en quinto lugar se encuentra la aceituna con \$1.08 miles de pesos de subsidio con el PS de \$1.1 los lugares son los mismos para el PS 3.87 (ver cuadro 11). Con respecto al subsidio por hectárea el cultivo que tiene un mayor subsidio es la alfalfa con 13.76 y 13.31 miles de pesos por hectárea de los DR 037 APC y Guaymas, los cítricos asociados en segundo lugar con 13.31 miles de pesos del DR 051 CH, sigue la naranja con 10.76 miles de pesos del DR 051 CH, después la nuez con 9.34 miles de pesos, y en quinto lugar la Vid Mesa del DR 051 CH con 9.21 miles de pesos para el PS de \$1.1.

Al analizar la proporción del subsidio implícito sobre el valor de producción por tonelada del cultivo tenemos que la proporción más alta es la del cártamo del DR 084 G y DR 037 APC, sigue el maíz grano con 0.49 del DR 084 Guaymas, seguido de la alfalfa con 0.37 del DR 037 y 0.36 del DR 084 Guaymas. El cuarto cultivo es la naranja con 0.31 del DR 05 CH, y la aceituna con 0.31 del DR 051 CH. para el subsidio implícito del agua en de PS \$1.1, para el PS \$3.87, la proporción es mayor de uno para diversos cultivos. En los valores más bajos de la proporción del subsidio implícito de agua sobre el valor de producción por tonelada y hectáreas se encuentran los cultivos con menor huella hídrica, pero sorprende que se encuentre el espárrago 0.04 del DR 037 y la vid mesa con 0.03 del DR 051 CH, esto debido al gran subsidio implícito total que tienen los dos. Si hipotéticamente se cobrará el precio del agua a estos dos cultivos con un precio de \$1.1, lo podrían pagar sin afectar probablemente su producción, esto debido a las grandes ganancias que representan estos dos cultivos (ver cuadro 11). Se tendría en este caso que cobrar el precio de \$3.87 para que representara un 14% del valor de producción por tonelada del espárrago para el DR 037 y un 14% al de la uva, para que esto incentivaría a producir menos de estos cultivos con alto consumo de agua de riego en total, lo cual nos lo indica el subsidio implícito del agua. Este cuadro serviría para valorar si se podría hacer un cobro de precio diferenciado por cultivo de acuerdo a su subsidio implícito total y lo que esto representa para su valor de producción total, por tonelada y por hectárea, para así

poder desincentivar la producción de manera más acertada de los cultivos con mayor subsidio implícito de agua y así eliminar la sobreexplotación de sus acuíferos.

Una diferencia interesante entre el DR que no sobreexplota y los que sí, es que los cultivos con mayor precio son aquellos que tienen mayor subsidio implícito. Respecto a los valores de subsidio implícito por tonelada y hectárea, el DR 084 de Guaymas tiene los valores más bajos respecto a los otros dos DR; la diferencia es más marcada en el subsidio por tonelada que por el de hectárea con el DR 051 CH.; el DR 037 APC tiene los valores más altos en estos dos indicadores. Respecto a la proporción del subsidio implícito del agua respecto al valor de la producción total, por tonelada y por hectárea, resalta que el valor más bajo es el DR 051, esto debido al alto valor de su producción. Como vimos más arriba, el DR 051 es aquel con el mayor subsidio implícito del agua, pero el hecho de que tiene un alto valor de la producción disminuye este efecto. EL DR de Guaymas tiene el segundo valor de la proporción del subsidio implícito del agua respecto a los indicadores ya mencionados, esto a pesar de que tiene el menor subsidio implícito del agua y huella hídrica de los cultivos que produce, pero su valor de la producción no es tan relativamente alto respecto a esta magnitud, como sí lo es con el DR 051 CH. EL DR 037 APC tiene el mayor valor de la proporción de subsidio implícito del agua respecto a valor de la producción total, por tonelada y por hectárea.

Cuadro 12 Valor y proporción sobre el VP del subsidio implícito del agua del cultivo, sobre el total, por tonelada y hectárea de los tres DR de estudio. Promedio anual del periodo de 2002-2014.

Cultivos	Promedio anual del subsidio implícito del agua por cultivo.									
	Por ton (miles de pesos a precios de 2012, INPP Agr.)		Por ha (miles de pesos a precios de 2012, INPP Agr.)		Proporción sobre vp del cultivo por ton		Proporción sobre el vp del cultivo por ha		Proporción sobre vp total del cultivo	
	PS \$1.1	PS \$3.87	PS \$1.1	PS \$3.87	PS \$1.1	\$3.87	PS \$1.1	PS \$3.87	\$3.87	\$1.10
DR 037 APC	0.86	3.02	6.47	22.76	0.21	0.73	0.17	0.58	0.58	0.17
Espárrago	1.23	4.34	6.66	23.45	0.04	0.14	0.03	0.11	0.11	0.03
Vid Ind	0.48	1.69	5.35	18.81	0.07	0.24	0.05	0.18	0.18	0.05
Alfalfa	0.46	1.63	13.76	48.40	0.37	1.29	0.30	1.07	1.07	0.30
Vid Mesa	0.60	2.13	8.03	28.24	0.04	0.14	0.03	0.11	0.11	0.03
Trigo grano	0.73	2.56	4.34	15.28	0.27	0.95	0.21	0.74	0.74	0.21
Aceituna	1.09	3.83	5.68	19.99	0.19	0.68	0.15	0.53	0.53	0.15
Cártamo	1.97	6.94	5.20	18.29	0.51	1.80	0.43	1.50	1.50	0.43
Melón	0.09	0.31	2.20	7.72	0.03	0.11	0.02	0.09	0.09	0.02
DR 051 CH	0.77	2.72	4.95	17.43	0.12	0.41	0.09	0.31	0.31	0.09
Nuez	5.16	18.17	9.34	32.87	0.14	0.48	0.11	0.38	0.38	0.11
Trigo grano	0.73	2.56	4.56	16.05	0.29	1.01	0.22	0.77	0.77	0.22
Vid Mesa	0.52	1.82	6.96	24.47	0.03	0.10	0.02	0.08	0.08	0.02
Naranja	0.41	1.43	10.76	37.87	0.31	1.11	0.21	0.75	0.75	0.21
Cítricos asoc	0.43	1.53	11.73	41.28	0.32	1.11	0.29	1.02	1.02	0.29
Sandía	0.14	0.48	5.19	18.24	0.06	0.23	0.05	0.18	0.18	0.05
Vid Ind.	0.43	1.53	9.21	32.41	0.29	1.02	0.19	0.67	0.67	0.19
Calabaza	0.12	0.43	2.74	9.64	0.05	0.17	0.04	0.14	0.14	0.04
Melón	0.08	0.29	2.34	8.25	0.03	0.09	0.02	0.07	0.07	0.02
Calabacita	0.12	0.44	2.19	7.70	0.03	0.11	0.03	0.09	0.09	0.03
Garbanzo	0.05	0.19	0.12	0.41	0.01	0.02	0.00	0.02	0.02	0.00
Frijol	0.21	0.74	0.45	1.60	0.02	0.07	0.02	0.06	0.06	0.02
Sorgo Forr.	0.18	0.63	2.15	7.58	0.05	0.18	0.03	0.11	0.11	0.03
Aceituna	0.71	2.50	1.42	5.00	0.31	1.09	0.16	0.56	0.56	0.16
DR 084 G	0.46	1.60	4.92	17.32	0.19	0.67	0.15	0.52	0.52	0.15
Sandía	0.14	0.48	4.35	15.29	0.09	0.31	0.07	0.25	0.25	0.07
Alfalfa	0.46	1.63	13.31	46.82	0.36	1.28	0.30	1.04	1.04	0.30
Naranja	0.47	1.64	7.49	26.36	0.24	0.84	0.19	0.67	0.67	0.19
Trigo grano	0.73	2.56	3.68	12.95	0.28	0.99	0.22	0.77	0.77	0.22
Calabacita	0.12	0.44	2.53	8.92	0.03	0.11	0.03	0.09	0.09	0.03
Sorgo Forr.	0.24	0.83	7.72	27.17	0.30	1.07	0.23	0.82	0.82	0.23
Melón	0.08	0.29	2.54	8.95	0.02	0.08	0.02	0.07	0.07	0.02
Chile Verde	0.09	0.31	1.96	6.91	0.01	0.04	0.01	0.03	0.03	0.01
Jitomate	0.13	0.47	4.48	15.77	0.02	0.07	0.02	0.06	0.06	0.02
Vid Mesa	0.63	2.22	8.41	29.59	0.03	0.12	0.03	0.11	0.11	0.03
Maíz grano	1.08	3.80	5.60	19.70	0.49	1.72	0.36	1.28	1.28	0.36
Cártamo	1.90	6.69	3.22	11.34	0.56	1.96	0.44	1.53	1.53	0.44
Frijol	0.21	0.74	0.34	1.20	0.02	0.08	0.02	0.06	0.06	0.02

Fuente: Elaboración propia con información utilizada en cuadro 9.
 * Los cultivos están ordenados por DR de acuerdo a importancia descendente se subsidio implícito del agua dentro del DR.

Análisis comparativo del índice de especialización para los DR seleccionados en el periodo 2002-2014

Este apartado tiene el objetivo analizar comparativamente el índice de especialización de los DR y sus cultivos, observar diferencias y similitudes entre los DR. Ver de qué manera el índice de especialización se relaciona con las exportaciones, el consumo de agua subterránea y los patrones de cultivo.

Se entiende que el producto agrícola buscará maximizar sus beneficios, y por eso elegirá en un contexto de mercado abierto, el cultivo que le reditúe con más ganancias, no importa si este tiene altas o bajos requerimientos de agua. Observamos que en CH y AP los cultivos elegidos para producir tienen alto valor empero también una alta huella hídrica. Ellos buscan maximizar sus ganancias y disminuir sus costos. Por supuesto el costo del agua al ser gratis es un subsidio que le da al productor agroexportador para competir en el mercado externo, con por ejemplo otras zonas donde no hay agua de riego o se cobra el agua como algunos países de Europa o estados de Estados Unidos.

Dado que de acuerdo a SAGARPA (2011), Sonora es el principal exportador de productos primarios: agrícolas, pecuarios y acuícolas, en México; es de destacar el papel de la exportación agroexportadora de Sonora. Debido a que las cifras oficiales de exportación no indican el origen de la producción del producto, sino que registran el domicilio fiscal de la empresa comercializadora de exportación o del productor agrícola, se realizó una estimación de las exportaciones de Sonora, ya sea al extranjero o al mercado nacional. Como ya se expuso en el marco teórico se utilizará el índice de especialización por cultivo para tener una aproximación de las ventajas comparativas de una región respecto a la unidad de referencia, en este caso México. Después compararemos la producción de los DR y el consumo aparente de Sonora y de México, en los cultivos analizados. Esto con la finalidad de saber la cantidad de producción es vendida al país o al extranjero. Es importante resaltar que el consumo aparente “es igual a la producción más las importaciones menos las exportaciones” (FAO, 2006: XIVIII), es una aproximación al consumo nacional en cierto producto. Después de esto se analizará la Ventaja Comparativa Revelada, obtenida del programa computacional “Módulo para Analizar el Crecimiento del Comercio Internacional” (Magic Plus) de la

Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL). La VCR “mide la competitividad de un producto, o su ventaja comparativa, mediante el crecimiento de su participación en el mercado de destino” (Puyana & Romero, 2006: 227), en este caso el mercado de destino son los Estados Unidos, destino mayoritario para las exportaciones agroalimentarias de México. Si es mayor a uno significa que se tiene una ventaja revelada en ese producto, Asimismo, tenemos que “valores igual a la unidad sugieren que no hay especialización en determinado producto, por lo que la ventaja comparativa sería neutra. Valores superiores indican una ventaja comparativa en relación con otros competidores. El descenso del valor obtenido en un año implicaría la pérdida de ventaja comparativa y cesión de fracciones de mercado a proveedores más eficientes.” (Puyana & Romero, 2006:227).

En el cuadro No. 13 se tiene la información acumulada por DR y cultivos para el periodo de 2002-2014. Observamos los cultivos del DR 037, la aceituna tiene el mayor IE nacional con 92.78, el porcentaje de producción y consumo aparente es decir que su producción es mucho mayor que el consumo aparente estatal, y por lo tanto se vende fuera de la unidad de referencia. Al analizar el porcentaje de producción sobre el consumo aparente nacional vemos que es el 60.77% y la VCR promedio del periodo es 8.63 la cual nos indica que las exportaciones de México de aceituna tienen una ventaja comparativa revelada respecto a los otros competidores por las importaciones de aceituna de Estados Unidos. Asimismo, el DR 037 APC, produce el 60% de la producción de Aceituna en México, para el periodo estudiado. Concluimos que las aceitunas producidas por el DR 037 son vendidas al país y al extranjero.

Respecto al espárrago del DR APC, su IE nacional es de 62.26 indicando que está muy especializado respecto al nivel nacional, el porcentaje de la producción y el consumo aparente de Sonora indica que éste se vende fuera de Sonora debido a que es 11, 939.12% y respecto al consumo aparente nacional, también es mayor y representa el 281.12% del consumo aparente nacional, la VCR es 4.25 indicando una ventaja comparativa revelada con EUA; concluimos que el espárrago del DR 037 APC es exportado al extranjero y vendido dentro del país. Es de destacar que el espárrago tiene el segundo lugar de IE nacional de los cultivos de todos los DR estudiados, reporta el mayor porcentaje de la producción sobre el consumo aparente estatal y nacional. Es interesante saber que en 2013 México era el tercer exportador de espárrago en el mundo (SIAP, 2015:72) y de 2002 a 2014 la producción en el DR 037 APC

ha crecido a una tasa de crecimiento media anual (TMA) de 8.59%. y las exportaciones de espárragos de México han crecido a una TMA de 7.18%.

Tomando en cuenta el mismo análisis hecho arriba para los demás cultivos del DR 037 APC, resulta que los cultivos exportados y vendidos a nivel nacional son: vid industrial, vid mesa y melón. Aquellos que probablemente son para producción local son la alfalfa y el trigo. Para el DR 051 los cultivos que son para exportación y venta nacional: la vid mesa, la calabacita, sandía, melón, naranja, nuez y vid industrial. Los cultivos para el mercado nacional y regional son la calabaza y el trigo. Los cultivos para el mercado regional dentro de Sonora son el frijol, sorgo forrajero y aceituna.

Con respecto al DR 084 Guaymas los cultivos que se exportan y venden a nivel nacional son: la calabacita, el melón, la sandía, el chile verde y jitomate. Los cultivos que se venden a nivel nacional son la vid mesa y la naranja. Los cultivos para venta y consumo regional son: sorgo forrajero, trigo, alfalfa, frijol, maíz grano.

En el cuadro 14 tenemos a los DR por patrón de cultivos y los valores de índice de especialización nacional, huella hídrica promedio, subsidio implícito del agua por tonelada, hectáreas y por los dos precios. Observamos que el patrón de cultivos de estos DR es como se había imaginado después de la firma del TLCAN por parte de los funcionarios y expertos, un patrón especializado en hortalizas y frutas de exportación, como vimos más arriba. Empero al analizar la huella hídrica promedio por grupo de cultivos, tenemos que para el DR 037 APC la huella hídrica promedio más alta es par las hortalizas la que fundamentalmente está conformada por el espárrago que como vimos es exportado, con gran requerimiento de agua y gran valor económico. Siguen los frutales en magnitud de índice de especialización, que como vimos también son exportados, las oleaginosas son las que tienen la mayor huella hídrica pero como vimos tienen una mínima participación en la producción además que vemos en el cuadro 14 que también tiene un nivel menor de especialización a comparación de los otros grupos de cultivos. El DR 051, quien también está más especialización en hortalizas y frutales. Los frutales conforman la mayor parte de la producción del DR 051 CH y son justo los que tienen mayor huella hídrica a comparación de los otros grupos de cultivos. En el DR 084 Guaymas coincide en uno de los grupos el que tiene mayor huella hídrica, después de las

oleaginosas las cuales tienen una mínima participación en la producción. Empero vemos que el segundo grupo en magnitud en el que está especializado son las hortalizas, y estas son las que tienen una menor huella hídrica a comparación de los otros grupos.

Cuadro 13 Valores promedio: del Índice de especialización (IE) con respecto al estado y el país, VCR, producción, consumo aparente estatal y nacional; porcentaje de la producción de los DR en el consumo aparente de Sonora y el País. Periodo 2002-2014.

Cultivos	IE Son	IE Nac	Producción (miles ton) (A)	Consumo aparente Son (miles de ton) (B)	Porcentaje de A/B	Consumo Ap arente Nac (Miles de tons) (C)	% A/C	VCR
037	18.10	33.96	2,093.70	9,232.04	22.68	391,983.01	0.53	4.30
Aceituna	9.70	92.78	108.39	4.22	2,568.86	178.37	60.77	8.63
Espárrago	6.33	64.26	368.22	3.08	11,939.12	130.98	281.12	4.25
Vid Ind.	108.74	26.84	786.20	52.95	1,484.74	2,260.31	34.78	4.01
Vid Mesa	1.90	26.07	174.61	11.60	1,504.89	489.28	35.69	3.42
Melón	1.24	3.84	114.76	82.93	138.39	3,510.66	3.27	4.91
Trigo grano	0.15	2.05	243.41	1,775.31	13.71	75,241.86	0.32	0.75
Alfalfa	0.71	0.69	298.11	7,301.95	4.08	310,171.56	0.10	0.01
051	2.40	10.63	5,058.73	8,302.94	60.93	157,093.50	3.22	4.21
Vid Mesa	2.56	37.30	972.99	2,368.96	41.07	2,749.59	35.39	3.60
Calabaza	2.56	30.89	477.93	115.77	412.81	4,913.79	9.73	0.15
Garbanzo	2.45	11.27	211.15	11.52	1,833.45	488.18	43.25	3.11
Nuez	5.38	8.46	94.99	20.98	452.70	888.72	10.69	1.88
Calabacita	2.39	7.64	203.17	67.50	301.00	2,856.44	7.11	8.77
Sandía	2.43	5.50	729.66	146.52	497.99	6,227.98	11.72	8.03
Melón	1.54	4.36	259.72	101.74	255.28	4,327.94	6.00	4.85
Naranja	3.41	3.87	980.37	758.30	129.28	32,399.49	3.03	0.82
Trigo grano	0.28	3.78	805.93	1,775.31	45.40	75,241.86	1.07	0.75
Vid Ind.	3.19	1.46	299.34	2,352.62	12.72	2,066.67	14.48	2.40
Frijol	1.12	0.19	23.16	347.38	6.67	14,754.98	0.16	2.40
Sorgo F.	0.04	0.15	0.30	236.01	0.13	10,163.73	0.00	7.10
Aceituna	0.01	0.12	0.04	0.32	11.70	14.15	0.27	8.59
084	4.70	9.08	2,219.26	21,528.85	10.31	914,157.07	0.24	4.56
Calabacita	9.79	31.52	327.00	126.33	258.85	5,360.03	6.10	8.53
Melón	10.64	27.71	329.27	112.27	293.27	4,769.37	6.90	4.88
Sandía	7.46	16.97	693.46	146.52	473.29	6,227.98	11.13	8.03
Sorgo F.	1.52	11.52	134.47	2,488.78	5.40	105,674.27	0.13	0.84
Chile Verde	9.81	3.81	162.11	392.49	41.30	16,631.96	0.97	8.61
Vid Mesa	0.28	3.64	10.24	20.80	49.21	870.44	1.18	5.37
Jitomate	7.77	3.63	154.98	294.96	52.54	12,559.59	1.23	6.92
Naranja	3.00	3.05	168.02	1,158.23	14.51	49,128.02	0.34	0.80
Trigo grano	0.18	2.15	95.86	1,775.31	5.40	75,241.86	0.13	0.75
Alfalfa	0.71	0.67	122.34	7,301.95	1.68	310,171.56	0.04	0.01
Frijol	2.06	0.26	6.58	347.38	1.89	14,754.98	0.04	7.10
Maíz grano	0.28	0.03	14.93	7,363.83	0.20	312,767.01	0.005	0.04

Fuente: Elaboración propia con datos de CEPAL (2016), FAO (2016) y SIAP-SAGARPA (2015).

*Los valores que pueden no ser para todo el periodo sino para los años en donde se encontró información.

La diferencia que observamos entre los DR es que, si bien están especializados los tres DR en frutas y hortalizas, la elección de qué frutas y hortalizas producir es la que marca la diferencia en el promedio de la huella hídrica y también podemos presumir en la sobreexplotación del acuífero. Aquí nos detenemos a analizar algo que se dice constantemente en investigaciones y en las reglas de operación de programas públicos, acerca de la reconversión de patrones de cultivos a raíz del TLCAN como indica King:

“Uno de los principales objetivos del TLCAN en México era efectuar la transición de los productores mexicanos hacia cultivos en los cuales tienen ventajas comparativas. Aunque México tradicionalmente no ha podido competir efectivamente con Canadá y Estados Unidos en la producción de granos, la abundancia de mano de obra barata permitía pensar que la producción de frutas y hortalizas para exportación sería una buena opción en el contexto del TLCAN. A este fin, el gobierno ha invertido, a través de la Alianza y de ASERCA, en programas de apoyo a la reconversión productiva en tierras que antes producían granos básicos y de promoción de cultivos estratégicos como cítricos, aguacate, zola y nopal. En vista de los mercados inestables y la crisis emergente en la disponibilidad para riego, los productores han comenzado a darse cuenta de los riesgos que implica depender sólo de la producción de granos básicos.” (King A. , 2007: 26).

Anotamos que los tres DR de estudio de estudio no debería de existir ninguna sobreexplotación de acuíferos debido a la ya reconversión de frutas y hortalizas y a una tecnología que de acuerdo al Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), Sonora es una de las “ocho entidades federativas con modalidad de riego, que destacan en el aporte al valor de la producción con innovación de tecnología en el campo mexicano” (SIAP, 2015: 17). Desafortunadamente no se toma en cuenta el hecho de que dentro de cada grupo de cultivos existen cultivos con grandes requerimientos de agua para su producción y si estos son de un gran valor económico de exportación, normalmente se preferirá producir a estos tomando en cuenta la gratuidad del agua y al parecer que es “infinita”. Observamos que se da prioridad a la producción agroexportadora que sobreexplota acuíferos pero que tiene grandes ganancias, y de esta manera subsidiando la exportación a costa de comprometer el desarrollo sustentable de las personas y el medio ambiente. La gran diferencia que muestra el DR 084 es que éste ha optado por cultivos si bien de exportación, pero con una baja huella hídrica, mayor valor por metro cúbico y mayor diversificación de sus lo que ha dado como resultado que no sobreexplota su acuífero como lo hacía en el pasado.

Cuadro 14 Índice de especialización Nacional, huella hídrica, subsidio implícito del agua por tonelada y hectáreas por grupo de cultivos, valores promedio del periodo 2002-2014 por DR.

DR	IE Nacional	Huella hídrica (m ³ /ton)	Subsidio implícito total (Pesos a precios de 2012, INPP Agrícola 2012)			
			Por ton. PS \$1.1	Por ton. PS \$3.87	Por Ha. PS \$1.1	Por Ha. PS \$3.87
037	29.42	499.88	859.08	3,022.39	6,470.37	22,763.95
Forraje	0.68	276.00	464.53	1,634.31	13,758.11	48,403.53
Frutales	45.71	358.38	604.47	2,126.64	4,890.44	17,205.46
Granos	1.94	432.48	727.90	2,560.89	4,341.74	15,275.03
Hortaliza	61.95	732.79	1,233.34	4,339.12	6,664.91	23,448.36
Oleaginosas	1.60	1,085.18	1,972.54	6,939.76	5,198.41	18,288.95
051	11.98	464.35	772.46	2,717.64	4,954.25	17,429.97
Forraje	0.15	140.00	179.58	631.79	2,154.95	7,581.50
Frutales	12.20	705.02	1,171.23	4,120.61	7,284.90	25,629.61
Granos	5.27	196.37	330.51	1,162.80	1,710.96	6,019.47
Hortaliza	26.30	73.59	123.53	434.59	2,555.36	8,990.22
084	8.18	266.13	455.21	1,601.52	4,921.60	17,315.08
Forraje	5.83	208.00	350.08	1,231.65	10,516.10	36,997.56
Frutales	13.52	158.68	282.10	992.48	5,276.93	18,565.21
Granos	0.78	398.96	662.08	2,329.31	3,143.72	11,060.16
Hortaliza	12.67	68.43	115.18	405.22	2,993.46	10,531.52

Fuente: Elaboración propia con información utilizada en el cuadro 9 y cuadro 13.

Ahora exploraremos qué papel tiene el subsidio implícito del agua en subsidiar la competitividad a nivel mundial, bajando los precios a los que se venden los cultivos en el DR, con un ejemplo. Tenemos en el Cuadro 15 el precio internacional y del DR del trigo, observamos que para el año 2012 y 2013, los precios de los DR son menores a los internacionales. Si agregamos el subsidio implícito de \$1.1 tenemos que se rebasa el precio internacional y ya no se podría competir al mercado internacional que ese precio. Lo cual indica que, al pagar un precio por el agua, incentivaría a los productores agrícolas a mejorar en sus factores productivos como la tecnología eficiente en uso de agua.

Cuadro 15 Precio internacional del trigo, precio del DR con y sin subsidio implícito del agua para los DR 037, 051 y 084 en los años de 2012 y 2013.

DR	Año	Precio del DR (pesos constantes 2012)	Subsidio de PS \$1.1 Pesos constantes 2012	Precio Internacional del trigo (A) (pesos constantes INPP 2012)	Precio del DR sin subsidio (B) (pesos constantes INPP 2012)	B-A
051	2012	3,600.00	929.06	4,125.23	4,529.06	403.82
084	2012	3,600.00	929.06	4,125.23	4,529.06	403.82
037	2012	3,750.00	929.06	4,125.23	4,679.06	553.82
051	2013	3,331.15	962.20	3,850.63	4,293.35	442.72
084	2013	3,379.42	962.20	3,850.63	4,341.63	490.99
037	2013	3,598.89	962.20	3,850.63	4,561.09	710.46

Fuente: Banco Mundial (2016), CONAGUA (2013, 2014).

Los cultivos de exportación de los DR 037 y 051 corresponden a tener una alta especialización, alta huella hídrica, subsidio implícito por tonelada y alto valor económico como el espárrago y a la uva. Coincide en estos dos DR que las frutas y hortalizas sean las más especializadas, con mayor huella hídrica promedio, mayor subsidio implícito del agua por tonelada y total y valor económico. El DR 084 tiene la similitud de también estar mayormente especializado en frutas y hortalizas, la diferencia es que son menores relativamente: el promedio de huella hídrica, el subsidio implícito por tonelada, la magnitud de la especialización y el valor económico también lo es. De esta diferencia se desprende que una de las razones por las que el DR 084 Guaymas no sobrexplota su acuífero es que se especializa en cultivos de exportación con baja huella hídrica, obtiene menor subsidio implícito del agua y además tiene una mayor diversificación de cultivos. La premisa del TLCAN que al cambiar el patrón de cultivos de granos a hortalizas y frutas debe estar acotada, dado casos como el DR 037 y 051, en donde si bien el nivel de agua extraído ha disminuido, la sobreexplotación se ha mantenido en el tiempo a pesar de haber cambiado de patrón de cultivos a frutales y hortalizas. Esto debido a la producción intensiva en agua que se realiza en la zona, lo cual vimos con el subsidio implícito del agua por tonelada y el subsidio implícito del agua total de los cultivos. Observamos también desde su inicio esta zona se ha caracterizado por ser agroexportadora y sobreexplotar sus acuíferos.

CAPÍTULO 4. Modelo para probar hipótesis

Descripción del modelo

El agua no solo un bien básico sino esencial, necesario para la vida humana, la producción y la sustentabilidad ambiental por sus servicios de reproducción del ambiente y no hay sustitutos perfectos, como se denominan en economía a ciertos bienes que por sus cualidades pueden reemplazar a otros, en la satisfacción de una misma necesidad. Por ello la elasticidad precio e ingreso de la demanda de agua es particularmente baja, para el agua de uso agrícola existen elasticidades calculadas en investigaciones, por ejemplo: -0.023, -0.0527, -0.125 (Guzman-Soria et al., 2010; Guzmán-Soria et al., 2006; Vichi Flores, 2013) y (Torres Sombra, 2012), entre otros. Esto hace que, para reducir el consumo se tendría que aumentar significativamente el precio o contraer el ingreso. De todas maneras, hay un límite más allá del cual no es factible disminuir el gasto en agua, el cual está marcado por la necesidad de la mantenimiento y reproducción de la vida. Tanto los animales, incluido el ser humano, como los vegetales, requieren agua para sobrevivir. De ahí que no se cobre el costo total del agua y en casi todos los países hay subsidios o ayudas fiscales de uno u otro tipo (European Environment Agency, 2007).

Un subsidio implícito del agua es aquel en el que no se cobra el valor total o los costos totales del bien consumido, es decir el costo oportunidad del mismo en el presente entre distintas actividades humanas y en el futuro. No obstante, es necesario enfatizar que, por las características del agua, los precios que resultarían de la interacción entre la oferta y la demanda en mercados competitivos, aplicados en micro economía, no darían un equilibrio óptimo que satisfaga el interés particular y el social por igual. Por ello, son precios establecidos política, administrativamente.

En México hay dos subsidios al consumo del agua implícitos en los precios asignados administrativamente: los del agua misma y los de la electricidad insumida en el bombeo del agua subterránea. Los montos de los dos subsidios van acoplados a la producción, es decir, entre mayor sea la producción (mayor la extensión cultivada y el volumen producido) mayor

será el subsidio por el consumo de agua y superior bombeo que se realiza. Por otra parte, el monto del subsidio depende del tipo de cultivo, la huella hídrica de cada uno y del índice de especialización. En esta investigación hemos trabajado para establecer la relación entre estos factores y el consumo de agua, la sobre explotación de los acuíferos, pues consideramos que ésta última se relaciona en forma directa con las variables aquí señaladas.

De acuerdo a diversos organismos internacionales como el Banco Mundial (World Bank, 2004, 2009a, 2009b), la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO en inglés) (FAO, 2003, 2012), Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD) (PNUD, 2006) y la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OECD) (OECD, 2009) este tipo de subsidios distorsionan las señales del mercado de los bienes en los cuales el agua es un insumo relevante en los costos totales, al disminuir los costos del productor y crear una falsa rentabilidad ante otros productores que no la usan o lo hacen en menor relación respecto al costo total y disminuyendo su precio final.

El índice de especialización de producción de un bien indica si un productor, ciudad, región, país, se especializa en la producción más que la unidad de referencia en la que se encuentra, en este estudio, por ejemplo, un Distrito de Riego o el estado de un país. El índice de especialización se calcula como un coeficiente que relaciona el peso que un producto tiene en la producción total de un estado (o un distrito de riego o un estado) con el peso de ese mismo bien en la producción total de un país. Si el valor del cociente es mayor a uno puede indicar que ese estado o distrito de riego se está especializa en un producto. Del valor de este índice se puede colegir que la región particular es exportadora de ese producto, al exterior de la unidad de referencia, ya sea el resto del país ya el extranjero, como el ejercicio realizado en el capítulo anterior.

Modelo de regresión línea múltiple

La ecuación de regresión múltiple que proponemos para el consumo de agua subterránea en los Distritos de Riego seleccionados es:

$$A = \alpha + \beta_1 IE + \beta_3 HS + \beta_4 PSVP$$

Donde:

A= Volumen de agua subterránea consumida

IE=Índice de Especialización

HS=Hectáreas sembradas

PSVP= Proporción del subsidio implícito del agua de la producción sobre el valor de la producción

En el modelo de regresión línea múltiple del volumen de agua subterránea consumida se espera que la relación entre las variables independientes y dependiente sea positiva. Es decir, que, a mayor índice de especialización, hectáreas sembradas y proporción del subsidio implícito del agua sobre el valor de la producción, mayor será en promedio el consumo de agua subterránea.

Estadísticos descriptivos de las variables dependiente e independiente

La variable dependiente e independientes son cuantitativas continuas. En el siguiente cuadro 16, presentamos los estadísticos descriptivos: media, desviación estándar, valor mínimo y máximo de las variables dependiente e independientes. Observamos una desviación importante en los valores de las variables dependiente e independiente respecto a su media, por esa razón elegimos obtener los logaritmos de las mismas para tener una aproximación más acertada del modelo. Los resultados sugieren que el volumen de agua subterránea consumido por los Distritos de Riego tiene una media de 279.6865 hectómetros o millones de metros cúbicos anuales por DR, el mínimo es de 73.272.3 hm anuales y el máximo de 486.203.0 hm, la desviación estándar es de 149.998. Existe una dispersión importante en los datos que corroboramos con los gráficos de diagrama de caja por los tres DR.

Cuadro 16 Estadística descriptiva de las variables del modelo de regresión lineal múltiple.

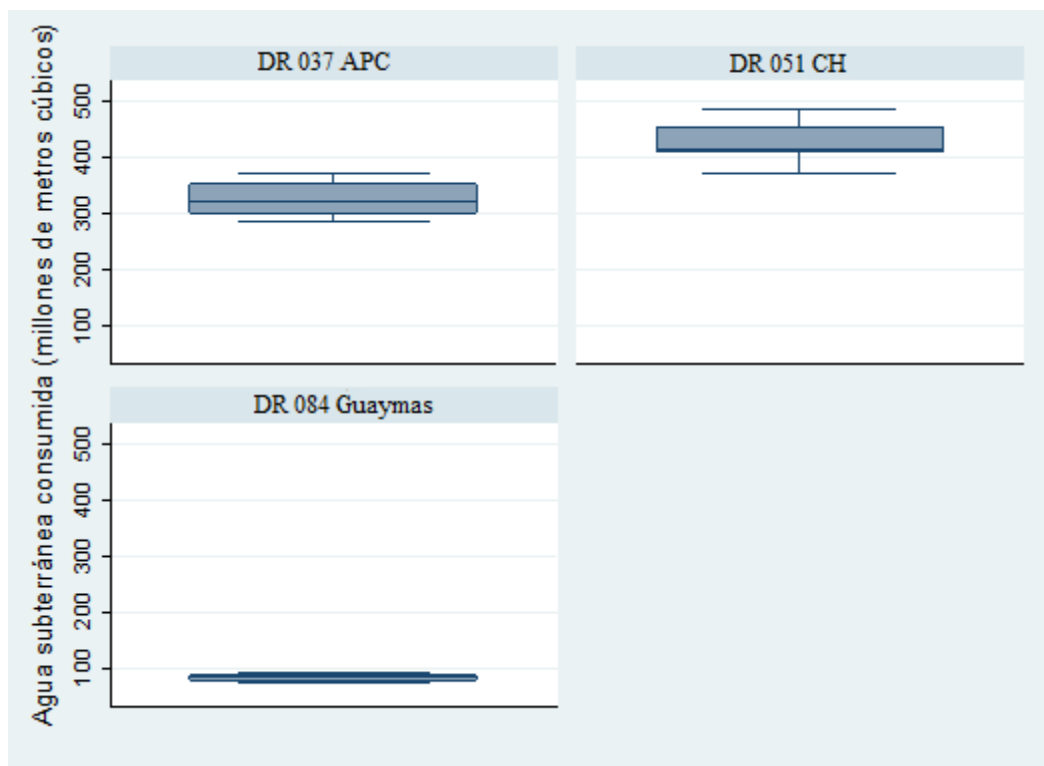
Estadística descriptiva de las variables					
Variable	Unidad de medida	Media	Desviación estándar	Mínimo	Máximo
Volumen de agua subterránea consumida	Miles de metros cúbicos	279,686.50	149,998.60	73,274.28	486,203.00
Log(Volumen de agua subterránea consumida)	Log(Miles de metros cúbicos)	12.32	0.74	11.20	13.09
Índice de Especialización	Medida que indica el grado de especialización promedio en la producción de los cultivos más importantes para cada uno de los tres DR	16.63073	10.52813	5.3	40.38316
Log (Índice de Especialización)	Log (Índice de Especialización)	2.63	0.60	1.67	3.70
Hectáreas Sembradas	Hectáreas	27,190.93	15,359.41	9,189.00	55,981.00
Log(Hectáreas)	Log(Hectáreas)	10.04	0.61	9.13	10.93
Proporción del subsidio implícito sobre el valor de la producción con PS \$1.1 a precios constantes de 2012 INPP Agr.	Proporción	0.18	0.57	0.08	0.34
Log(Proporción del subsidio implícito sobre el valor de la producción con PS \$1.1)	Log(proporción)	-1.79	0.31	-2.53	-1.08

Fuente: Elaboración propia con información de los cuadros 9 y 13.

Observamos que el DR 051 Costa de Hermosillo (CH) tiene un mayor consumo de agua subterránea. Los datos están sesgados a la izquierda de la distribución, es decir hacia consumos mayores a la media y no tiene valores atípicos. La media de consumo de agua subterránea del DR 051 CH es de 4230.hm, con una desviación estándar de 33.61 hm y un valor mínimo de 371.633 y un valor máximo de 486.203, podemos considerar una dispersión de mediano tamaño. Sigue el DR 037 Altar Pitiquito Caborca (APC) en tamaño del volumen consumido de agua, vemos que la distribución se encuentra también ligeramente sesgada a la izquierda, es menos dispersa y tampoco tienen valores atípicos. El DR 037 tiene una media de volumen de agua consumido de 325.61, una desviación estándar de 29.94, un valor mínimo de 286.0481 y máximo de 372.64, lo cual indica que la dispersión del consumo en el periodo analizado no es grande. El DR 084 Guaymas tiene el volumen menor de los tres DR analizados y también la menor dispersión del consumo de agua subterránea. Observamos en el gráfico

que la dispersión es reducida y no tiene datos atípicos. Lo que inferimos es que la producción del DR 084 es más estable, tiene menos picos de gran aumento o disminución en la producción agrícola. La media de consumo de agua subterránea en el periodo de análisis es para el DR 084 Guaymas es de 82.52 hm, su desviación estándar es de 6.6 hm, con un valor mínimo de 73.27 hm y máximo de 91.6 hm, concluimos que la dispersión de la variable en análisis es muy baja. La curtosis es 1.71, 2.01 y 1.47 del DR 037 APC, DR051 CH y DR 084 Guaymas, respectivamente, lo cual indica una distribución platocúrtica.

Figura 3 Diagrama de caja del agua subterránea consumida en los tres DR seleccionados en el periodo de 2002-2014 (millones de metros cúbicos).



Fuente: CONAGUA (varios años).

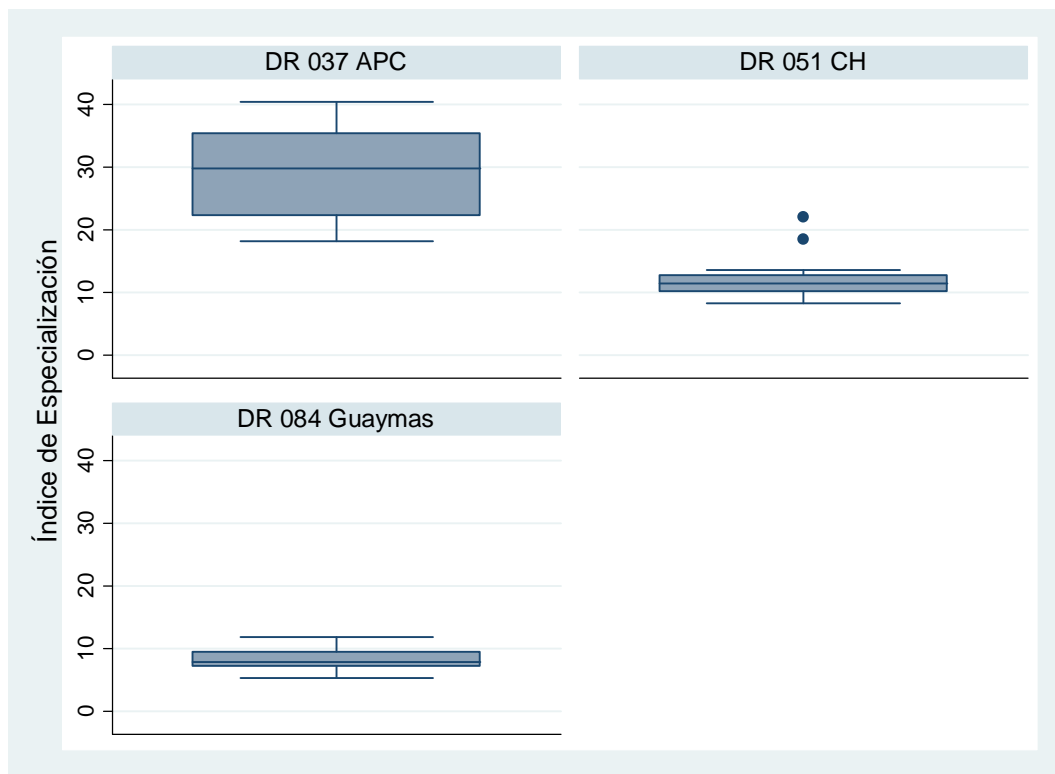
Respecto al índice de especialización, la media de todos los DR en el periodo de estudio, es de 26, con una desviación estándar de 16.63, valor mínimo de 5.3 y valor máximo de 40.38. Vemos que entre los DR existe una dispersión grande de los datos respecto a la media. Con respecto a los DR se obtuvieron las gráficas diagrama de caja para cada uno de los DR para

la variable índice de especialización. Observamos que el DR 037 APC tiene una distribución sesgada hacia la izquierda y con los índices de especialización más altos de los tres DR. El DR 037 APC tiene una media de 29.51, desviación estándar de 7.3, un valor mínimo de 18.15 y valor máximo de 40.38, su distribución tiene una amplia dispersión y está sesgada hacia la derecha. El DR 051 CH tiene valores menores del índice de especialización que el DR 037 APC, su distribución es menos dispersa que la del DR 037 APC, aunque tiene dos valores atípicos, sesgados hacia la izquierda. La media del índice de especialización del DR 051 CH es de 12.20, la desviación estándar de 4.00, el valor mínimo de 8.24 y el valor máximo de 22.07, la distribución está sesgada a la derecha. El DR 084 Guaymas, tiene el menor nivel de índice de especialización, una distribución visiblemente menos dispersa y sesgada hacia la derecha con una media de 8.17, una desviación estándar de 5.3, un valor mínimo de 5.3 y un valor máximo de 11.91. Vemos que el valor más grande del índice de especialización tanto en la media, los mínimos y máximos es el DR 073 APC, muy especializado como ya vimos en productos de exportación. Sigue en magnitud del índice de especialización el DR 051 y por último el DR 084.

Para los tres DR en el periodo de análisis, las hectáreas sembradas tienen una media de 27, 190.93 has, una desviación estándar de 15, 359.41, un valor mínimo de 9,189.00 y valor máximo de 55, 981.00, es una dispersión grande de hectáreas sembradas. Para el DR 037 APC, se observa en su gráfica de diagrama de caja que éste tiene el segundo lugar de hectáreas sembradas. La media de hectáreas sembradas para el DR 037 APC es de 23, 566.13 has, la desviación estándar es de 1, 562.849 has, el valor mínimo es de 21, 386 has y el valor máximo de 26, 506 has, nos indica una dispersión reducida de los datos a excepción del dato atípico sesgado a la izquierda que observamos en la gráfica de diagrama de caja. El DR 051 Costa de Hermosillo tiene el mayor nivel de hectáreas sembradas para el periodo de estudio, en todos los años. Tiene el mayor nivel de dispersión de los datos los cuales están sesgados hacia la izquierda con un atípico arriba del cuarto cuartil. La media de hectáreas sembradas es de 47, 073.03 has, la desviación estándar es de 3, 809.751 has, el valor mínimo de 41,398.00 has y el máximo de 55, 981 has. Observamos que los estadísticos descriptivos de las hectáreas sembradas del DR 051 CH son mayores que los otros dos DR, así como la dispersión. Existe

un valor atípico arriba del cuarto cuartil y la dispersión está sesgada hacia la izquierda (los valores mayores).

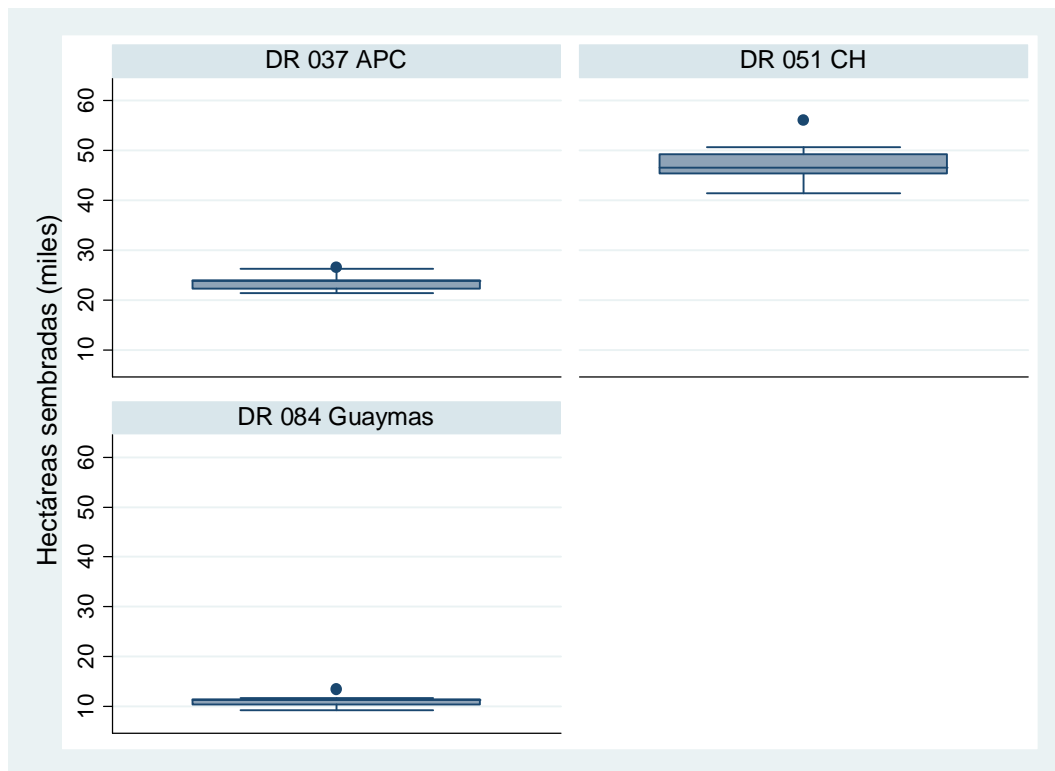
Figura 4 Índice de Especialización de los 3 DR seleccionados para el periodo de 2002-2014.



Fuente: Elaboración propia con información de cuadro 13.

El DR 084 Guaymas, tiene el menor número de hectáreas sembradas, con una media de 10, 933.62 has, una desviación estándar de 1, 139.181 has, el valor mínimo es 9, 189.00 has y valor máximo 13, 466.2 has. Observamos una dispersión baja en los datos, a excepción del valor atípico sesgado a la izquierda. Se puede decir que el DR con menor dispersión en las hectáreas sembradas en periodo es el DR 084 Guaymas, seguido del DR 037 APC y por último el DR 037 APC.

Figura 5 Diagrama de caja Hectáreas sembradas de los DR seleccionados (miles de has) en el periodo de 2002-2014.



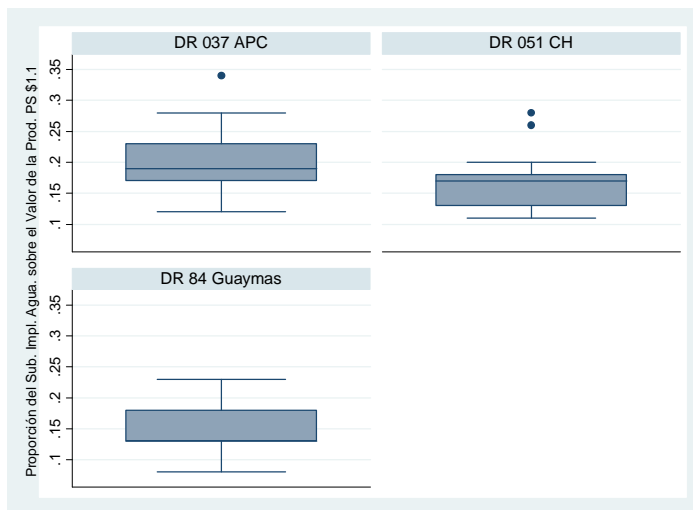
Fuente: Elaboración propia con datos de CONAGUA (varios años).

En el indicador de proporción del subsidio implícito del agua sobre el valor de la producción, observamos un nivel más alto y más disperso en el DR 037 APC con una media de 0.20, un valor máximo de 0.34, mínimo de 0.12 y desviación estándar de 0.065. Sigue en magnitud el DR 051 con una media de 0.17, valor mínimo de 0.11, máximo de 0.28 y desviación estándar de 0.049. El DR 084 Guaymas tiene un valor medio de 0.14, máximo de 0.23, mínimo de 0.08, los cuales son los descriptivos más bajos de este indicador de los DR. Observamos una dispersión ligeramente mayor en el DR 084 Guaymas a comparación de los indicadores anteriores.

Debido a la dispersión de los valores de las variables, las transformaremos en logaritmos. Ahora obtendremos las gráficas de dispersión de la variable dependiente Log (Volumen de agua subterránea consumida) con las variables independientes.

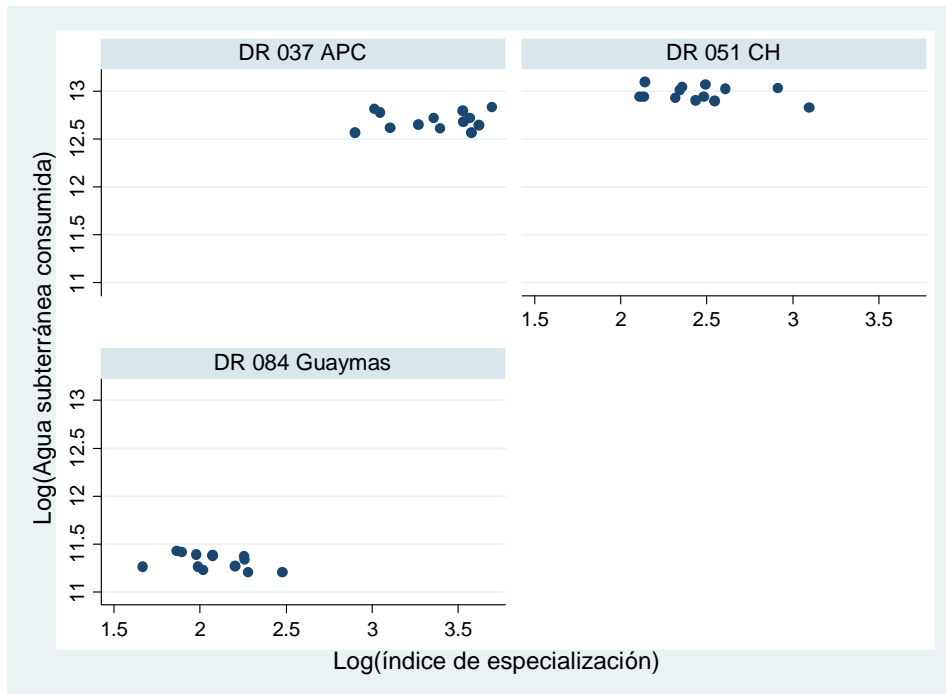
Observamos en la gráfica de dispersión entre el logaritmo del agua subterránea consumida y el logaritmo del índice de especialización para los tres DR y periodo seleccionados que la relación que podemos ver comparativamente es que los DR 051 y 037 que tienen mayor grado de índice de especialización tienen un mayor grado de agua subterránea consumida. Sin embargo, dentro de ellos es difícil ver una tendencia claramente positiva o negativa, debido a que el índice de especialización calculado es el promedio anual de los índices de especialización de los cultivos de cada DR. Por lo tanto, puede que cultivos con menor huella hídrica hayan crecido en IE a comparación de los de menor huella hídrica y esto neutralice el efecto. Empero como vimos en el Capítulo 3., al analizar el índice de especialización dentro de cada DR y por cultivo, sí vemos una diferencia entre los cultivos con mayor especialización (comparativamente) y una mayor huella hídrica y subsidio implícito del agua. En este caso el DR 084 tiene especialización en productos de exportación, pero estos tienen una pequeña huella hídrica y si bien está especializado, el índice de especialización es menor que el de los cultivos del DR 037 APC y algunos de 051 CH.

Figura 6 Proporción subsidio implícito del agua sobre el VP.



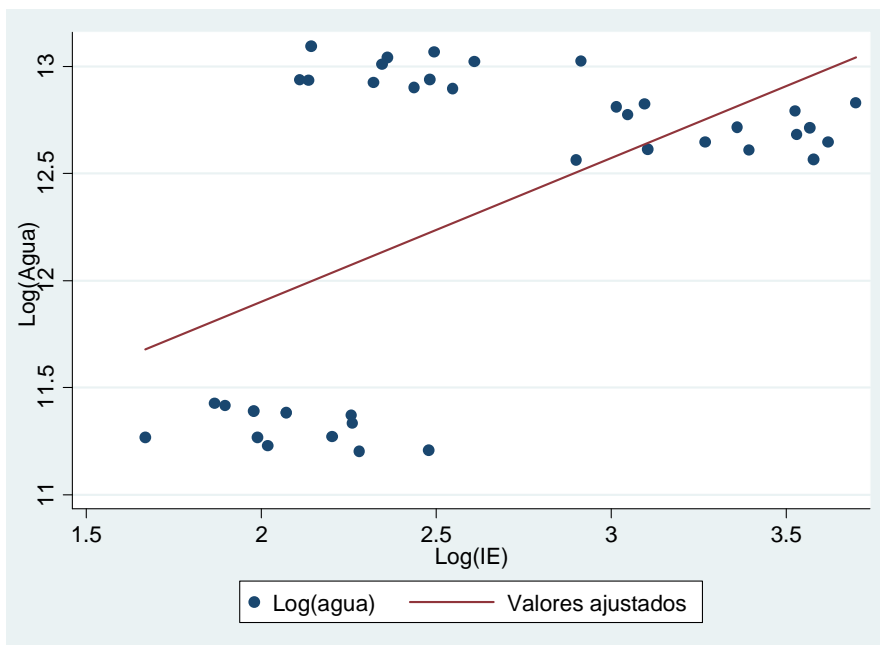
Fuente: Elaboración propia con información de cuadro 9.

Figura 7 Gráfica de dispersión de Log (Volumen de agua subterránea consumida) y Log (Índice de Especialización) para los DR seleccionados en el periodo de 2002-2014.



Fuente: Elaboración propia con información de cuadro 9 y 13.

Figura 8 Gráfica de dispersión y línea de regresión estimada de Log (Volumen de agua subterránea consumida) y Log (Índice de Especialización).

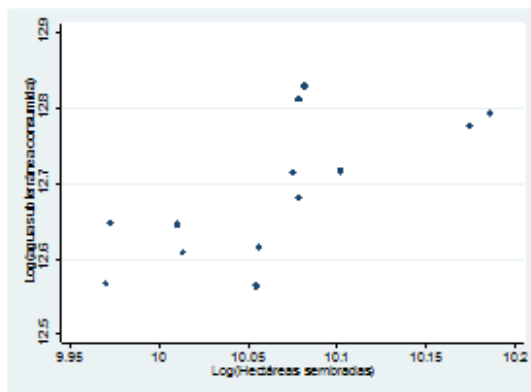


Fuente: Elaboración propia con información de cuadro 9 y 13.

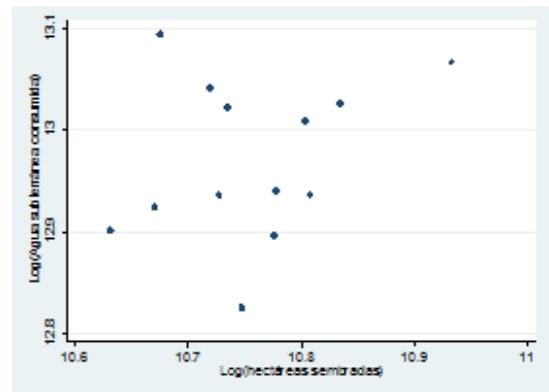
En la figura 7 la gráfica de dispersión del logaritmo del índice de especialización y el consumo de agua subterránea tenemos a los tres DR, y una línea de regresión ajustada. Aquí vemos la relación entre DR con el índice de especialización y el consumo de agua subterránea el cual apunta a que incentiva el consumo de agua.

Figura 9 Gráfica de dispersión logaritmo de hectáreas sembradas y logaritmo de agua subterránea consumida por los tres DR y periodos seleccionados (2002-2014).

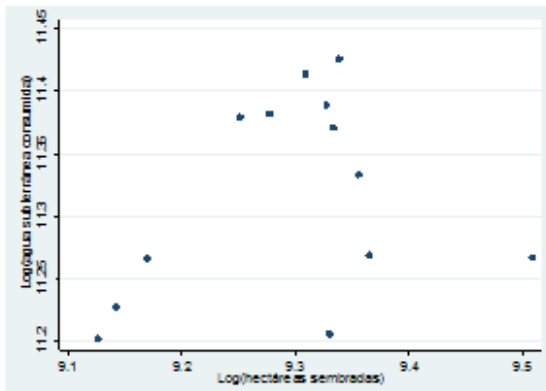
DR 037 APC



DR051 CH



DR 084 Guaymas

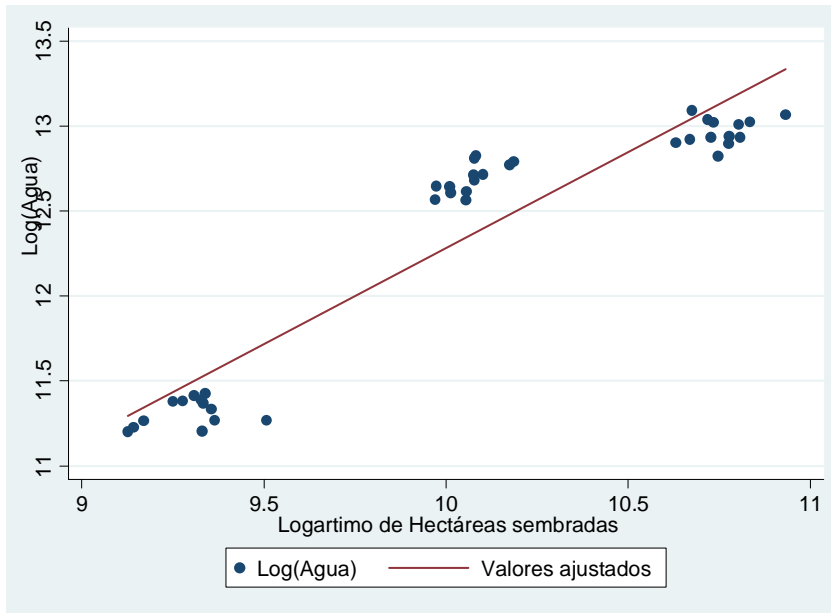


Fuente: Cálculo propio con información de CONAGUA (varios años).

Observamos en las gráficas de dispersión del logaritmo de hectáreas sembradas y vemos que existe una ligera tendencia positiva entre hectáreas sembradas y agua subterránea consumida, así como una dispersión grande. Lo cual verificamos con la gráfica de dispersión

donde se encuentran los tres DR, donde observamos una gran dispersión de los datos y la línea de regresión muestra una tendencia positiva. Se puede decir que entre mayor sean las hectáreas sembradas mayor será el consumo de agua subterránea.

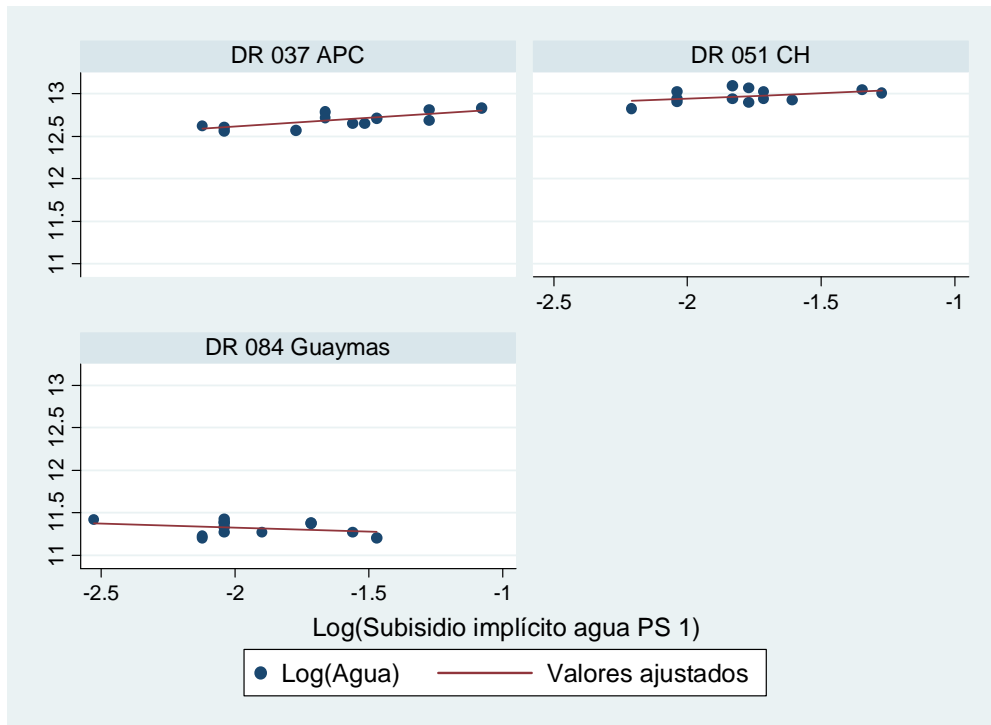
Figura 10 Gráfica de dispersión de Log (Volumen de agua subterránea consumida) y Log(Hectáreas).



Fuente: Elaboración propia CONAGUA (varios años).

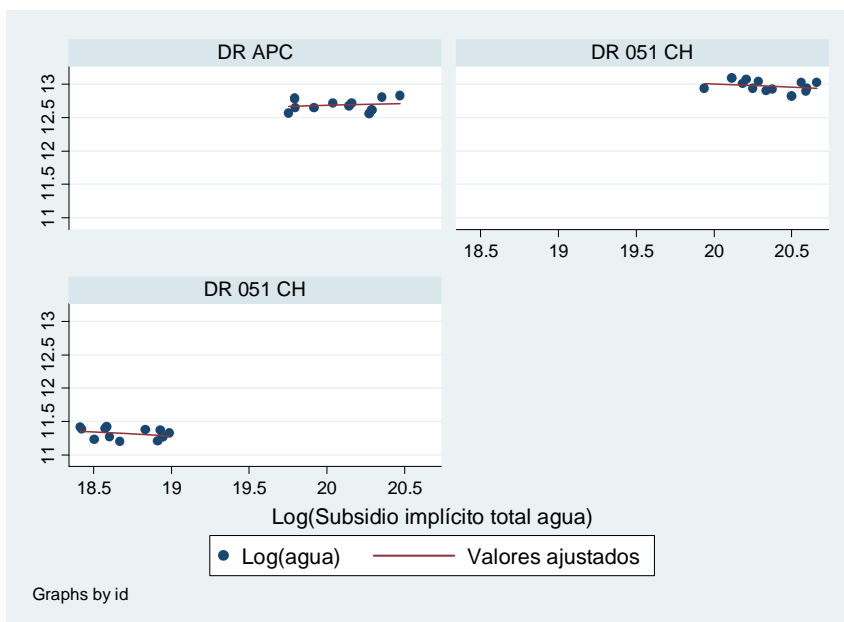
Observamos en la figura 11, gráfica de Gráfica de dispersión de Log (Volumen de agua subterránea consumida) y Log (Proporción subsidio implícito del agua sobre el VP) una gran dispersión de los datos y una relación positiva débil. Resalta en la figura 11 una relación positiva más marcada en el DR 037 APC, después en el DF 051 CH y por último en el DR 084 Guaymas, así también en el mismo orden la magnitud del agua subterránea consumida. En La gráfica de dispersión del logaritmo del consumo de agua y el subsidio implícito total observamos una relación positiva y una magnitud de logaritmo de agua mayor en el DR 051 CH, después el DR 037 APC y por último del DR 084 Guaymas.

Figura 11 Gráfica de dispersión de Log (Volumen de agua subterránea consumida) y Log (Proporción subsidio implícito del agua PS \$1.1 sobre el valor de la producción).



Fuente: Elaboración propia con información de cuadro 9.

Figura 12 Gráfica de dispersión de Log (Volumen de agua subterránea consumida) y Log (subsidio implícito del agua PS \$1.1).



Fuente: Elaboración propia con información de cuadro 9.

Con la transformación de las variable dependiente y dependientes a logaritmos la ecuación a obtener será:

$$\text{Log}(A) = \alpha + \beta_1 \log(\text{HS}) + \beta_2 \log(\text{IE}) + \beta_3 \log(\text{PSVP})$$

Donde:

$$\text{Log}(A) = \text{Log}(\text{Volumen de agua subterránea consumida})$$

$$\text{Log}(\text{HS}) = \log(\text{Hectáreas sembradas})$$

$$\text{Log}(\text{IE}) = \log(\text{Índice de Especialización})$$

$\text{Log}(\text{PSVP}) = \log(\text{Proporción del subsidio implícito del agua PS \$1.1 de la producción sobre el valor de la producción})$

Ahora realizamos el modelo el cual es una regresión lineal con paneles correlacionados y errores estándar corregidos. Aplicamos el método de panel para correr la regresión tomando en cuenta que el hecho de que son tres Distritos de Riego y trece años en las variables dadas, es por esta razón que no se realizaron los modelos para cada uno de los DR y se realizó un análisis comparativo desde el capítulo 3, para encontrar cómo influye la diferencia en las variables teóricas de interés y consumo de agua subterránea y por tanto en el en la sobreexplotación de sus acuíferos.

El modelo es significativo de acuerdo a la prueba de chi cuadrada y con alta R cuadrada de 0.96. Éste nos indica que para los tres distritos de riego en el periodo de 2002-2014, al aumentar un punto en al aumentar uno por ciento de hectáreas sembradas, aumentará en promedio 1.017% el agua subterránea consumida. Al aumentar el índice de especialización aumenta en promedio 0.34% el consumo de agua subterránea. Al incrementar en uno por ciento la proporción del subsidio implícito PS \$1.1 sobre el valor de la producción, aumentará en promedio un 0.15% el consumo de agua subterránea. La variable que tiene un mayor efecto en el consumo del agua subterránea son el logaritmo de hectáreas sembradas, le sigue el índice de especialización y por último la proporción del subsidio implícito del agua sobre el valor de la producción. Estos resultados son válidos para la muestra completa de los tres Distritos de Riego.

Cuadro 17 Resultados del modelo de regresión lineal múltiple.

Regresión lineal, paneles correlacionados errores estándar corregidos						
Variable de grupo: DR	Número de observaciones=39					
Variable de tiempo: Años	Número de grupos= 3					
Paneles: correlacionados y balanceados	Observaciones por grupo=					
Autocorrelación: No hay autocorrelación	R-cuadrada=0.9646					
Covarianzas estimadas= 6	Wald chi2(3)=1588					
Autocorrelaciones estimadas =0	Prob> chi2= 0.0000					
Coefficientes estimados= 4						
Log(hectáreas sembradas)	1.017	0.031	31.9	0	0.9541	1.0792
Log(índice de especialización)	0.343	0.048	7.08	0	0.2477	0.4376
Log(subsidio implícito del agua PS \$1.1 sobre el valor de producción)	0.153	0.071	2.14	0.03	0.0128	0.2928
Constante	1.491	0.36	4.15	0	0.7865	2.19

Fuente: Elaboración propia con información de cuadro 9 y 13.

Se comprueba la hipótesis de la presente investigación: “El subsidio implícito al agua, junto con el índice de especialización y hectáreas sembradas son factores estrechamente vinculados con la producción agrícola y el uso del agua y pueden explicar la trayectoria de la demanda de agua subterránea en los DR seleccionados y, por ende, la sobre explotación de los acuíferos. Existe una diferencia entre los DR seleccionados en estos factores, lo cual hace que a características similares tengan resultados distintos”. Debido a que encontramos que si existen las relaciones positivas que esperábamos entra la variable dependiente e independientes, así como en el capítulo 3 y el presente encontramos que si existen diferencias en las variables teóricas de interés: subsidio implícito del agua, índice de especialización y hectáreas sembradas. Se sugiere que existe una relación causal entre las variables independientes y la dependiente en la cual en el modelo de regresión hicimos una aproximación con la demanda de agua subterránea y debido a nuestro diseño de casos similares sugerimos que existe una relación causal con la sobreexplotación de acuíferos.

De acuerdo al análisis realizado en el capítulo anterior tenemos que el subsidio implícito si puede incidir en el precio de los cultivos , al crear una falsa rentabilidad y reducir los precios. La teoría económica indica que cuando los productores obtienen un subsidio acoplado

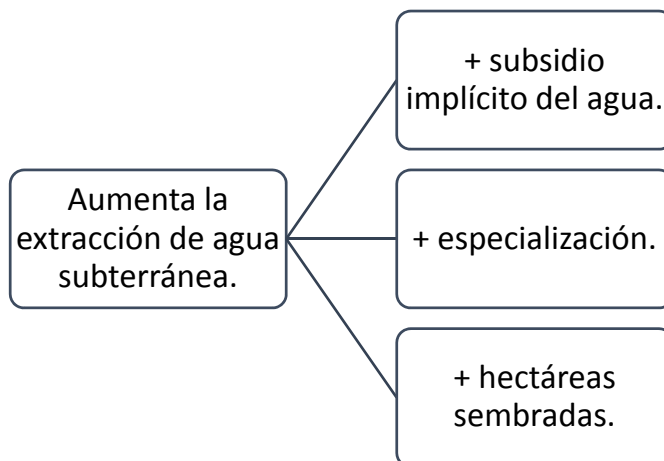
a la producción, éste crea una falsa rentabilidad y abre la posibilidad de bajar los precios de la producción. La reducción de los precios hace que se pueda competir en el mercado internacional y especializarse en ese producto, por que se siembran más hectáreas y se consume mayor cantidad de agua subterránea, ver cuadro 18. La relación causal entre las variables independientes y dependiente es positiva, como se esperaba, empero podemos ver con una cadena causal de las variables dependientes estudiadas, como lo vemos en los signos y significancias al 10% de la matriz de las correlaciones. En la matriz de correlaciones vemos que hay una correlación negativa y significativa al 10% entre el subsidio implícito del agua y los precios con magnitud de , asu vez los precios tienen una relación negativa con el índice de especialización, el índice de especialización tiene una correlación positiva con las hectáreas sembradas y éstas una relación positiva con el agua subterránea consumida. Y así también destacamos que la diferencia del DR de Guaymas que no sobreexplota su acuífero y los otros dos DR que sí lo sobreexplotan es que éste tiene menores niveles de subsidio implícito de agua, índice de especialización y hectáreas sembradas y las especificaciones que vimos en el capítulo anterior donde vimos que si bien se especializan y exportan frutas y verduras los tres DR, el DR 084 de Guaymas elige entre sus cultivos aquellos con menor huella hídrica y si está especializado pero en menor magnitud que los otros dos DR. Podemos ver en los en las figuras siguientes las relaciones causales propuestas.

Cuadro 18 Matriz de correlaciones entre variables seleccionadas de los DR 037, 051 y 084. Significancia al 10% (*).

	Log(agua subterránea consumida)	Log(subsidio implícito del agua PS \$1.1 sobre el valor de la prod.	Log(subsidio implícito del agua PS \$1.1 total)	Log(precio por tonelada)	Log(índice de especialización)	Log(hectáreas sembradas)
Log(agua subterránea consumida)	1					
Log(subsidio implícito del agua PS \$1.1 sobre el valor de la producción.	0.3638* (0.0228)	1				
Log(subsidio implícito del agua PS \$1.1 total)	0.9467* (0.000)	0.3195* (0.0474)	1			
Log(precio por tonelada)	- 0.0830 (0.6118)	-0.3881* (0.0146)	-0.0684 (0.6791)	1		
Log(índice de especialización)	0.546* (0.003)	0.4040* (0.0002)	0.5692* (0.000)	-0.7744* (0.000)	1	

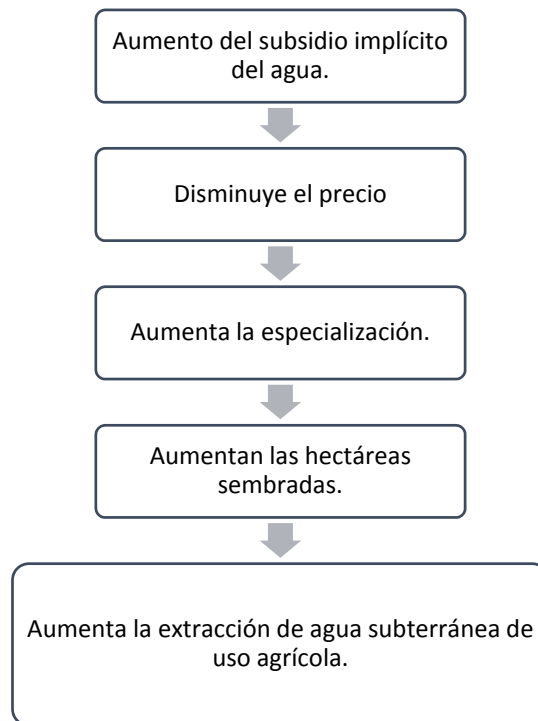
Fuente: Elaboración propia con información de cuadros 9 y 13.

Figura 13 Relaciones causales encontradas con el modelo de regresión lineal múltiple y en el análisis realizado en la investigación.



Fuente: Elaboración propia.

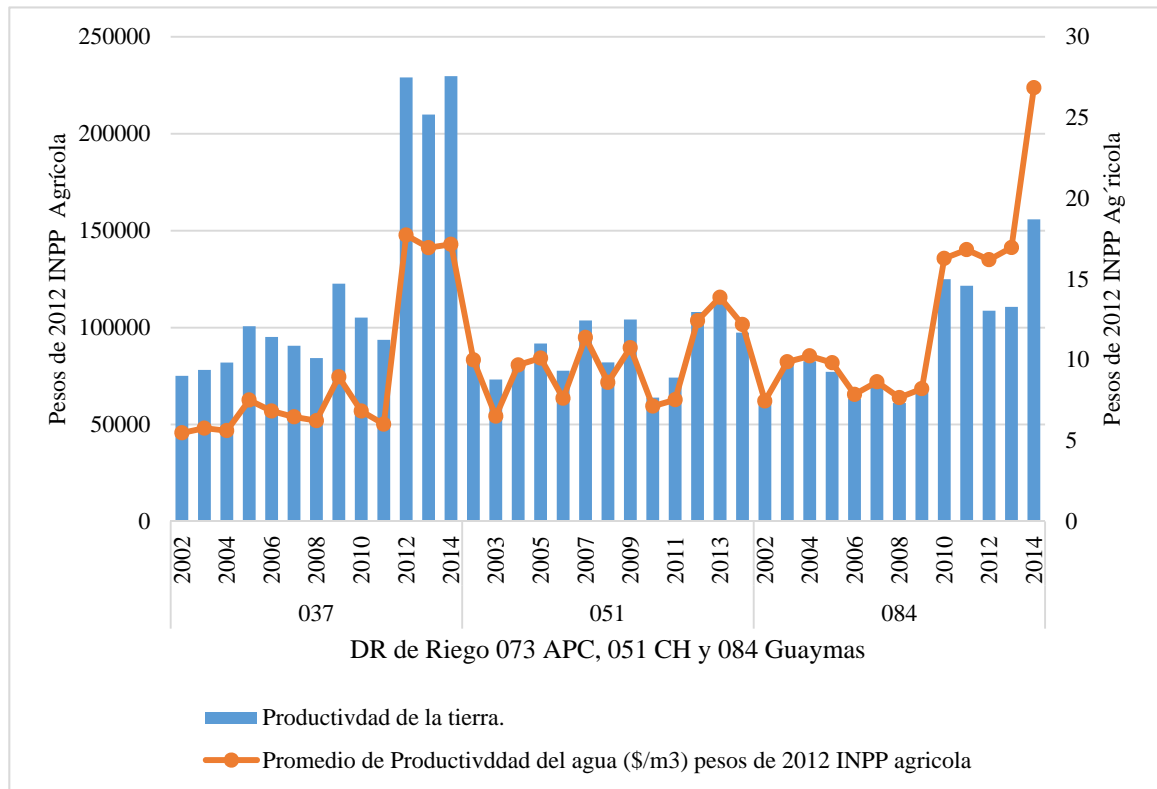
Figura 14 Relaciones causales presumibles entre las variables dependiente y dependiente de los DR seleccionados y el periodo de estudio.



Fuente: elaboración propia.

La elección de especializarse en producir cultivos agrícolas con menor huella hídrica del DR 084 puede tener una gran relevancia en la magnitud del subsidio implícito que tiene. También otras de las causas pueden ser que tengan tecnología de riego y sistemas de producción eficientes. CONAGUA (2007) indica que el DR de Guaymas cuenta con riego presurizado, por goteo y gravedad, empero también los otros dos DR cuentan con estas tecnologías. Debido a la falta de información pública, no sabemos cual es el tipo de tecnología que se usa por porcentaje de tierras. Una forma de ver su productividad y rendimiento en cuestión del agua de riego es mediante los indicadores de productividad de la biomasa la cual es los kilogramos producidos por metro cúbico, la productividad del agua que es el valor de la producción por metro cúbico, la productividad de la tierra la cual es el valor producido por hectárea sembrada y el rendimiento el cual es las toneladas producidas por hectárea sembrada. Estos valores los podemos ver en las siguientes gráficas para los tres DR en el periodo de 2002-2014.

Figura 15 Productividad de la tierra (\$/ha) y productividad del agua (\$/m3) de los DR seleccionados en el periodo de 2002-2014.

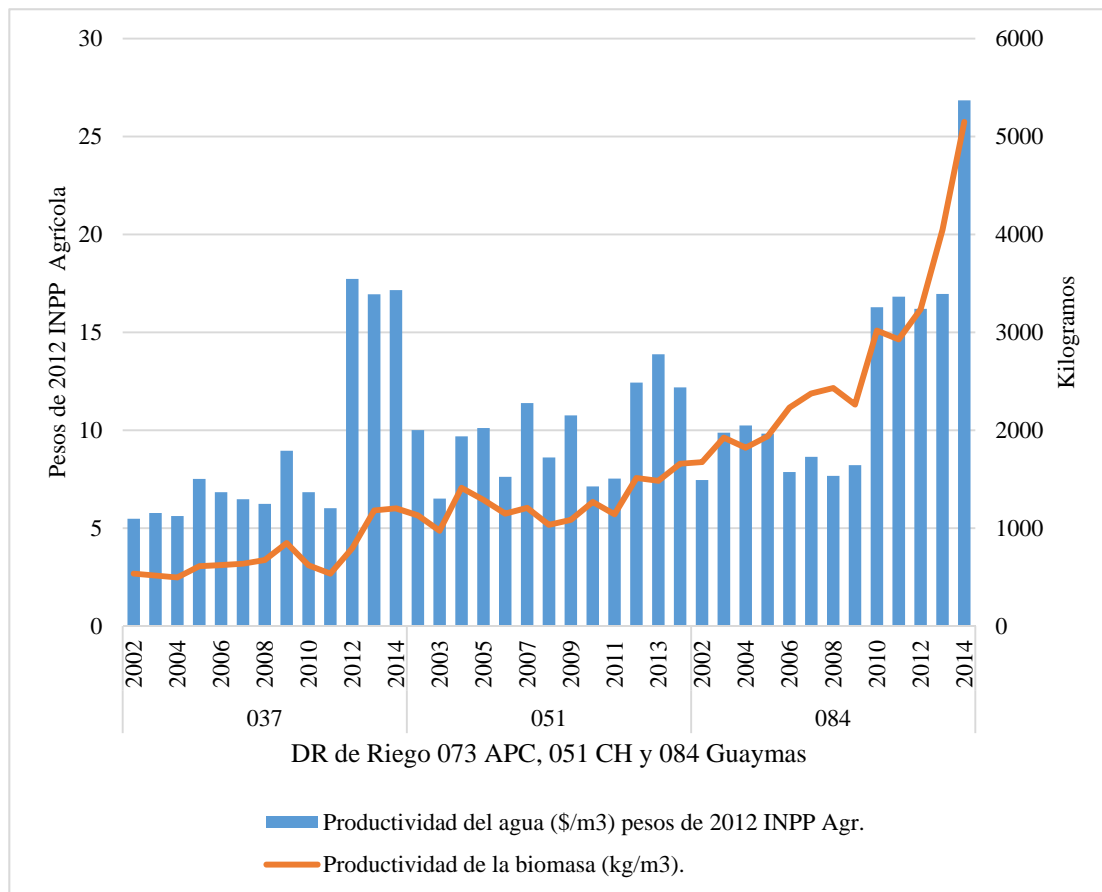


Fuente: Elaboración propia con CONAGUA (varios años).

Observamos en la gráfica de productividad de la tierra y productividad del agua de los DR, que el DR que tiene una mayor productividad de la tierra es decir un mayor valor económico producido por hectárea sembrada, mientras que el DR 084 es parecido en este indicador al DR 051, aunque vemos un aumento en los últimos años del periodo. Respecto a productividad del agua, es decir el valor de la producción por metro cúbico de agua usado, el primer lugar lo tiene el DR 084, en segundo lugar el DR 037 APC y en tercero el DR 051 CH. En la siguiente gráfico vemos que el DR 084 tiene mayor la productividad de la tierra (\$/ha) y la productividad de la biomasa (kg/m3), es muy notoria esta diferencia. Esto nos indica que el DR 084 aprovecha mucho más cada metro cúbico de agua para producir más y con más valor, a diferencia de los otros DR. La diferencia también se encuentra en el rendimiento por hectárea que podemos ver en la siguiente gráfica. Lo que nos indica que el DR 084 aprovecha más eficientemente sus recursos hídricos y de tierra a comparación de los otros DR, la

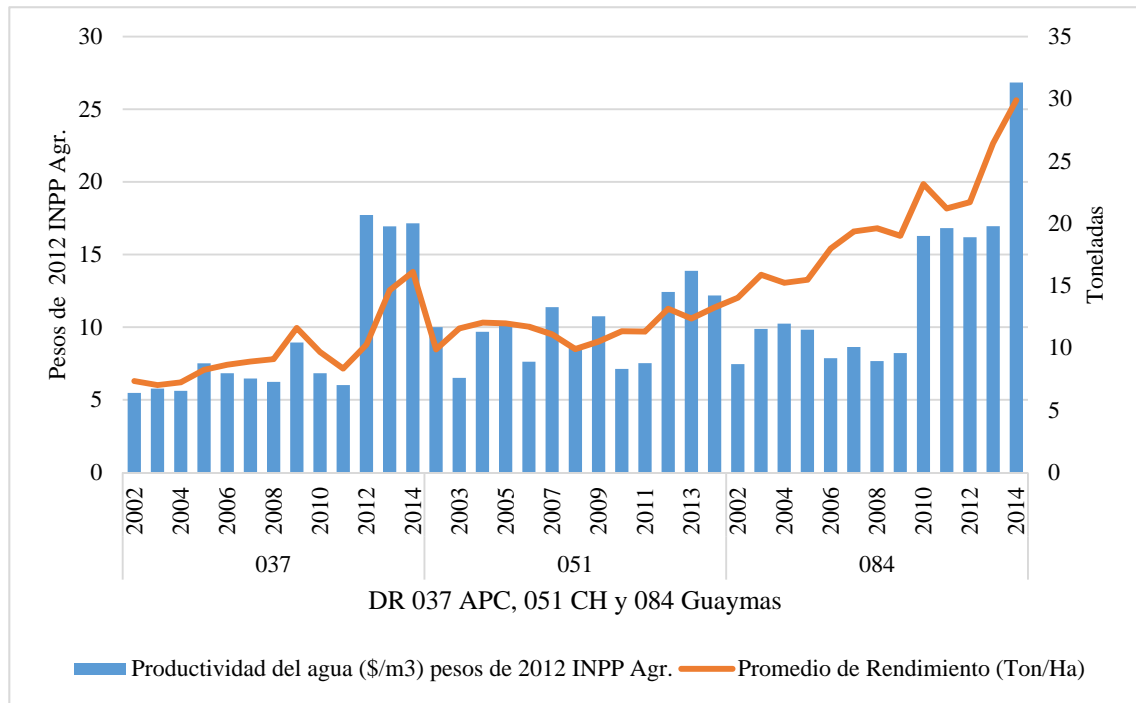
diferencia es que obtiene menor valor por hectárea, pero si obtiene mayor valor por metro cúbico utilizado, lo cual nos indica que esta forma eficiente de producir del DR 084 comparativamente respecto a los otros dos DR, es parte para que ésta tenga un menor subsidio implícito del agua y no sobreexplota su acuífero.

Figura 16 Productividad del agua (\$/m³) y productividad de la biomasa (kg/m³) de los DR seleccionados en el periodo de 2002-2014.



Fuente: Elaboración propia con CONAGUA (varios años).

Figura 17 Productividad del agua (\$/m3) y rendimiento (ton/ha).



Fuente: Elaboración propia con CONAGUA (varios años).

Ahora bien ya alcanzado el objetivo de nuestra investigación, nos surge la pregunta ¿porqué el DR 084 Guaymas si ha decidido cambiar su forma de producir y su patrón de cultivos y los otros DR no?. Responder esta pregunta va más allá del objetivo y alcances de esta investigación, pero podríamos inferir algo de lo tratado aquí. Además de las diferencias en las variables teóricas de interés, lo que vimos es que existe mayor porcentaje de usuarios ejidatarios en el DR de Guaymas a comparación de los otros dos DR y de acuerdo a INEGI (2008) el regimen de tenencia de la tierra en los productores agropecuarios en el municipio de Guaymas es de 51% propiedad ejidal y comunal y 49% propiedad privada; mientras que los municipios de Caborca y Hermosillo tienen el 28% y 14% de propiedad comunal y de propiedad privada 72% y 83% respectivamente. Los acuíferos de Caborca y Hermosillo no cuentan con un Comité Técnico de Aguas Subterráneas y el acuífero de Guaymas sí, esto podría tener alguna injerencia en las decisiones de los productores del acuífero de Guaymas. Estas inquietudes y propuestas, son para una investigaciones futuras.

CONCLUSIONES

La presente investigación tiene resultados relevantes de acuerdo a la pregunta de investigación planteada. Vemos que si existe una diferencia en las variables teóricas de interés que inciden en la variable dependiente sobreexplotación de acuíferos por parte de Distritos de Riego, las cuales son hectáreas sembradas, subsidio implícito del agua e índice de especialización. Entre los DR vimos similitudes en el patrón de cultivos hortalizas y frutas las cuales exportan. Empero fuera diferencia dentro de estos grupos de cultivos lo que marca la diferencia entre los DR. Los DR 037 APC y 051 optan por producir cultivos con alto valor económico y alta huella hídrica, en cambio el DR 084 opta por cultivos con menor huella hídrica y en promedio menor valor, empero éste obtiene mayor valor económico por metro cúbico de agua utilizada que los demás DR. Esta diferencia es nodal tanto para esta investigación como para desmentir algunas promesas del TLCAN acerca del cambio de patrones de cultivo de granos a frutas y hortalizas, porque vemos que tres DR similares, con exportación y especialización en hortalizas y frutas, dos sobreexplotan su acuífero y uno no. Los DR que sobreexplotan su acuífero es debido a que eligen frutas y hortalizas con una huella hídrica muy grande y además con alto valor económico en el mercado internacional y mayor especialización. Y como se vio en esta investigación a nivel general de los DR en el periodo de 2002-2014, cuando el subsidio implícito del agua aumenta disminuye el precio de venta, lo que aumenta la especialización y a su vez la producción y consumo de agua subterránea. Los DR tienen a comparación del DR 084 altos grados de especialización, subsidio implícito del agua total y por hectárea, mayores niveles de hectáreas sembradas, y como resultado tenemos que los DR 037 y 051 sobreexplotan su acuífero. En realidad, este subsidio implícito del agua, es un subsidio que se transfiere a los consumidores del extranjero, empero el daño ecológico se ocasiona en México afectando a los ciudadanos mexicanos.

Como se vio en el contexto histórico, si bien por un lado en los DR 037 y 051 el cambio de patrón de cultivos ha tenido un impacto benéfico en la reducción de agua al dejar de producir cultivos muy demandantes de agua como el algodón con 3 mil m³/ton, también es cierto que la disminución del consumo de agua en los DR se debe a la disminución de las hectáreas producidas, que en gran parte se debe al abandono de tierras de cultivo debido a la

salinización de los suelos por la intrusión salina y por la naturaleza desértica de la zona. Esta intrusión salina es causada por la sobreexplotación del acuífero.

De acuerdo a las promesas y recomendaciones del TLCAN, la reconversión de patrones de cultivos basados en granos hacia unos basados en hortalizas y frutas sería es benéfico casi incuestionable para el consumo de recursos hídricos, pero como vimos en la comparación de los patrones de cultivos de los DR, un grupo de cultivos en dos DR puede tener dos huellas hídricas muy diferentes debido justo al tipo de cultivo que se decida sembrar. Es por esto que se debe de acotar que tipo de hortalizas y frutas si tienen una viabilidad tanto económica como ambiental, debido a que si estas requieren grandes cantidades de agua de riego para su producción terminaran por incentivar una sobreexplotación de los recursos hídricos.

Pero entonces nos surge la pregunta, ¿si este cambio de patrón de cultivos hacia las frutas y hortalizas ha sido exitoso, y además distintos programas públicos han intervenido en estos DR para comprar derechos de agua, apoyar con infraestructura hidroagrícola y otros apoyos, porque los DR 037 y R 051 siguen explotando su acuífero? Parte de la respuesta la encontramos en esta investigación, si bien el patrón de cultivos es de hortalizas y frutas, dentro del grupo de hortalizas y frutales existen cultivos con huella hídrica grande, y se ha elegido en estos dos DR especializarse para la exportación en aquellas que tienen una gran huella hídrica y también un gran valor económico, lo cual para los casos de estudio de la presente investigación no se cumple lo que se decía acerca de que después del TLCAN con el cambio de patrón de cultivos de granos a frutas y hortalizas se disminuirá la sobreexplotación de los recursos hídricos. Conclusión que coincide con parte de los resultados de Martínez Rodríguez y Redd (2002) en su investigación de la sobreexplotación del acuífero de la Costa de Hermosillo y la relación con el TLCAN, empero que la de ellos fue fruto de una investigación de campo y gabinete, y la presente investigación fue de gabinete utilizando otras variables teóricas de interés. Producto de la diferencia del DR 084 Guaymas en las variables teóricas de interés, podemos agregar una acotación a la recomendación generalizada más arriba, en zonas agrícolas de baja disponibilidad se debe especializar en cultivos con baja huella hídrica y que tengan buena productividad del agua, otra cuestión es que deben existir diversificación de cultivos y no enfocarse en las grandes extensiones de monocultivos.

Es muy relevante la recomendación aquí hecha debido a que no debe de pensarse que el modelo exportador por el hecho de cambiar el patrón de cultivos a frutas y hortalizas disminuirá la sobreexplotación, de hecho, en los DR la mantiene e intensifica. Con el cambio climático, existen pronósticos que el mar subirá su nivel y aumentará la temperatura en Sonora. De suceder esto, los requerimientos de agua para producir los cultivos aumentarán debido al aumento de evotranspiración en los cultivos por el aumento de la temperatura, aunado a que el aumento del nivel de los mares en las costas hará que la intrusión salina aumente, dejando a los acuíferos con menor disponibilidad de agua dulce. Este panorama compromete el desarrollo y cumplimiento de los derechos humanos de los ciudadanos Sonorenses. Cuestión que está a tiempo de evitarse, pero se deben de tomar medidas al respecto. Las recomendaciones de política pública que de esta investigación se desprende es:

- Se coincide con Guerrero-Garcia-Rojas et al (2015) en zonas de baja disponibilidad hídrica y producción agroexportadora establecer un precio al agua de uso agrícola. Y agregamos que sea acompañado de programas públicos para la reconversión de cultivos con alta productividad del agua y baja huella hídrica.
- Los programas públicos de inversión hidroagrícola deben condicionar el apoyo público a los productores agrícolas con la condición de bajar su consumo global de agua subterránea.
- Diferenciar la tarifa dependiendo de la huella hídrica del cultivo, la especialización y el valor económico. Porque como vimos, por ejemplo, el espárrago con gran huella hídrica y valor económico, el subsidio implícito de \$1.1, respecto a su valor de producción era insignificante y se infiere que no desincentivaría su producción de la manera deseada. Además, también es necesario diferenciar la tarifa por grado de especialización porque este aumenta la demanda de agua subterránea del cultivo con alto grado de especialización.

Los resultados obtenidos en la presente investigación pueden ser aplicados a otros DR de México con características similares como los de la presente investigación.

BIBLIOGRAFÍA

Aboites Aguilar, L. (2007). José Luis Moreno Vázquez (2006), Por abajo del agua: Sobreexplotación y agotamiento del acuífero de la Costa de Hermosillo, 1945-2005. *Región y Sociedad*, 129-135.

Adams, Alejandro Salazar, Moreno Vázquez, J. L., & N., L. L. A. (2012). Agricultura y manejo sustentable del acuífero de la Costa de Hermosillo Introducción. *Región Y Sociedad*, (662), 155–179.

AgroDer. (2012). The Water footprint of Mexico in the context of North America. México DF.: WWF Mexico and AgroDer. Retrieved from <http://www.waterfootprint.org/Reports/Water Footprint of Mexico.pdf>

Ariel-Construcciones. (1968). Estudio geohidrológico completo de los acuíferos de la Costa de Hermosillo, Sonora, México. Hermosillo, Sonora: Ariel Construcciones S. A.

Arreguí Cortés, F. I. (2015). Atlas de vulnerabilidad hídrica en México ante el cambio climático. Jiutepec, Morelos.: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

Ávila Forcada, S., Guevara Sanguinés, A., & Muñoz Piña, C. (2008). Como evitar el agotamiento de los acuíferos. *Trimestre Económico*, 115-134.

Ávila, S., Muñoz, C., Jaramillo, L., & Martínez, A. (2005). Un análisis del subsidio a la tarifa 09. *Gaceta ecológica*, 65-76.

Balassa, B., & Noland, M. (1989). Revealed Comparative Advantage in Japan and the United States. *Journal of International Economic Integration* 4 (2), 8-22.

Banco Mundial. (2006). Gestión de Recursos Hídricos en México: el papel del PADUA. Washington, D.C, U.S.A.: Banco Internacional de Reconstrucción y Fomento/ Banco Mundial Departamento de México y Colombia / Región de América Latina y El Caribe.

Banco Mundial. (2016). World Bank Commodity Price Data (The Pink Sheet). Obtenido de <http://www.worldbank.org/en/research/commodity-markets>

Carabias, J., & Rosalva, L. (2005). Agua, medio ambiente y sociedad : hacia la gestión integral de los recursos hídricos en México. México, D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México; Colegio de México; Fundación Gonzalo Río Arronte.

Castellano, E., Martínez de Anguita, P., Elorrieta, J. I., & Rey, C. (2008). Estimating a socially optimal water price for irrigation versus an environmentally optimal water price through the use of Geographical Information Systems and Social Accounting Matrices. *Environmental and Resource Economics*, 331-356.

CEPAL. (Enero de 2016). Module to Analyse the Growth of International Commerce. Obtenido de http://www.cepal.org/magic/magic_new/index.html

CONAGUA. (1990). Estadísticas agrícolas de los distritos de riego: año agrícola 1990. México: Comisión Nacional del Agua.

CONAGUA. (2005). Plan Director para la modernización integral del riego del DR037 "ALTAR-PITIQUITO-CABORCA, SON" Informe Final. México, D.F.: Comisión Nacional del Agua.

CONAGUA. (2007). Formulación del Plan Director para la Modernización Integral del Riego del Distrito de Riego 084 Valle de Guaymas, Sonora. México, D.F.: Comisión Nacional del Agua.

CONAGUA. (2007). Formulación del Plan Director para la Modernización Integral del Riego del Distrito de Riego 084 Valle de Guaymas, Sonora. México D.F.: Comisión Nacional del Agua.

CONAGUA. (2007). Plan director para la modernización integral del riego del Distrito de Riego 051, Costa de Hermosillo, Sonora. México: Comisión Nacional del Agua.

CONAGUA. (2014). Estadísticas del Agua en México Edición 2014. México DF.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Retrieved from <http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/EAM2014.pdf>

CONAGUA. (2015). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Caborca (2605), Estado de Sonora Publicada en el Diario Oficial de la Federación 20 de abril de 2015. Obtenido de DISPONIBILIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA (D.O.F. 20 DE ABRIL DE 2015): <http://www.conagua.gob.mx/disponibilidad.aspx?n1=3&n2=62&n3=112>

CONAGUA. (2015). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Costa de Hermosillo (2619), Estado de Sonora Publicada en el Diario Oficial de la Federación 20 de abril de 2015. Obtenido de DISPONIBILIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA (D.O.F. 20 DE ABRIL DE 2015): <http://www.conagua.gob.mx/disponibilidad.aspx?n1=3&n2=62&n3=112>

CONAGUA. (2015). Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Valle de Guaymas (2635), Estado de Sonora Publicada en el Diario Oficial de la Federación 20 de abril de 2015. Obtenido de DISPONIBILIDAD DEL AGUA SUBTERRÁNEA (D.O.F. 20 DE ABRIL DE 2015): <http://www.conagua.gob.mx/disponibilidad.aspx?n1=3&n2=62&n3=112>

CONAGUA. (2015). Capa shape de disponibilidad de acuíferos DOF 2015. Obtenido de Datos Abiertos Gobierno Federal: www.catalogo.datos.gob.mx

CONAGUA. (2015). Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. México, D. F.: Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA. (2014). Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. México, D. F.: Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA. (2013). Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. México, D. F.: Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA. (2012). Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. México, D. F.: Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA. (2011). Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. México, D. F.: Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA. (2010). Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. México, D. F.: Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA. (2009). Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. México, D. F.: Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA. (2008). Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. México, D. F.: Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA. (2007). Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. México, D. F.: Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA. (2006). Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. México, D. F.: Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA. (2005). Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. México, D. F.: Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA. (2004). Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. México, D. F.: Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAGUA. (2003). Estadísticas Agrícolas de los Distritos de Riego. México, D. F.: Comisión Nacional del Agua. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

CONAPO. (5 de Enero de 2014). Consejo Nacional de Población Proyecciones de Población 2010-2050. Obtenido de www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Proyecciones

Cota Vasquez, H. (2002). Estudio de la evolución de la calidad química del agua en el acuífero del Valle de Guaymas Sonora (Tesis de Maestría). Nuevo León: Universidad Autónoma de Nuevo León.

Diario Oficial de la Federación, (17 de enero de 1953). ACUERDO que dispone se establezca en cada uno de los Distritos Nacionales de Riego, un Comité Directivo. Ciudad de México, México.

Díaz-Padilla, G., Sánchez-Cohen, I., Guajardo-Panes, R. A., Del Ángel-Pérez, A. L., Ruíz-corrall, A., Medina-García, G., & Ibarra-castillo, D. (2011). Mapeo Del Índice De Aridez Y Su Distribución. Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales Y Del Ambiente, XVII (Edición Especial), 267–275. <http://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2010.09.069>

DOF. (18 de diciembre de 1953). DECRETO que crea el Distrito de Riego de la Costa de Hermosillo. México.

DOF. (6 de diciembre de 2002). Reglas de Organización y Operación del Registro Público de Derechos de Agua. México: Diario Oficial de la Federación.

DOF. (28 de agosto de 2009). Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea Acuífero (2619) Costa de Hermosillo Estado de Sonora. México, D.F.: Diario Oficial de la Federación.

DOF. (28 de agosto de 2009). Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea Acuífero (2635) Valle de Guaymas Estado de Sonora. México, D.F.: Diario Oficial de la Federación.

DOF. (28 de agosto de 2009). Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea Acuífero (2635) Valle de Guaymas Estado de Sonora. México.

DOF. (2015). Ley Federal de Derechos. Diario Oficial de la Federación.

Erkan, B., & Saricoban, K. (2014). Comparative Analysis of the Competitiveness in the Export of Science-Based Goods Regarding Turkey and the EU+13 Countries. *International Journal of Business and Social Science* Vol. 5, No. 8(1), 117-130.

Esteban Castellano, P. M. (2008). Estimating a socially optimal water price for irrigation versus an environmentally optimal water price through the use of Geographical Information Systems and Social Accounting Matrices. *Environmental and Resource Economics*, 331-356.

European Environment Agency. (2007). Policies and measures to promote sustainable water use. Water resources. Retrieved from <http://www.eea.europa.eu/themes/water/water-resources/policies-and-measures-to-promote-sustainable-water-use>

FAO. (2003). Descubrir el potencial del agua en la agricultura. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 62.

FAO. (2012). Coping with water scarcity An action framework for agriculture and food security. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 79. <http://doi.org/http://www.fao.org/docrep/016/i3015e/i3015e.pdf>

Fox, J., & Haight, L. (2010). Subsidios para la desigualdad, las políticas públicas del maíz a partir del libre comercio. Woodrow Wilson International Center for Scholars. Retrieved from <http://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/Subsidios Para La Desigualdad.pdf>

FAO. (2006). Yearbook of forests products. Roma: Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FAO. (5 de enero de 2016). Sitio web FAO STAT. Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura. Obtenido de faostat.fao.org

FAO, & SAGARPA. (2004). PROGRAMA DE ADECUACIÓN DE DERECHOS DE USO DEL AGUA Y REDIMENSIONAMIENTO DE LOS DISTRITOS DE RIEGO (PADUA. México: SAGARPA & Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura.

Gerring, J. (2007). *Case Study Research: Principles and Practices* (Vol. 1). New York: Cambridge University Press. <http://doi.org/10.1017/S0022381607080243>

Gomez Aviles, F. (1996). Capacidad de Pago de los productores para autofinanciar una asociación de usuarios. Caso: Asociación de Usuarios del Módulo I del Distrito de Riego Metztlán, Hidalgo A. C. (Tesis de Maestría en Ingeniería). Ciudad de México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Guzmán-Soria, E., de la Garza Carranza, M. T., Hernández Martínez, J., Rellonar, S., González Razo, F., & García Salazar, J. (2010). Análisis econométrico sobre el consumo de agua subterránea por el sector agropecuario en Guanajuato, México. *Ciencia Ergo Sum*, 17-2(Julio-octubre), 159–164.

Guerrero-García-Rojas, H. R. (2007). Estudios sobre Políticas y Gasto Público Federal para el Sector Rural en México. *Políticas y Gasto Público Federal en Infraestructura de Riego*. Banco Interamericano de Desarrollo.

Guerrero-García-Rojas, H., Gómez-Sántiz, F., & Rodríguez-Velázquez, J. R. (2015). Water Pricing in Mexico: Pricing Structures and Implications. En *Water Pricing Experiences and Innovations* (págs. 231-247). Springer International Publishing.

Guzmán-Soria, E., García-Salazar, A., Mora-Flores, S., Fortis-Hernández, M., Valdivia-Alcalá, R., & Portillo-Vázquez, M. (2006). La demanda de agua en la comarca lagunera, México. *Agrociencia*, 40(6), 793–804.

Herrera, J. C., Unland, H., Pulido, L., Zavala, M., Ojeda, W., & De León, B. (2002). *Tecnificación y reconversión productiva del distrito de riego 037 Altar-Pitiquito-Caborca, Sonora. Anuario IMTA 2002*, 55-61.

Hoekstra, A. Y. (2010). *The Relation between International Trade and Freshwater Scarcity*, (January), 1–24. <http://doi.org/10.1017/CBO9780511674532.004>

IMTA. (2007). *Formulación del Plan Director para la Modernización Integral del Riego del Distrito de Riego 084 Valle de Guaymas, Sonora. México: Comisión Nacional del Agua.*

INECC. (2015). *El cambio climático en México. Información por estado y por sector.* Obtenido de http://www2.inecc.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/sonora.html

INEGI. (2008). *Censo Agrícola Ganadero y Forestal 2007. México: Instituto Nacional de Estadística y Geografía.*

INEGI. (2016). *Índice de Precios.* Obtenido de http://www.inegi.org.mx/est/contenidos/proyectos/inp/INPP_CAB2012.aspx

King, A. (2007). *Diez años con el TLCAN: revisión de la literatura y análisis de las respuestas de los agricultores de Sonora y Veracruz, México. Informe especial del CIMMYT 07-01. México, D. F.: CIMMYT/Congressional Hunger Center.*

King, G., Kehohane, R. O., & Verba, S. (2000). *El diseño de la investigación social: la inferencia científica en los estudios cualitativos. Madrid: Alianza.*

Martínez Rodríguez, J. M., & Redd, C. (2002). *Acuíferos y libre comercio: El caso de la Costa de Hermosillo. Hermosillo, Sonora: Red Fronteriza de Salud y Ambiente, A. C.; Texas Center for Policy Studies.*

Mekonen, M., & Hoekstra, A. (10 de junio de 2014). Water footprint benchmarks for crop production: A first global assesment. (U. o. Twenty, Ed.) *Ecological Indicators*, 214–223. Recuperado el 20 de febrero de 2016, de http://waterfootprint.org/media/downloads/Mekonnen-Hoekstra-2014-WF-benchmarks_1.pdf

Mekonnen, M., & Hoekstra, A. (2011). The green, blue and grey water footprint of crops and derived crop products. *Hydrology and Earth System Sciences* 15(5), 1577-1600.

Moreno Vázquez, J. L. (2014). *Despojo de agua en la cuenca del río Yaqui*. Hermosillo, Sonora, México: El Colegio de Sonora.

Moreno Vazquez, J. L. (2006). *Por abajo del agua: sobreexplotación y agotamiento del acuífero de la Costa de Hermosillo, 1945-2005*. Hermosillo, Sonora: El Colegio de Sonora.

Ojeda-Bustamante, W., González-Camacho, J. M., & Rendon-Pimentel, L. (2015). Experiences au Mexique sur la gestion des eaux souterraines dans l'agriculture. 26 th Euro-mediterranean regional conference and workshops <<Innovate to improve Irrigation performances>> (pág. 4). Montpellier: International Comission on Irrigation and drainage.

OECD. (2009). *Managing Water for All: An OECD Perspective on Pricing and Financing*. Organisation for Economic Co-Operation and Development, 147. <http://doi.org/10.1787/9789264060548-en>

OECD. (2014). *Climate Change, Water and Agriculture*.

Pedroza González, E., & Hinojosa Cuéllar, G. A. (2014). *Manejo y distribución del agua en distritos de riego: breve introducción didáctica*. Jiutepec, Morelos, México.: Instituto Mexicano de Tecnología del Agua.

PNUD. (2006). Informe sobre Desarrollo Humano 2006. Más allá de la escasez: Poder, pobreza y la crisis mundial del agua. Programa de Las Naciones Unidas Para El Desarrollo, 422.

Puyana, A., & Romero, J. (2006). El sector agropecuario mexicano a diez años del TLCAN. Economías disparejas, negociaciones asimétricas y resultados previsibles. En M. Gambrell, Diez años del TLCAN en México (págs. 205-235). México: Universidad Nacional Autónoma de México.

Registro Público de Derechos de Agua. (febrero de 2016). Datos Abiertos Gobierno Federal de México. Obtenido de www.datos.gob.mx

Reyes-Martínez, A., & Quintero-Soto, M. L. (2009). Problemática del agua en los distritos de riego por bombeo del estado de Sonora. *Revista Digital Universitaria*, 1-19.

Rivero Cobb, E., & García Rivera, H. (2011). Instrumentos económicos de política pública para la asignación de agua subterránea para uso agrícola en México. *Revista de Economía*, 41-80.

Rodríguez Alarcón, M. N. (2015). Reseña Bibliográfica: MORENO VÁZQUEZ, José Luis, 2014, Despojo de agua en la cuenca del río Yaqui, Hermosillo, Sonora, México, El Colegio de Sonora, 339 págs. ISBN 978-607-7775-54-6. Agua y territorio, 161-162.

Romero, J., & Yunez Naude, A. (1993). Cambios en la política de Subsidios; efectos sobre el sector agropecuario. Documentos de Trabajo No. XVI. CEE-COLMEX.

SAGARPA. (2011). Panorama Agroalimentario y Pesquero de Sonora 2011. México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

SAGARPA. (2011). Panorama Agroalimentario y Pesquero de Sonora 2011. México: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación.

Salman, A., Karablieh, E., Wolff, H.-P., M Fischer, F., & J. Haddadin, M. (2006). The Economics of water in Jordan. En J. H. Munther, The economics of water in Jordan. Evolving Policies for Development, the Environment and Conflict Resolution. (pág. 307). Washington, DC, USA: Resources for the Future.

SARH. (1978). Superficies regadas y volúmenes de agua distribuidos en los distritos de riego: año agrícola 1976-77. México, D.F.: Secretaría de Agricultura y Recursos Naturales. Subsecretaría de Agricultura y Operación. Direction General de Economía Agrícola.

SARH. (1984). Estadística agrícola de los distritos y unidades de riego: año agrícola 1981. México, D.F.: Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos.

Servicio de Administración Tributaria. (2016). Legislación y Normatividad 2016. Obtenido de http://www.sat.gob.mx/informacion_fiscal/normatividad/Paginas/default.aspx

SIAP. (2015). Atlas Agroalimentario. México, D.F.: Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP).

SIAP-SAGARPA. (2015). Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera. Obtenido de <http://www.gob.mx/siap/>

SRH. (1957). Estadística agrícola del ciclo 1955-56. México, D.F.: Secretaría de Recursos Hidráulicos.

SRH. (1960). Superficies regadas y volúmenes de agua distribuidos en los distritos de riego en el ciclo agrícola, 1958-59. México, D.F.: Secretaría de Recursos Hidráulicos.

SRH. (1970). Superficies regadas y volúmenes de agua distribuidos en los distritos de riego en el ciclo agrícola 1968-1969. México, D. F.: Secretaría de Recursos Hidráulicos.

SRH. (1975). Interpretación de datos y determinación potencial actual del acuífero en la costa de Caborca, Sonora. México: Secretaría de Recursos Hidráulicos.

Torregrosa, M. L. (2009). Agua y riego: desregulación de la agricultura en México. México, D.F.: Facultad Latinoamericana de Ciencias Sociales, Sede México.

Torres Sombra, J. (2012). Demanda y distribución en el norte de Sinaloa (Tesis de doctorado). Texcoco, México: Colegio de Posgraduados.

Turrall, H., Burke, J., Faurès, J. M., & Faurés, J. M. (2011). Climate change, water and food security. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations., 204.

United Nations Educational Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2012). Managing Water under Uncertainty and Risk. The United Nations World Water Development Report 4. Volume 1, 1. Retrieved from <http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/water/wwap/wwdr/wwdr4-2012/>

Vichi Flores, F. (2013). Análisis de la adopción de tecnología de riego agrícola en la región hidrológica XIII del Valle de México y Sistema Cutzamala. Trayectorias, 15(enero-junio), 65–82.

World Bank. (2004). Mexico Public Expenditure Review. (In two Volumes) Volume II: Main Report.

World Bank. (2009a). Mexico Public Expenditure Review for Agriculture and Rural Development. Report No. 51902. The World Bank Agriculture and Rural Development Unit Latin America and the Caribbean Region.

World Bank. (2009b). Poverty and Social Impact Analysis of Groundwater Over-exploitation in Mexico, (February), 90.

Water-Foot-Print-Network. (Mayo de 2016). Water Foot Print Network. Obtenido de <http://waterfootprint.org/en/water-footprint/what-is-water-footprint/>

Zarembeg, G. (s.f.). Guía para apoyar el proceso de formulación del proyecto de tesis. México, D. F.: Flacso México.