



PANORAMA DEL USO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS DEL PROYECTO ACUEDUCTO VALLE DE GUADALUPE PARA EL RIEGO DE VIÑEDOS EN EL VALLE DE GUADALUPE, B. C.

ESPECIALIDAD EN GESTIÓN AMBIENTAL



Autor: Karla Vanessa Carpio Torres

Directora: Dra. Mariana Villada Canela

Sinodales: Dr. Leopoldo Guillermo Mendoza Espinosa y Dr. Alejandro
García Gastélum

Ensenada, Baja California a octubre de 2018.

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE BAJA CALIFORNIA
FACULTAD DE CIENCIAS MARINAS
FACULTAD DE CIENCIAS
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES OCEANOLÓGICAS

*"PANORAMA DEL USO DE AGUAS RESIDUALES TRATADAS DEL PROYECTO ACUEDUCTO
VALLE DE GUADALUPE PARA EL RIEGO DE VIÑEDOS EN EL VALLE DE GUADALUPE, B. C."*
TRABAJO TERMINAL

QUE PARA OBTENER EL DIPLOMA DE
ESPECIALIDAD EN GESTIÓN AMBIENTAL

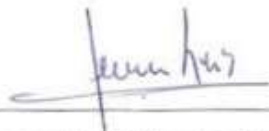
PRESENTA

KARLA VANESSA CARPIO TORRES

APROBADA POR



Dra. Mariana Villada Canela
Directora



Dr. Leopoldo Guillermo Mendoza Espinosa
Sinodal



Dr. Alejandro García Gastélum
Sinodal

AGRADECIMIENTOS

Agradezco al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por la beca de manutención otorgada durante la realización de esta Especialidad.

A la Facultad de Ciencias Marinas a través de la Especialidad en Gestión ambiental por admitirme y brindarme las herramientas necesarias para concretar mis estudios. Así como a mis profesores, por ayudarme a entender la problemática desde tan variadas e interesantes disciplinas y formaciones y acercarme un poco más a la meta que compartimos, ayudar a contrarrestar el daño en el medio ambiente.

En especial a la Dra. Mariana Villada, por aceptar ser mi guía para este proyecto, y en el camino darme su confianza y apoyo sin días de descanso, por compartir su amplio conocimiento, por siempre dar de sí misma un extra, tanto humana como académicamente y eso a mí su alumna, me inspira. No es nada más disciplinada, organizada y exigente como todos la definen, es excepcional. Gracias.

Al Dr. Leopoldo Mendoza, por aceptar ser mi sinodal y profesor, por todos los regaños, tareas y enseñanza, ya que sirvieron como aportaciones elementales para que este trabajo terminal se presentara, por siempre estar disponible para ayudar incluso más allá de los horarios establecidos, mostrando su vocación por la docencia en todo momento.

Al Dr. Walter Daesslé y la Dra. Ileana Espejel y al delegado de SEDAGRO, el Ing. Abel Bojórquez, por las asesorías en el tema de este trabajo terminal y la vinculación con el proyecto que aquí se estudia.

A COTAS valle de Guadalupe, que además de facilitarme información me otorgó una entrevista, brindando información crucial para este trabajo terminal. De igual manera a ODIS Asversa, por su apertura, por su entusiasmo en el tratamiento de las aguas residuales y por acceder a otorgar también una entrevista que ayudó a esclarecer el panorama para el valle de Guadalupe con el proyecto de su acueducto.

A la codependencia entre los compañeros de generación, que me hizo crecer en todos los aspectos, me arropó y que con certeza saben que tienen un lugar especial en mi corazón. A las independientes compañeras de generación también, a quienes quiero, admiro y me mantuvieron siempre motivada. A todos les digo que me enseñaron muchísimo, académica y personalmente.

DEDICATORIAS

A todas esas personas, incluyendo a mi familia y amigos, que en el camino me dieron su ayuda en distintas formas, que creyeron en mí o que despertó en ustedes la curiosidad de aprender del tema.

A mi mamá, por acompañarme y apoyarme en este proceso. Por los detalles, omelettes, y cariño, y aunque no nos entendamos, siempre es un pilar para mí. Mamá, te amo con todo mi corazón, gracias infinitas por todo, ¡ahora tú eres mi gasolina!

A mi segundo papá, por abrirme las puertas de su casa, por el amor, el apoyo, la guianza y por todo lo que haces por nosotras, ¡GRACIAS!

A mi hermana, porque este periodo nos ha ayudado a estar más cerquita.

A Orlando Guillins García, por siempre apoyarme, por ayudarme e impulsarme a decidir aplicar a esta especialidad, aunque eso significara tantos cambios en nuestras vidas. No tengo más palabras que decirte que estemos donde estemos, tus brazos siempre serán mi hogar.

A Ensenada, que este trabajo terminal contribuya de alguna manera a cuidar nuestro hermoso y querido valle de Guadalupe.

ÍNDICE

RESUMEN EJECUTIVO	1
INTRODUCCIÓN	3
OBJETIVOS	8
CAPÍTULO I. LAS IMPLICACIONES DEL USO DE ART EN EL RIEGO AGRÍCOLA	9
Introducción	9
Métodos y técnicas	9
Generalidades del reúso de ART	9
Características principales de las ART	13
Marco legal y criterios de calidad para el reúso	14
Relevancia de los parámetros principales	23
Experiencias del uso de ART para la agricultura	24
<i>Experiencia local</i>	27
<i>Experiencias internacionales</i>	27
Resultados	29
Discusión	31
CAPÍTULO II. LA SITUACIÓN ACTUAL DEL AGUA EN EL VALLE DE GUADALUPE	34
Introducción	34
Métodos y técnicas	34
Localización del área de estudio	35
Fuentes de abastecimiento de agua en el valle de Guadalupe	38
Cantidad y calidad actual del agua para riego	43
Calidad requerida para la realización del proyecto	44
Instrumentos de planeación y programas que incluyen el uso de ART	46
Percepción social y las ART en los medios de comunicación	47
Resultados	48
<i>Actores clave</i>	48
<i>Percepción social y las ART en los medios de comunicación</i>	51
Discusión	55
CAPITULO III. LA FACTIBILIDAD DEL USO DEL ART PARA RIEGO AGRÍCOLA DE VIDES EN EL VALLE DE GUADALUPE	61
Introducción	61

Métodos y técnicas	61
Licitación del proyecto del acueducto valle de Guadalupe/alternativa de solución	62
Modificaciones finales del proyecto del acueducto del valle de Guadalupe	65
Resultados	68
<i>Cantidad de las ART para el valle de Guadalupe</i>	68
Discusión	69
Análisis FODA del riego con ART	71
CONCLUSIONES GENERALES	74
REFERENCIAS	76
ANEXOS	85

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Árbol del problema del recurso hídrico en el valle de Guadalupe	7
Figura 2. Calidad del agua para reúso	25
Figura 3. Localización del acuífero de Guadalupe	39
Figura 4. Disgregación de volúmenes concesionados en términos de uso y número de aprovechamientos	41
Figura 5. Serie histórica de los volúmenes de agua concesionados por uso del acuífero de Guadalupe	42
Figura 6. Total de publicaciones relacionadas con el uso de ART para riego en el valle de Guadalupe	52
Figura 7. Línea del tiempo construida a partir de las notas periodísticas relacionadas con el proyecto del acueducto valle de Guadalupe	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cultivos agrícolas que utilizan AR municipales sin tratar o tratadas parcialmente	4
Tabla 2. Composición típica del agua residual doméstica sin tratar.....	14
Tabla 3. Tabla comparativa de los límites máximos permisibles para contaminantes básicos...18	
Tabla 4. Tabla comparativa de los límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros.	19
Tabla 5. Normatividad aplicable para la gestión de agua residual tratada para el riego agrícola.	20
Tabla 6. Principales parámetros de calidad del agua y su importancia.	24
Tabla 7. Volumen diario de agua residual tratada reutilizada en diferentes ciudades del mundo	26
Tabla 8. Aspectos relevantes para el trabajo de investigación y los autores que redactaron al respecto.	30
Tabla 9. Límites del área de estudio.	35
Tabla 10. Uso de suelo en los paisajes del área de ordenamiento	37
Tabla 11. Superficie total destinada a cada política ambiental	37
Tabla 12. Disponibilidad media anual de agua subterránea	41
Tabla 13. Concentraciones químicas y microbiológicas de referencia relevantes en ART destinada al riego de vid.	45
Tabla 14. Estrategias para el reúso de ART en los planes y programas nacionales, estatales y municipales	46
Tabla 15. Actores clave para la evaluación del empleo de ART para riego de vid en el valle de Guadalupe, B. C.....	49
Tabla 16. Dependencias gubernamentales identificadas en temáticas de agua o protección al ambiente en el área de estudio.....	50
Tabla 17. Total de publicaciones relacionadas con el uso de ART para riego en el valle de Guadalupe	51
Tabla 18. Parámetros de calidad de las ART que se usarán en el proyecto del acueducto del valle de Guadalupe propuestos por la empresa ODIS Asversa.	64

ÍNDICE DE MAPAS

Mapa 1. Localización del valle de Guadalupe. Fuente: SPA, 2016.	36
Mapa 2. SDT en el agua para riego del valle de Guadalupe, noviembre del 2012.	43
Mapa 3. Salobridad en agua para el riego del valle de Guadalupe, noviembre del 2012.	44

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Esquema de tratamiento utilizado por NapaSan.	85
Anexo 2. Guía de entrevista 1.	87
Anexo 3. Guía de entrevista 2.	88

ABREVIATURAS, SIGLAS Y ACRÓNIMOS

AR: Aguas Residuales

ART: Aguas Residuales Tratadas

CESPT: Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana

CICESE: Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada

CONAGUA: Comisión Nacional del Agua

COTAS: Comité Técnico de Aguas Subterráneas

DOF: Diario Oficial de la Federación

EPA: Agencia Estadounidense de Protección Ambiental

EAU: Emiratos Árabes Unidos

EUA: Estados Unidos de América

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura

FODA: Fortalezas, Oportunidades, Debilidades y Amenazas.

IMIP: Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ensenada

NOM: Norma Oficial Mexicana

OEIDRUS: Oficina Estatal de Información para el Desarrollo Rural Sustentable de Baja California

OMS: Organización Mundial de la Salud

PNH: Plan Nacional Hídrico

SAGARPA: Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación

SEDAGRO: Secretaría de Desarrollo Agropecuario

SEFOA: Secretaría de Fomento Agropecuario

SIDUE: Secretaria de Infraestructura y Desarrollo Urbano del Estado de Baja California

SPA: Secretaría de Protección al Ambiente

UABC: Universidad Autónoma de Baja California

VG: Valle de Guadalupe

RESUMEN EJECUTIVO

El agua es un recurso indispensable para las actividades humanas, para el desarrollo económico y el bienestar social. El crecimiento acelerado de la población, la contaminación de los cuerpos de agua superficial y subterránea, la distribución desigual del recurso hídrico y los graves períodos secos, han forzado a buscar nuevas fuentes de abastecimiento, considerándose a las aguas residuales tratadas (ART) como una fuente adicional para satisfacer la demanda del recurso.

Las ART se convierten en un recurso potencialmente valioso y su reutilización representa una solución para el manejo del líquido vital. Entre las principales ventajas del reúso se encuentra la conservación de los acuíferos, a través de la reducción de la demanda de agua potable, y el aumento en el rendimiento agrícola, que se atribuye a la presencia de altos niveles de elementos nutrientes como el nitrógeno, fósforo y potasio. Sin embargo, la reutilización de agua conlleva cambios en las estructuras tradicionales de su manejo, financiamiento de infraestructura, consideración de estándares de calidad, marcos reglamentarios y mandatos institucionales. El uso de ART implica una gestión integral, donde se consideren todos los aspectos necesarios para lograr el desarrollo sostenido, tales como el económico, a través de financiamientos y atribución de valor al recurso; el aspecto normativo y legal, pero también una fuerte participación e información social; y las implicaciones medio ambientales que esta práctica pudiera generar, así como educación ambiental que responda a las preguntas qué y cómo se va a hacer para que se tenga la certeza de que no se afectará el medio ambiente ni la salud de las personas.

En este trabajo se describen los posibles efectos del uso de ART para el riego agrícola, con el fin de realizar el diagnóstico de su uso en los viñedos del valle de Guadalupe. Se espera que este documento sirva como apoyo en la toma de decisiones respecto a las acciones en el manejo integral del agua para la zona de estudio, y específicamente, en la aplicación del proyecto “acueducto valle de Guadalupe”, el cual pretende reutilizar las ART de una nueva planta de tratamiento que se construirá en Tijuana, Baja California, las cuales se dice serán transportadas a través de un acueducto hasta la región vitivinícola de Ensenada. El carácter de este proyecto es una inversión privada.

Para lograr lo anterior, se realizó un análisis bibliográfico de los casos de éxito en materia de riego con ART en zonas áridas y semiáridas, de los planes y programas del manejo del agua en Ensenada y el estado de Baja California, así como un seguimiento de medios comunicación (notas electrónicas de prensa) para el caso de ART del acueducto valle de Guadalupe. Como complemento, se llevaron a cabo algunas entrevistas, comunicación directa y recopilación de datos con los actores claves de los ámbitos académico, empresarial, organismos auxiliares y las autoridades involucradas. Todo esto permitió realizar un análisis FODA para examinar el uso de ART para riego de viñedos en el valle de Guadalupe.

En general, se encontró que el proyecto acueducto valle de Guadalupe es relevante porque cada día se necesitan nuevas fuentes de abasto para cubrir la demanda hídrica del valle bajo el mismo nombre, particularmente para el sector agrícola, que cuente al menos con una calidad equivalente (o mejor) a la que posee el agua con la que actualmente se riega, ya que de la calidad se desprenden efectos en la salud pública y ambiental. Una vez que los aspectos de cantidad y calidad sean resueltos, se debe proceder a considerar otros aspectos fundamentales encontrados en la revisión de la literatura especializada, como el marco legal y la normatividad aplicable y la socialización del proyecto, que reduzcan los posibles conflictos por distintas percepciones respecto al proyecto. Estos resultados son importantes porque tienen implicaciones que pueden ser consideradas para la toma de decisiones informada respecto al riego de vides con ART en el valle de Guadalupe.

INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso indispensable para las actividades humanas, para el desarrollo económico y el bienestar social (Silva et al., 2008; Solis 2013). Su escasez y su contaminación inciden en aspectos fundamentales como el equilibrio del medio acuático, la producción de alimentos, la salud pública y la estabilidad social y política (Garza Almanza et al., 2000).

El crecimiento acelerado de la población, la contaminación de los cuerpos de agua superficial y subterránea, la dependencia de fuente de suministro únicas, la distribución desigual del recurso hídrico y los graves períodos secos, han forzado la búsqueda de nuevas fuentes de abastecimiento de agua, considerándose a las ART como fuente adicional para satisfacer la demanda del recurso (Wade, 2005; Silva et al., 2008; Mendoza-Espinosa et al., 2015). Debido a la escasez del recurso hídrico a nivel mundial, el uso de las ART está teniendo una amplia aceptación en diferentes países, ya que éstas son importantes para equilibrar la demanda y la oferta de agua para diversos usos (Murillo Torres, 2012; FAO, 2013).

La agricultura satisface la demanda alimenticia en aumento (Gómez-López et al., 2009; FAO, 2013) pero es la actividad de mayor consumo de agua dulce del planeta (Silva et al., 2008; FAO, 2013), por lo que diversos países han optado por el uso de ART para riego (Murillo Torres ,2012). En este sentido, la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO) informó que al menos 44 países utilizan agua residual para este fin. Por ejemplo, en Israel, más del 85% de las ART se utilizan para el riego de cultivos (IWA, 2012); en España, casi el 71% y en California, alrededor del 20% del agua residual recuperada se utiliza en la agricultura (Veliz et al., 2009). Una amplia gama de cultivos es regada con ART, entre los más comunes se encuentran los viñedos (Tabla 1). En México, el agua recuperada (principalmente AR no tratadas) se utiliza para el riego de cultivos en lugares como Guanajuato, Durango e Hidalgo (Mendoza-Espinosa et al., 2015) y es éste último estado el que posee la zona más grande del mundo de riego agrícola con AR, situada en el valle del Mezquital (Murillo Torres, 2012). Sin embargo, se ha demostrado que el empleo de AR sin tratar es la causa principal de enfermedades

gastrointestinales, principalmente entre los agricultores y sus familias (Jiménez-Cisneros, 2002).

Tabla 1. Cultivos agrícolas que utilizan AR municipales sin tratar o tratadas parcialmente. (No incluye todos los cultivos, pero muestra los más comunes).

Tipos	Ejemplos de cultivos
Cultivos agrícolas	Cebada, maíz (maíz verde), avena, trigo
Cultivos de fibras y semillas	Algodón, semillas de flores y hortalizas
Cultivos de hortalizas que puede consumirse crudos	Brócoli, repollo, coliflor, apio, ají, tomate verde (tomatillo), lechuga, pimiento, tomate
Cultivo de hortalizas que se procesarán antes del consumo	Alcachofa, frijol, cebolla, maní, papa, espinaca, zapallo, remolacha, girasol
Cultivo para forraje	Alfalfa, cebada, trébol, mijo, heno, maíz, pasto
Huertos y viñedos	Árboles frutales, manzanos, paltos, cítricos, limoneros, duraznos, pistachos, ciruelos, olivos, dátiles, vides
Invernaderos	Flores

Fuente: FAO, 2013.

Las ART se convierten en un recurso potencialmente valioso y su reutilización una solución para el manejo del líquido vital (Wade, 2005; Veliz et al., 2009; FAO, 2013; Solis, 2013; Netzer et al., 2014; Tal, 2015; Marin et al., 2017). Sin embargo, la reutilización de agua conlleva cambios en las estructuras tradicionales de su manejo, financiamiento de infraestructura (FAO, 2013), consideración de estándares de calidad del agua, marcos reglamentarios y mandatos institucionales. Implica una gestión integral, donde se consideren todos los aspectos necesarios para lograr el desarrollo sostenido, tales como el económico, a través de financiamientos y atribución de valor al recurso; el aspecto normativo y legal, pero también una fuerte participación e información social; así como las implicaciones medio ambientales que esta práctica pudiera generar, así como educación ambiental que responda a las preguntas qué y cómo se va a hacer, para que se tenga la certeza de que no se afectará el medio ambiente, ni la salud de las personas (Wade, 2005; Veliz et al., 2009; FAO, 2013; Solis, 2013; Netzer et al., 2014; Tal, 2015; Marin et al., 2017).

Estos conceptos integrados, que involucran la convergencia de diversas áreas como la gobernanza, los riesgos para la salud, la regulación y la percepción pública, también presentan un desafío importante para la reutilización del agua. Estas conexiones complejas pueden ejercer la misma influencia tanto en los beneficios como en los desafíos asociados con la reutilización del agua (Wade, 2005).

En regiones áridas y semiáridas, el problema del uso de los recursos hídricos se vuelve especialmente importante sobre todo en cuanto al tema calidad y cantidad (Jiménez Cisneros, 2002; Peniche y Guzmán, 2005; Mizyed, 2012; Solis, 2013; Mendoza-Espinosa et al., 2015). La calidad del agua de riego es de particular importancia, ya que las extremas temperaturas y la baja humedad relativa, dan como resultado altas tasas de evaporación, con la consiguiente deposición de sal que tiende a acumularse en el perfil del suelo (FAO, 2013).

Debido a las condiciones climáticas y geográficas inherentes a las regiones áridas y semiáridas, la disponibilidad del agua resulta insuficiente para satisfacer la demanda requerida por los diversos sectores de la población (Peniche y Guzmán, 2005). El reúso de dichas aguas representa una solución integral que coincide con lo descrito en los programas y planes de la gestión de los recursos hídricos en México, tales como el Plan Hídrico Nacional (PNH) 2014-2018 o la Agenda 2030 de la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), así como planes y programas no oficiales (publicados en el Periódico Oficial del Estado) de Ensenada y la región, tales como el Programa Integral del Agua del Municipio de Ensenada, el Programa de Gestión para el Manejo del Acuífero del Valle de Guadalupe, Programa de Desarrollo Regional, Región del Vino, etc., los cuales tienen como objetivo lograr el abastecimiento de agua a la población y el desarrollo de las actividades productivas, contribuir a su desarrollo sustentable y conservar los ecosistemas que hacen posible la captación de agua, mediante la concertación de los tres órdenes de gobierno y los usuarios, en una dinámica de participación activa.

En particular, el valle de Guadalupe exhibe una problemática relacionada con el agua para riego debido a la disponibilidad del agua en el acuífero por sobreexplotación, la competitividad en el mercado de productos agrícolas y el alto costo por la extracción de aguas subterráneas, por lo que organismos como el Consejo de Cuencas y CONAGUA han buscado la sustentabilidad del acuífero desde 1999 (SIDUE y CESPT, 2018).

Con base en lo anterior, el Instituto Municipal de Investigación y Planeación de Ensenada (IMIP) realizó en 2017 un árbol de la problemática de escasez del recurso hídrico en el valle de Guadalupe (Figura 1), donde se describen los efectos y las posibles causas de la misma. En la primera fila (Figura 1), podemos observar como efecto general la escasez

de agua, en la segunda como efecto específico el desabasto de agua y la disminución de la producción de vid, los problemas que resultan (tercera fila Figura 1) son la sobreexplotación del acuífero posiblemente causado (cuarta fila Figura 1) por un crecimiento de la demanda de agua; ocasionado por las propias necesidades de la población creciente, así como el crecimiento de número de visitantes y sus demandas; a lo que además se suma la disminución de precipitación en la zona.

El árbol que se muestra a continuación en la Figura 1 es importante para este trabajo terminal, ya que de entre todos los problemas y posibles soluciones que presenta, el reúso de ART es uno de los más relevantes, pues podría representar una de las soluciones que contribuya a atender la problemática de desabasto. Sin embargo, debido a que su uso también puede tener efectos negativos en la salud, el suelo o en la planta si la calidad del ART no es adecuada; en este trabajo además se analizan los posibles impactos del reúso de las ART, mediante un diagnóstico de las alternativas ya probadas en otras experiencias.

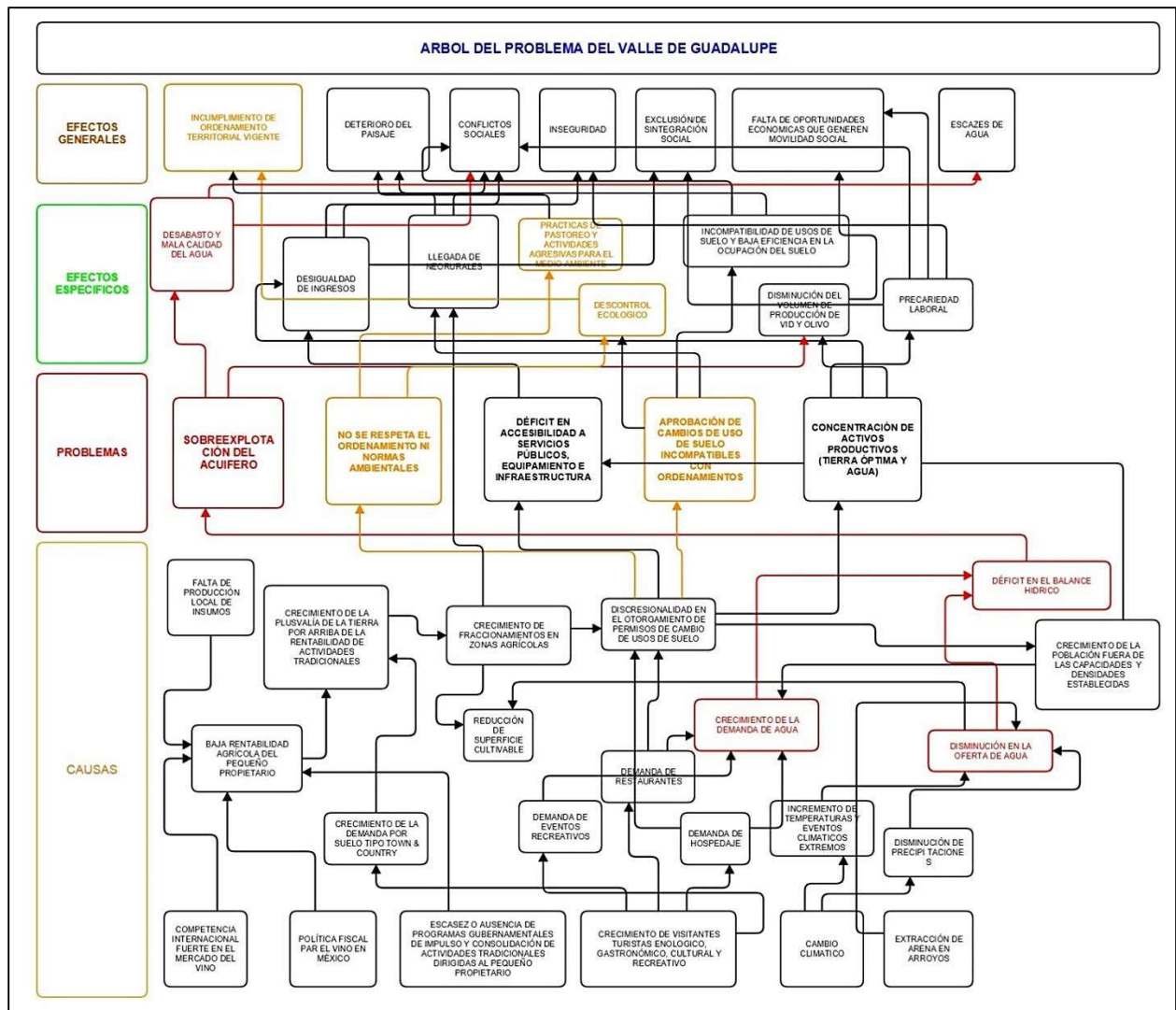


Figura 1. Árbol del problema del recurso hídrico en el valle de Guadalupe (IMIP, 2017).

Por tanto, a continuación se describen los objetivos general y particulares de este trabajo terminal.

OBJETIVOS

General: Describir el panorama del uso de ART del proyecto acueducto valle de Guadalupe para el riego de viñedos en el valle de Guadalupe, Baja California.

Específicos:

1. Describir las implicaciones y los posibles efectos del uso de agua residual tratada para el riego de viñedos en el valle de Guadalupe.
2. Presentar información que puede ser tomada para apoyo en las acciones del manejo integral del agua en la zona de estudio y específicamente en la aplicación del proyecto acueducto valle de Guadalupe.

CAPÍTULO I. LAS IMPLICACIONES DEL USO DE ART EN EL RIEGO AGRÍCOLA

Introducción

En este capítulo se describen las implicaciones y efectos del uso del ART en riego agrícola, buscando casos específicos de riego en viñedos, se definen cuáles son las características típicas del ART, y las directrices y guías principales que presentan las variables y sus límites máximos permisibles dependiendo de su enfoque.

Métodos y técnicas

Para cumplir con el objetivo específico 1, se realizó un análisis bibliográfico de los casos de éxito en materia de riego en general y riego de viñedos con ART en zonas áridas y semiáridas a nivel internacional. La búsqueda se llevó a cabo en las bases de datos de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) en sus recursos bibliográficos digitales de información científica y tecnológica EBSCOhost y Elsevier, también del buscador académico de Google y en el portal de Research Gate.

Para el apartado de marco legal y criterios de calidad, se revisaron las directrices principales en materia de riego con agua residual tratada, Organización Mundial de la Salud (OMS), Agencia Estadounidense de Protección Ambiental (EPA) y FAO; la normatividad de Israel, ya que es el país pionero en uso de ART en riego agrícola; la de California, ya que la propuesta del proyecto de “acueducto valle de Guadalupe” hace referencia a la misma; y finalmente las normas mexicanas pertinentes.

Generalidades del reúso de ART

En la actualidad, las tecnologías para el tratamiento del agua disponibles permiten la eliminación de casi todos los contaminantes detectables de las aguas residuales (AR), haciéndolos adecuados para cada uso, a pesar de sus niveles de contaminación originales. Las principales fuentes de AR utilizables pueden clasificarse básicamente en: domésticas, industriales y una combinación de las dos, como se encuentra a menudo en los sistemas urbanos de alcantarillado (Levy et al., 2011).

El ART para reúso deberá reunir determinada calidad, la cual está definida según la actividad en la que se va a utilizar o por la normatividad encargada de regular su aprovechamiento y manejo (Escalante. et al., 2005). La cantidad y ubicación son dos características importantes, las consideraciones de cantidad están estrictamente relacionadas con las economías de escala para los costos de recuperación y devoluciones; pero, también están relacionados con la comparación entre las AR disponibles que se recuperarán y la demanda de agua utilizable. La ubicación de la fuente es un factor importante que afecta los costos relacionados con el transporte desde la fuente a la planta de recuperación y luego al destino final de reutilización (Levy et al., 2011). Por lo tanto, el reúso debe incluir los costos de postratamiento, de acuerdo con los requerimientos técnicos y normativos para cada tipo específico, y los de conducción del agua tratada al sitio del reúso (Escalante et al., 2005).

El Banco Mundial expone que el reúso de las ART también es costoso y requiere importantes subsidios públicos, incluso en el caso de Israel, donde los agricultores han logrado altos niveles de eficiencia y pueden pagar precios considerables. Los subsidios se concentran en el tratamiento y el almacenamiento, mientras que los agricultores pagan los costos incrementales de transporte a las áreas irrigadas (Marin et al., 2017).

El aprovechamiento más común de las ART es el del riego agrícola, y las ganancias de bienestar asociadas con su utilización aumentan dramáticamente a medida que escasean las fuentes de agua dulce (Veliz et al., 2009). La ventaja primordial del uso de las ART es el aumento del rendimiento agrícola (Al-Nakshabandi et al., 1996; Silva et al., 2008; Veliz et al. 2009; El Ayni et al.,2011; Levy et al.,2011; Murillo Torres, 2012; FAO, 2013; Acosta Zamorano, 2014; Mendoza-Espinosa et al., 2015; Reznik et al.,2017), ya que las ART son ricas en nutrientes como Nitrógeno, Fósforo y Potasio y oligoelementos como Sodio, permitiendo reducir, y en algunos casos eliminar, la necesidad del uso de fertilizantes químicos y trayendo beneficios económicos al sector, aunque también pueden contener una alta cantidad de patógenos, metales pesados y contaminantes emergentes (Veliz et al., 2009; El Ayni et al., 2011; Murillo Torres, 2012). Además, su uso tiene beneficios implícitos como la reducción de las demandas de agua potable, reducción del aporte de contaminantes a los cuerpos receptores y la

conservación de agua subterránea al disminuir drásticamente la extracción de agua (Veliz et al., 2009; Acosta Zamorano, 2014; Hares, 2017; Reznik et al., 2017).

Sin embargo, su reutilización en el riego está asociada con algunos riesgos para la salud, debido a la posibilidad de la presencia de un amplio espectro de patógenos como *Escherichia coli*, *Salmonella sp.*, *Shigella sp.* etc., así como huevos de nematodos intestinales (Al-Nakshabandi et al., 1996; Levy et al., 2011). En este sentido, la capacidad de varios microorganismos patógenos para sobrevivir durante periodos prolongados en suelos está bien documentada y varios estudios confirman su capacidad para penetrar los tejidos internos de las plantas (Tal, 2015).

No obstante, de acuerdo con Tal (2015), otras investigaciones sugieren que, si las AR se someten a un tratamiento secundario convencional y se cumplen los parámetros de calidad, incluso después de periodos prolongados de riego, las concentraciones de coliformes y contaminación fecal en los lixiviados de las camas de cultivo siguen siendo bajas y comparables a las de las fuentes de riego convencionales (Tal, 2015). El riesgo para la salud del uso de ART en la agricultura debe ser tratado como una preocupación principal (Al-Nakshabandi et al., 1996 y Levy et al., 2011).

Los peligros para las poblaciones dependen también del método de riego empleado. Los riesgos para la salud a partir de los cultivos de regadío son máximos en el caso del riego por aspersión, mientras que en el caso de los trabajadores el mayor riesgo es el asociado al riego por inundación o por surcos (Blumenthal et al., 2000).

Adicional a lo anterior, Acosta Zamorano (2014) menciona que, si se implementa en gran escala, los beneficios de provisión pueden disminuir cuando se reduzca la demanda del uso de agua potable y la descarga del agua residual y que, en algunos casos, reutilizar ART no es económicamente factible, debido a la necesidad de un sistema adicional de distribución.

Otro problema asociado con el uso del efluente tratado es la acumulación de sales en suelos y plantas (Al-Nakshabandi et al., 1996; El Ayni, 2011; Levy et al., 2011; Netzer et al., 2014; CONAGUA, 2015; Tal, 2015). El crecimiento reducido, la senescencia temprana y la aparición de manchas cloróticas y necróticas en las hojas (Netzer et al.,

2014), es lo que causa progresivamente la marchitez y son síntomas externos de estrés salino (Levy et al., 2011 y Tal, 2015). En general, se acepta que el estrés salino en las plantas tiene un componente osmótico en el que el crecimiento se ve afectado por una menor absorción de agua y un componente metabólico más lento, que es un resultado de toxicidad iónica (Netzer et al., 2014 y Tal, 2015). En el caso de las vides, se definen como moderadamente tolerantes a la sal (Netzer et al., 2014); la concentración máxima recomendable de sales en el ART para riego en viñedos es <1280 mg/L según la FAO (2017). Y aunque en el experimento realizado por Netzer las vides no se vieron significativamente afectadas por los tratamientos de calidad del agua en los 6 años que duró, las tendencias observadas de la acumulación de sodio (Na^+) en las vides expuestas a ART, con o sin fertilizantes adicionales, pueden suponer un riesgo potencial en años posteriores bajo el uso a largo plazo.

Por otra parte, Levy et al. (2014), Netzer et al. (2014) y Tal (2015) aseguran que niveles más altos de salinidad producen también niveles mayores de lixiviación, y que puede producir efectos negativos sobre la estructura y la permeabilidad del suelo. El Na^+ se introduce en el agua por actividades antropogénicas y, por lo tanto, su concentración y la relación de adsorción de sodio en las ART son típicamente más altas que en el agua dulce.

Tradicionalmente, los agricultores israelíes han superado los problemas de salinidad al aplicar altas tasas de riego a los cultivos, lixiviando el exceso de sales de la zona de las raíces para proteger la salud de las plantas. En una región árida, los agricultores pueden usar un 30 a 40% más de agua simplemente para administrar los niveles de sal en los suelos cultivados. Pero esto puede contaminar los acuíferos subyacentes (Tal, 2015). Los procedimientos estándar para el tratamiento secundario y terciario de AR no reducen la concentración de la mayoría de las sales disueltas. Por lo tanto, la única forma eficiente de reducir el contenido de sal es controlarlo en la fuente o desalinizar el agua (Levy et al., 2011; Netzer et al., 2014; Tal, 2015).

Las AR contienen sustancias dañinas como el cloruro y el boro, que pueden presentar efectos inmediatos de toxicidad específica para las plantas (Levy et al., 2011; Tal, 2015). La utilización continua y a largo plazo de las ART puede aumentar, además de los niveles

de sal en el suelo, los de cloruro, haciendo que éste se deteriore. El cloruro tiene un efecto negativo en la función de la planta y puede reducir la productividad (Tal, 2015). El boro es un elemento crítico para las plantas, su deficiencia se asocia con la inhibición de la expansión celular y la fertilidad, y en exceso puede causar lesiones necróticas y desarrollo perjudicial de la hoja; sin embargo, se puede eliminar desde la fuente, pues es un componente común en detergentes (Tal, 2015).

El fósforo y los metales pesados (Zn, Cu, Ni, Mn, Cd) pueden tener un efecto a largo plazo, debido a su creciente concentración en el suelo y la bioacumulación de los compuestos tóxicos y los efectos perjudiciales en el suelo (Levy et al., 2011; Tal, 2015).

Teniendo conocimiento de los riesgos que tiene el uso de ART, se pueden tomar las precauciones o medidas necesarias, ya sea desde modificar el tipo de riego, la interacción humano-cultivo, agregando barreras de protección, o implementando legislación que controle o prohíba ciertas prácticas o compuestos.

Características principales de las ART

Las aguas residuales tratadas del proyecto de acueducto valle de Guadalupe son de origen municipal, compuestas por una combinación de AR de tipo doméstico e industrial (comunicación directa con el director general de ODIS Asversa para México y Latinoamérica, 2018). En este sentido, Levy et al. (2011) explica que las AR municipales pueden ser domésticas; que se descargan de áreas residenciales, áreas comerciales (oficinas, hoteles, restaurantes, centros comerciales, teatros, museos, aeropuertos, etc.) e institucionales (escuelas, hospitales, hogares de ancianos, prisiones, etc.). Los contaminantes en las AR domésticas son casi los mismos en todo el mundo, y las diferencias radican en los productos químicos utilizados en el cuidado personal y productos domésticos, así como en el consumo de agua per cápita que influye directamente en cuánta AR se produzca; las aguas industriales, en cambio, dependerán del giro de la misma, debido a la variabilidad de su naturaleza, la incidencia del componente industrial puede dar como resultado variaciones significativas en la composición del agua residual, con efectos relevantes en la complejidad, efectividad y confiabilidad del tratamiento de recuperación. En la Tabla 2 se describe la composición típica del agua residual de origen doméstico.

Tabla 2. Composición típica del agua residual doméstica sin tratar.

Contaminantes	Unidad de medida	Concentración		
		Débil	Medio	Fuerte
Sólidos, total (ST)	mg/l	390	720	1200
Sólidos totales disueltos (SDT)	mg/l	270	500	860
Fijo	mg/l	160	300	520
Volátil	mg/l	110	200	340
Sólidos suspendidos	mg/l	120	210	400
Fijo	mg/l	25	50	85
Volátil	mg/l	95	160	315
Sólidos sedimentables	mg/l	5	10	20
Demanda bioquímica de oxígeno, 5-días, 20°C (BOD5)	mg/l	110	190	350
Carbono orgánico total (COT)	mg/l	80	140	260
Demanda química de oxígeno (DQO)	mg/l	250	430	800
Nitrógeno (Total como N)	mg/l	20	40	70
Orgánico	mg/l	8	15	25
Amoniaco libre	mg/l	12	25	45
Nitritos	mg/l	0	0	0
Nitratos	mg/l	0	0	0
Fósforo	mg/l	4	7	12
Orgánico	mg/l	1	2	4
Inorgánico	mg/l	3	5	10
Cloruros	mg/l	30	50	90
Sulfato	mg/l	20	30	50
Aceite y grasa	mg/l	50	90	100
Compuestos orgánicos volátiles	µg/l	<100	100-400	>400
Coliformes totales	NMP/100 ml	10 ⁶ -10 ⁸	10 ⁷ -10 ⁹	10 ⁷ -10 ¹⁰
Coliformes fecales	NMP/100 ml	10 ³ -10 ⁵	10 ⁴ -10 ⁶	10 ⁵ -10 ⁸
Ooquistes de <i>Cryptosporidium</i>	NMP/100 ml	10 ⁻¹ -10 ⁰	10 ⁻¹ -10 ¹	10 ⁻¹ -10 ²
Quistes de <i>Giardia lamblia</i>	NMP/100 ml	10 ⁻¹ -10 ¹	10 ⁻¹ -10 ²	10 ⁻¹ -10 ³

Fuente: Levy et al., 2011

Marco legal y criterios de calidad para el reúso

Las principales guías que regulan el reúso de ART en el ámbito internacional son las directrices de la OMS. La OMS, sobre calidad microbiológica de AR o ART para irrigación, y las fisicoquímicas para calidad de las aguas de riego de la FAO (1985). En 2006, la OMS publicó nuevas guías, que son una herramienta de manejo preventivo de AR en agricultura para maximizar la seguridad para la salud pública. La FAO publicó en 1985 la guía sugerida para aguas tratadas en el reúso agrícola y sus requerimientos de tratamiento. El enfoque de determinación de los parámetros de la OMS se basa en buscar la protección de la salud de los consumidores y el de la FAO en la protección de los cultivos y suelos.

Las guías de la OMS presentan únicamente patógenos y parásitos, que se pueden determinar a través de las variables de concentración de coliformes fecales y huevos de helminto, tampoco considera metales pesados en sus directrices, ya que su enfoque está basado en reducir los riesgos para la salud a través de los regímenes de índices que logarítmicos de remoción, los cuales aumentan la seguridad conforme se aumenten las barreras de protección.

Las directrices de la calidad del agua de la FAO no están divididas dependiendo del tipo de cultivo o del tipo de riego, sino que es una herramienta interpretativa para países en vías de desarrollo, como México. Propone sus límites máximos permisibles dependiendo de los efectos que pudieran presentar el suelo o cultivo. Se divide en 4 categorías:

- Sin restricción de uso: no se reconocen problemas de suelo o de cultivo cuando se utilice agua, o ART bajo estos criterios de calidad.
- Restricciones en el rango de leve a moderado: se requiere un aumento gradual de la atención en la selección de cultivos y alternativas de manejo si se desea alcanzar el potencial de rendimiento total.
- Restricciones severas: el usuario del agua debe experimentar problemas de suelo y de cultivo o rendimientos reducidos.
- Severa: define que se pueden experimentar mayores problemas de suelo y cultivo, así como un menor rendimiento.

Por lo que será decisión del o los usuarios la categoría que decida tomar de referencia, dependiendo de los riesgos que esté dispuesto a enfrentar, estas interpretaciones de las guías deben estar relacionadas con las condiciones del campo y deben comprobarse, confirmarse y probarse mediante ensayos o experiencia de campo (Ayers y Westcot, 1985).

Respecto al marco regulatorio de algunos países, la EPA clasificó el reúso en ocho categorías, de acuerdo con la calidad del agua: urbano, áreas de acceso restringido, agrícola para cultivos consumidos crudos y para cultivos no consumidos crudos, recreacional, industrial, recarga de acuíferos y reúso indirecto potable y por su parte la FAO también hace una clasificación del grado de restricción de uso en tres niveles, pero

desde un enfoque del problema potencial definido por características físico-químicas del agua, como la conductividad y el RAS (relación adsorción/sodio). En general, los países que tienen una normatividad sobre el reúso de las AR, han tomado como referencia lo establecido por la EPA, en términos de la clasificación por tipos del reúso, y las directrices de la OMS y de la FAO, en lo relacionado con límites máximos permisibles de algunas sustancias (Silva et al., 2008).

Israel, el país con mayor experiencia en reúso de AR para riego (Mizyed, 2012), también cuenta con normatividad propia impulsada gradualmente por tres grandes crisis de agua, la de 1998 proporcionó una ventana política para la acción, y fue la que finalmente desencadenó reformas políticas de largo alcance. En los 2000, el gobierno de Israel cambió la política de gestión del sector del agua, para adoptar gradualmente un enfoque sostenible para garantizar la seguridad hídrica del país (Marin et al., 2017).

En México, contamos con la Norma Oficial Mexicana (NOM) NOM-001-SEMARNAT-1996, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes en las descargas de AR en aguas y bienes nacionales, y la NOM-003-SEMARNAT-1997, que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las ART que se reúnen en servicios al público.

Para el caso de Estados Unidos de América (EUA), cada estado y territorio tiene la potestad de desarrollar guías o reglamentos para la reutilización, sin embargo, no están obligados a regularla (Carl-Axel, 2016). Tal es el caso del estado de California, a donde pertenece el valle de Napa, que tiene sus propios requisitos regulatorios, pero para el caso de riego de viñedos, los parámetros básicos son los mismos, a diferencia de las otras categorías en las que sí difieren.

Ya que la normatividad no habla específicamente de riego para vides, la elección de la categoría queda a criterio del usuario. Para la finalidad de este trabajo, se consideró que el riego de vid con ART es del tipo de reúso “servicios al público con contacto directo” en la NOM-003-SEMARNAT-1997, que de acuerdo a la misma NOM, se define como: “aquel que se destina a actividades donde el público usuario esté expuesto directamente o en contacto físico”, ejemplificando el reúso de riego de parques y jardines. Para la NOM-001-SEMARNAT-1996, se consideró el tipo de riego no restringido, definido como la

utilización del agua residual destinada a la actividad de siembra, cultivo y cosecha de productos agrícolas, excepto legumbres y verduras que se consumen crudas según la misma NOM (Tabla 3).

La NOM-003-SEMARNAT-1997 emite a la NOM-001-SEMARNAT-1996 para la definición de los límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros; la OMS establece la concentración máxima de tolerancia de los suelos de diversos productos químicos tóxicos basados en la protección de la salud humana pero no de las AR, por lo que en la Tabla 4 ya no es incluida.

A continuación, se presenta la tabla (Tabla 3) comparativa de las especificaciones para contaminantes básicos entre la guía de la OMS, la de la EPA, normatividad Israelí (Mizyed, 2012), la normatividad mexicana y los códigos de regulación en los que se basa el valle de Napa.

Tabla 3. Tabla comparativa de los límites máximos permisibles para contaminantes básicos.

Promedio mensual	GUÍAS INTERNACIONALES		MARCOS JURÍDICOS NACIONALES		REGLAMENTOS ESTATALES	
	Guías para la reutilización de ART		Normatividad Israelí	Normatividad Mexicana	Códigos de regulación	
	Directrices de la OMS para el uso seguro de aguas residuales, excreta y aguas grises (2006)	Directrices de la EPA para la reuso del agua (2012)	Riego con efluentes: normatividad. Ministerio de Salud, Israel (2010)	NOM-001-SEMARNA T-1996 (riego no restringido)	NOM-003-SEMARN AT-1997 (contacto directo)	Título 22, criterios para el agua reciclada (2014)
Coliformes fecales NMP/100 mL (media geométrica)	1,000	≤200	250	1,000	240	≤200
Huevos de helminto (h/L) (media aritmética)	<1	N/A	N/A	1	≤1	N/A
Grasas y aceites mg/l	N/A	N/A	N/A	15	15	N/A
DBO₅ mg/L	N/A	≤30	35	N/A	20	<30
SST mg/L	N/A	≤30	30	N/A	20	≤30
pH	N/A	6-8	N/A	5-10	N/A	6-9
Cloro residual mg/L	N/A	1	N/A	N/A	N/A	1
Materia flotante	Ausente	Ausente	N/A	Ausente	Ausente	N/A

Fuente: elaboración propia.

Todas las directrices mencionadas hasta el momento cuentan con estándares para contaminantes básicos, sin embargo, no todas incluyen límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros. La OMS se centra únicamente en definir los límites máximos para patógenos y parásitos, los de la FAO dependerán de la interpretación del usuario y de los riesgos que decida asumir, el código de regulación de California se basa en los que indica la EPA, por lo que en la Tabla 4, vemos el resumen de las directrices o normatividad que sí los incluyen.

Tabla 4. Tabla comparativa de los límites máximos permisibles para metales pesados y cianuros.

PROMEDIO MENSUAL (mg/L)	GUÍAS PARA LA REUTILIZACIÓN DE ART Directrices de la EPA para la reutilización del agua (2012)	MARCOS JURÍDICOS NACIONALES	
		Riego con efluentes: normatividad. Ministerio de Salud, Israel (2010)	Normatividad Mexicana NOM-001-SEMARNAT- 1996
Aluminio	5	5	N/A
Arsénico	0.1	0.1	0.4
Berilio	0.1	N/A	N/A
Boro	0.75	0.4	N/A
Cadmio	0.01	0.01	0.1
Cianuros	N/A	N/A	3.0
Cobalto	0.05	0.05	N/A
Cobre	N/A	0.2	6.0
Cromo	0.1	0.1	1.0
Fluoruro	1	2	N/A
Hierro	5	2	N/A
Litio	2.5	N/A	N/A
Manganeso	0.2	0.2	N/A
Molibdeno	0.01	0.01	N/A
Mercurio	N/A	0.002	0.01
Níquel	0.2	0.2	4
Plomo	5	0.1	10
Zinc	2.0	2	20

Fuente: elaboración propia.

Para poder hablar del marco normativo e institucional aplicable para el valle, se revisó el Programa Ambiental Estratégico de la Región vitivinícola de valle de Guadalupe 2016, donde se analiza la normatividad aplicable para la gestión del ART en los tres órdenes de gobierno, con el fin de establecer referencias jurídicas que sustenten y articulen la estrategia del proyecto de “acueducto valle de Guadalupe” que aquí se analiza.

Otros instrumentos del marco jurídico mexicano son los referentes a leyes generales, sectoriales y estatales, así como instrumentos estatales como la Constitución Política del Estado Libre y Soberano de Baja California (CPELSBC), y reglamentos municipales. A continuación en la Tabla 5 se muestran los lineamientos en materia de ART para los diversos instrumentos jurídicos.

Tabla 5. Normatividad aplicable para la gestión de agua residual tratada para el riego agrícola.

Ámbito	Instrumento jurídico	Art	Lineamientos
Federal	Ley General de Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente	117	Establece que para la prevención y control de la contaminación del agua se considerará el siguiente criterio: Las AR de origen urbano deben recibir tratamiento previo a su descarga en ríos, cuencas, vasos, aguas marinas y demás depósitos o corrientes de agua, incluyendo las aguas del subsuelo.
		120	Para evitar la contaminación del agua, quedan sujetos a regulación federal o local: las descargas de origen industrial; las de origen municipal y su mezcla incontrolada con otras descargas; las derivadas de actividades agropecuarias; las de desechos, sustancias o residuos generados en actividades de extracción de recursos no renovables; la aplicación de plaguicidas, fertilizantes y sustancias tóxicas; las infiltraciones que afecten los mantos acuíferos; y el vertimiento de residuos sólidos, materiales peligrosos y lodos provenientes del tratamiento de AR, en cuerpos y corrientes de agua.
		121	Establece que no podrán descargarse o infiltrarse en cualquier cuerpo o corriente de agua o en el suelo o subsuelo, AR que contengan contaminantes, sin previo tratamiento y permiso o autorización de la autoridad federal, o de la autoridad local en casos de las descargas en aguas de jurisdicción local o a los sistemas de drenaje y alcantarillado de centros de población.
		122	Las AR provenientes de usos públicos urbanos y las de usos industriales o agropecuarios que se descarguen en los sistemas de drenaje y alcantarillado de las poblaciones o en las cuencas, ríos, cauces, vasos y demás depósitos o corrientes de agua, así como las que por cualquier medio se infiltren en el subsuelo, y en general, las que se derramen en los suelos, deberán reunir las condiciones necesarias para

Ámbito	Instrumento jurídico	Art	Lineamientos
			prevenir la contaminación de los cuerpos receptores, las interferencias en los procesos de depuración de las aguas, y trastornos, impedimentos o alteraciones en los correctos aprovechamientos, o en el funcionamiento adecuado de los sistemas, y en la capacidad hidráulica de las cuencas, cauces, vasos, mantos acuíferos y demás depósitos de propiedad nacional, así como de los sistemas de alcantarillado
		128	Las AR provenientes de los sistemas de drenaje y alcantarillado urbano, podrán utilizarse en la industria y en la agricultura, si se someten al tratamiento que cumpla con las normas oficiales mexicanas. En los aprovechamientos existentes de AR en la agricultura, se promoverán acciones para mejorar la calidad del recurso, la reglamentación de los cultivos y las prácticas de riego
		129	El otorgamiento de asignaciones, autorizaciones, concesiones o permisos para la explotación, uso o aprovechamiento de aguas en actividades económicas susceptibles de contaminar dicho recurso, estará condicionado al tratamiento previo necesario de las AR que se produzcan
	Ley de Aguas Nacionales	84 BIS	<p>Establece que la CONAGUA, con el concurso de los Organismos de Cuenca, deberá promover entre la población, autoridades y medios de comunicación, la cultura del agua acorde con la realidad del país y sus regiones hidrológicas, para lo cual deberá:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Coordinarse con las autoridades Educativas en los órdenes federal y estatal para incorporar en los programas de estudio de todos los niveles educativos, los conceptos de cultura del agua, en particular, sobre disponibilidad del recurso; su valor económico, social y ambiental; uso eficiente; necesidades y ventajas del tratamiento y reúso de AR; la conservación del agua y su entorno; el pago por la prestación de servicios de agua en los medios rural y urbano y de derechos por extracción, descarga y servicios ambientales. 2. Proporcionar información sobre efectos adversos de la contaminación, así como la necesidad y ventajas de tratar y reusar las AR.
Estatal	Constitución Política del Estado Libre y	82	Para el mejor desempeño de las facultades que le son propias, así como para la

Ámbito	Instrumento jurídico	Art	Lineamientos
	Soberano de Baja California		prestación de servicios públicos y el ejercicio de las funciones que le son inherentes, los ayuntamientos tendrán a su cargo el agua potable, drenaje, alcantarillado, tratamiento y disposición de AR; sin embargo, actualmente éstos servicios están a cargo de las Comisiones Estatales de Servicios Públicos.
	Ley de Protección al Ambiente para el Estado de Baja California	90	En el aprovechamiento sustentable de las aguas de competencia estatal, así como en el uso adecuado del agua que se utiliza en los centros de población, se considerarán los criterios: <ol style="list-style-type: none"> 1. El AR debe recibir tratamiento para prevenir la afectación del ambiente y sus ecosistemas; 2. El reúso y aprovechamiento del ART, es una forma eficiente de utilizar y preservar el recurso.
		92	Con el propósito de asegurar la disponibilidad del agua y abatir los niveles de desperdicio, las autoridades competentes promoverán el ahorro y el uso eficiente del agua, el tratamiento y reúso de AR.
		94	En la construcción de nuevos sistemas de abastecimiento de agua se requerirá simultáneamente la construcción de la red de alcantarillado sanitario y un sistema para el tratamiento del AR o su incorporación a los existentes.
	Ley que Reglamenta el Servicio de Agua Potable en el Estado de Baja California.	111	Al organismo operador le corresponde: <ol style="list-style-type: none"> 1. Vigilar el cumplimiento de las NOMs para regular las descargas de AR en los sistemas de drenaje y alcantarillado y en su caso, aplicar las sanciones correspondientes. 2. Monitorear la calidad de las aguas tratadas. 3. Aprobar los proyectos de los sistemas de tratamientos de AR públicos y privados. 4. Establecer y vigilar las condiciones específicas de operación de los sistemas de pretratamiento y tratamiento.
		112	Realizar el tratamiento de AR.
		120	Se impulsarán medidas que incentiven el desarrollo de infraestructura para tratamiento de AR y su reúso.
		123	Indica que es obligatorio utilizar ART, donde exista la infraestructura necesaria y la calidad del agua este dentro de los límites establecidos por las NOMs, en los diversos casos, incluido la agricultura.

Ámbito	Instrumento jurídico	Art	Lineamientos
Municipal	Reglamento para el Control de la Calidad Ambiental del Municipio de Ensenada, Baja California	8	<p>Establece las siguientes facultades de la Secretaría de Administración Urbana (SAU):</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Prevenir y controlar las descargas de AR a cuerpos receptores de competencia municipal provenientes de establecimientos mercantiles y de servicios. 2. Requerir y en su caso, autorizar, a quienes generen descargas de AR a dichos cuerpos receptores el cumplimiento de los límites máximos permisibles que establezcan las NOMs. 3. Integrar y mantener actualizado el Registro Municipal de Aguas Residuales. 4. Requerir a quienes generen descargas, y no cumplan con las NOMs, la instalación de equipos o sistemas de tratamiento de AR, y en su caso fijar condiciones particulares de descarga.

Fuente: elaboración propia basada en la información del Programa Ambiental Estratégico de la Región Vitivinícola de valle de Guadalupe en el Municipio de Ensenada, Baja California (2016).

Relevancia de los parámetros principales

No todo tratamiento de AR cumple con una calidad que permita el uso sin restricciones para el riego. Los parámetros de calidad de importancia en el uso agrícola de las AR se dividen en dos componentes principales: parámetros de salud y parámetros de importancia agrícola y ambiental (Características de las aguas residuales y parámetros de calidad del efluente, FAO citado por CONAGUA, 2015). A continuación en la Tabla 6, se presentan los más relevantes en ambas materias.

Tabla 6. Principales parámetros de calidad del agua y su importancia.

Parámetro	Significado
Sólidos Suspendidos Totales (SST)	Puede conducir a la deposición de lodo y condiciones anaeróbicas. Las cantidades excesivas causan la obstrucción de los sistemas de riego. Las medidas de partículas en AR pueden estar relacionadas con la contaminación microbiana y la turbidez. Puede interferir con la efectividad de la desinfección.
Carbono orgánico total Degradados orgánicos (demanda química de oxígeno, demanda bioquímica de oxígeno) Nutrientes N, P, K	Medida de carbono orgánico. Su descomposición biológica puede conducir al agotamiento del oxígeno. Para el riego solo cantidades excesivas causan problemas. Las concentraciones bajas a moderadas son beneficiosas. Cuando se descargan al medio acuático, conducen a la eutrofización. En el riego son beneficiosas, fuente de nutrientes. Nitrato en cantidades excesivas, sin embargo, puede conducir a la contaminación del agua subterránea.
Orgánicos estables (por ejemplo, fenoles, pesticidas, hidrocarburos clorados) pH	Algunos son tóxicos en el medio ambiente, los procesos de acumulación en el suelo afectan la solubilidad y alcalinidad del metal y la estructura del suelo, y el crecimiento de la planta.
Metales pesados (Cd, Zn, Ni, etc.)	Procesos de acumulación en el suelo, toxicidad para las plantas.
Organismos patógenos	Medida del riesgo microbiano para la salud debido a virus entéricos, bacterias patógenas y protozoos.
Compuestos inorgánicos disueltos, sólidos disueltos totales (TDS), conductividad eléctrica (EC) y relación de adsorción de sodio (SAR)	La salinidad excesiva puede dañar los cultivos. El cloruro, el sodio y el boro son tóxicos para algunos cultivos, el sodio extenso puede causar problemas de permeabilidad.

Fuente: Levy et al., 2011.

Experiencias del uso de ART para la agricultura

La implementación de sistemas integrados de tratamiento y el uso de AR deberá considerar la calidad del agua en sus tres dimensiones: sanitaria, agronómica y ambiental (Veliz et al., 2009).

Sanitaria

Determinada por las concentraciones de parásitos, representados por los huevos de helmintos y los coliformes fecales como indicador de los niveles de bacterias, así como virus causantes de enfermedades entéricas al ser humano.

Agronómica

Relacionada con las concentraciones de nutrientes (nitrógeno, fósforo, potasio y oligoelementos), así como de aquellos elementos limitantes o tóxicos para la agricultura, como la salinidad y cantidades excesivas de boro, metales pesados y otros.

Ambiental

En principio involucra todos los indicadores antes mencionados y otros. En la práctica, estará más relacionada con las concentraciones de sólidos, materia orgánica, nutrientes y elementos tóxicos que pueden generar impactos negativos en los cuerpos de agua.

Figura 2. Calidad del agua para reúso (Fuente: elaboración propia basada en Veliz et al., 2009).

El tratamiento de ART recomendado para el riego de viñedos consiste en uno secundario, seguido de desinfección (FAO, 2013; EPA, 2014; Mendoza-Espinosa et al. 2015). El efluente tratado a nivel secundario aún contiene nutrientes como N y P de valor para los agricultores y con el fin de que prácticamente se eliminen los agentes patógenos se puede adicionar una etapa de coagulación/filtración seguida de la etapa de desinfección; esta tecnología se denomina “Title 22 benchmark” y se utiliza como referencia para riego sin restricciones debido a su largo historial de éxito. Es necesario recordar que las AR pueden tener un alto contenido salino, el cual será necesario eliminar para que sea útil para los agricultores (FAO, 2013). El valle de Napa riega sus viñedos con un efluente resultante de un tratamiento secundario seguido de desinfección que consiste en el siguiente tren: sistema de recolección de alcantarillado, estaciones de elevación, eliminación de cribado y arena, clarificación primaria, digestión, generación de energía, deshidratación de sólidos, cuencas de aireación, clarificación secundaria, filtros de arena y desinfección (NapaSan, 2018) (Anexo 1).

Sin embargo, en algunos países como Israel, las AR se someten a tratamientos terciarios, con requisitos mejorados para la calidad para permitir el riego de una mayor

variedad de cultivos y proteger la salud pública (incluyendo, por primera vez, los requisitos de salinidad y concentraciones de metales tóxicos) (Marín et al., 2017).

La experiencia en reutilización de agua residual es muy extensa y existen muchos países que de alguna manera llevan a cabo esta práctica. Los volúmenes de utilización de las AR dependen en gran medida de la infraestructura de cada uno de ellos (Acosta Zamorano, 2014). En la Tabla 7 se muestran algunos ejemplos del volumen diario utilizado en diversos países y en qué se emplea.

Tabla 7. Volumen diario de agua residual tratada reutilizada en diferentes ciudades del mundo (m³/d).

No.	Sistemas de regeneración y reutilización de AR	País	Caudal (m ³ /día)	Reutilización						
				Irrigación			Usos urbanos		Ambiental	
				A	J	I	NP	P	RA	
1	Palermo	Italia	280000	X						
2	Central eléctrica de Palo Verde, Arizona	EUA	250000			X				
3	Abu Dhabi	EAU	200000				X			
4	Harare	Zimbabwe	190000		X					
5	Amman	Jordania	170750	X						
6	Cerro de la Estrella	México	160108	X	X	X				
7	St. Petersburg	EUA	150000		X		X			
8	Riad	Arabia Saudita	130000		X	X				
9	Alicante	España	120500	X						
10	Virginia	Australia	120000	X						
11	Tianjin	China	115000		X	X	X			
12	Termoeléctrica de Tula	México	73440			X				
13	Sta. Clara California	EUA	60000	X	X	X	X			
14	Irvine, California	EUA	57000	X	X	X	X			
15	Water Factory 21, California	EUA	57000	X	X	X	X			
16	Coyoacán	México	17590		X					
17	Aguas Industriales de Monterrey	México	17280			X				
18	Cristóbal	México	17280			X				
19	Lechería	México	12960			X				
20	Ciudad deportiva	México	12857		X					
21	Chapultepec	México	7940		X					
22	Vallejo	México	7344		X	X				
23	Acueducto de Guadalupe	México	6596		X	X				
24	PEMEX	México	786		X					

A=Agrícola, J=Jardinería, I=Industrial, NP=No potable, P=Potable y RA=Recarga de acuíferos.

Fuente: Acosta Zamorano, 2014.

EXPERIENCIA LOCAL

Fue de interés de la Comisión Estatal de Servicios Públicos de Tijuana (CESPT) (2014), junto con el productor vitivinícola Camilo Magoni, experimentar con los dos aspectos mencionados anteriormente, la calidad y la cantidad de ART para riego de vid. Se regó un viñedo con ART de la planta La Morita instalado dentro de la misma. El objetivo fue dar respuesta a dudas e inquietudes de agricultores, académicos y sociedad en general, en relación al uso de ART con fines agrícolas.

Como primera fase se comparó la calidad de las aguas entre los efluentes de las plantas de tratamiento de AR y los utilizados en los valles vinícolas del valle de Guadalupe y el valle de Napa, California, donde declararon resultados satisfactorios. Se realizaron análisis fisicoquímicos del suelo al inicio y final de la temporada de riego, cuantificación de los nutrientes suministrados a las vides por medio de ART y monitorearon la calidad del ART con algunos parámetros de carácter agroquímico.

Los resultados obtenidos en este estudio, denominado “Planta de tratamiento La Morita, el reúso: una alternativa presente para atender el futuro”, publicado por la CESPT (s.f.), fueron que el desarrollo de parras, así como su desempeño foliar mostraron crecimiento provechoso, la calidad del ART de la planta cumplió en cada ocasión de riego con los requerimientos de la NOM-003-SEMARNAT-1996, así como aquello de carácter agronómico. Se notó un mejor aprovechamiento del suelo regado con ART que el blanco con agua potable, en cuanto a la formación de materia orgánica. Derivado de este estudio, la CONAGUA decidió formar un grupo especializado y una mesa técnica de trabajo para el proyecto del acueducto valle de Guadalupe.

EXPERIENCIAS INTERNACIONALES

Israel, pionero en temas de reúso de ART para el sector agrícola, ha desarrollado una política nacional que exige el reemplazo gradual de la asignación de agua dulce a la agricultura por efluentes regenerados, su normatividad abarca 36 parámetros, tiene en cuenta la salud pública, el suelo, la hidrología y consideraciones de flora (Inbar, 2007;

Marin et al.,2017). Además, combinó sus reformas institucionales y normativas con inversión de infraestructura masiva (Marin et al., 2017).

El hecho de que estas políticas gubernamentales y la planeación respondan a los planes de inversión de infraestructura (en materia de recolección de AR y descarga de ART) es necesario para una estrategia óptima a largo plazo (Tal, 2015 y Reznik et al., 2017). Se requieren establecer estándares de calidad de recuperación de AR y restricciones de aplicaciones agrícolas que den cuenta de la salud y la seguridad alimentaria y los procesos a largo plazo de contaminación del suelo y las aguas subterráneas; en consecuencia, se debe implementar un esquema de precios que incentive el uso eficiente de ART, teniendo en cuenta tanto la productividad como los costos de suministro de ART en relación con sus alternativas: agua dulce y fuentes de agua salobre (Reznik et al., 2017).

Para la administración del recurso se creó una agencia gubernamental autónoma que combinó la planificación y las responsabilidades regulatorias para todos los elementos de la cadena de agua (agua potable y saneamiento, riego, gestión de recursos hídricos). Esto permitió a Israel trazar una línea entre el nivel político, que es responsable del establecimiento de políticas, y el nivel profesional, que administra el sector del agua (Marin et al., 2017).

Además de la creación de legislación en materia de ART (Quipuzco, 2004; Mendoza-Espinosa, 2015; Tal, 2015), el riego con estas aguas requiere un monitoreo continuo y una inversión en tecnologías para el mismo, que garanticen tanto que sus componentes no tengan efectos adversos en la salud humana como la sostenibilidad del uso a largo plazo (Quipuzco, 2004; Netzer et al., 2014 y Tal, 2015).

Dado que ni las AR producidas, ni la demanda de agua suelen ser constantes en el tiempo, se debe evaluar las dos formas de variación para decidir la construcción de tanques o depósitos de compensación, cuyo volumen dependerá de las diferencias entre las formas (Levy et al., 2011). Una opción por considerar es el uso de acuíferos como reservorios de ART durante meses de baja demanda (Mendoza-Espinosa et al., 2004; Levy et al., 2011; Marin et al., 2017).

El método de riego también es un aspecto que se menciona como un aspecto a considerar en el uso de ART para la agricultura, ya que puede modificar las pérdidas por evaporación y por ende afectar en los niveles de salinidad de suelo y plantas, actualmente el más utilizado para maximizar el aprovechamiento del agua es el riego por goteo (Al-Nakshabandi et al., 1996; Tal, 2015).

Se considera que una de las claves del éxito de la estrategia de reúso en general, es la implementación de campañas que sensibilicen a la población con el valor que tiene el agua y por qué es importante llevar a cabo prácticas de reutilización, como lo son las ART para riego agrícola (Quipuzco, 2004; Marin et al., 2017). Por ejemplo, en Israel se llevó a cabo la primera campaña en el 2008 y promovía la instalación de dispositivos de ahorro de agua (baños, aseos, cocinas), que alcanzaron el 55% de todos los hogares y todos los edificios públicos y oficinas gubernamentales. Paralelamente, se implementó una campaña de sensibilización de los medios de comunicación durante un período de 18 meses para educar a los consumidores sobre el uso del agua. El lema principal de la campaña fue: "la base para el cambio es la aceptación del público", y se estructuró en torno a una combinación de actividades de educación y sensibilización a través de los medios de comunicación, dirigidas cuidadosamente a los diversos segmentos de la población (Marin et al., 2017).

Resultados

A lo largo de esta revisión se encontraron seis aspectos de mayor relevancia, los cuales son presentados en la

Tabla 8, en la columna de descripción podemos encontrar las razones de su relevancia y los hallazgos en cada uno de ellos. Algunos recursos de estos aspectos son utilizados en el capítulo II y III.

Tabla 8. Aspectos relevantes para el trabajo de investigación y los autores que redactaron al respecto.

Aspecto	Descripción	Autores que los consideran de importancia
Cantidad	Ya sea que mencionen la cantidad descargada de ART, o que se está “desperdiciando” o la típicamente utilizada para riego.	Jiménez Cisneros (2002); Peniche y Guzmán (2005); Inbar (2007); Mendoza-Espinosa et al. (2008) Mized (2012); Murillo Torres, 2012; FAO (2013); Acosta Zamorano (2014); Mendoza-Espinosa et al. (2015).
Calidad	Parámetros utilizados o establecidos por los distintos casos de estudio, incluyendo los establecidos por guías y normatividad. Parámetros solicitados para el proyecto de acueducto valle de Guadalupe. Parámetros de fuentes alternas propuestas.	Jiménez Cisneros (2002); Mendoza-Espinosa et. al (2004); Peniche y Guzmán (2005); Mendoza-Espinosa et al. (2008); Veliz Lorenzo et al. (2009); Mized (2012); FAO (2013); Acosta Zamorano (2014); CESPT (2014); CONAGUA (2014); Netzer et al. (2014); Mendoza-Espinosa et al. (2015); Marin et al. (2017)
Salud pública	Afectaciones a la salud humana que tuvieron o que puedan tener, consumidores o agricultores que han utilizado o utilizarán o han tenido o tendrán contacto con AR o ART.	Al-Nakshabandi et al. (1996); Blumenthal et al. (2000); Garza Almanza et al. (2000); Jiménez Cisneros (2002); OMS (2006); Levy et al. (2011); Tal (2015).
Agronómicos (efectos en el suelo y planta)	Efectos positivos o negativos en suelos y plantas por el uso de ART. Tratando de buscar experiencias específicas de climas áridos o semiáridos y en especial de vid.	Al-Nakshabandi et al. (1996); Silva et al. (2008); Veliz Lorenzo et al. (2009); El Ayni et al. (2011); Levy et al. (2011); Murillo Torres, 2012; FAO (2013); Acosta Zamorano (2014); Netzer et al. (2014); CONAGUA (2015); Mendoza-Espinosa et al. (2015); FAO (2017); Reznik et al. (2017).
Política, legislación y normatividad	Cambios que se han experimentado o exigen a raíz del uso de ART. Directrices para el reúso de ART en riego de cultivos.	FAO (1985); Quipuzco (2004); OMS (2006); Inbar, (2007); EPA (2012); Mized (2012); Mendoza-Espinosa (2015); Tal (2015); Marin et al. (2017); Reznik et al. (2017)
Percepción social	Artículos que investigaron la disposición de los usuarios a consumir vino producido con ART, las notas electrónicas que reflejen	Mized (2012); Mendoza-Espinosa (2015); Medios de comunicación: 4 Vientos, Agencia Fronteriza de Noticias, Cadena Noticias, CESPT

Aspecto	Descripción	Autores que los consideran de importancia
	las posiciones de los involucrados y publicaciones que en general reflejen el rechazo o la aceptación del uso de las ART para riego o cómo se logró la misma.	Noticias, CONACYT Agencia informativa, Crónica, El Mexicano, El Vigía, Frontera, Industrial News Baja California, Milenio, Periodismo Negro, Redacción Todos Santos, Reuters, Uniradio Informa (2009-2018); COTAS Guadalupe (2018)
Retos y consideraciones generales	Lecciones clave que aprendieron las regiones que ya llevan a cabo la práctica, acciones colaterales de consideración cuando se usa ART para riego y temáticas sin resolver para el proyecto “acueducto valle de Guadalupe”.	Al-Nakshabandi et al. (1996); Mendoza-Espinosa et al. (2004); Quipuzco (2004); Levy et al., (2011); Tal (2015); Marin et al. (2017)

Discusión

Los elementos de la

Tabla 8 se eligieron basados en la revisión de la literatura especializada. La cantidad y calidad se posicionan como los dos más relevantes, debido a que, precisamente, no hay agua suficiente, y por ende, se buscó un proyecto que proveyera una fuente alterna de abastecimiento para el riego de viñedos. Se requiere al menos que sea la cantidad necesaria para suministrar la superficie sembrada de viñedos actualmente. En términos de calidad, el ART que se entregue deberá compararse con la que actualmente se está regando y también con la que está siendo utilizada por otros sitios con condiciones similares y que lleven a cabo esta práctica.

De estos dos aspectos se desprenden los efectos que pudiesen existir en el suelo, la planta y la salud humana, por lo que también se consideraron como tópicos relevantes, ya que, por un lado, el proyecto debe asegurar que no compromete la salud de los consumidores, trabajadores, y de cualquier ciudadano en general que tenga contacto

con los cultivos directamente, o que sea consumidor del vino hecho con las uvas regadas con el ART. También debe considerar que los viticultores no comprometan el estado de su superficie sembrada, de ahí se deriva la importancia de los aspectos agronómicos.

El proyecto no sería posible de no existir la legislación que así lo permitiera, o bien si no es aceptado por los viticultores, por lo que los aspectos de política, legislación y normatividad y percepción social son considerados en esta tabla. En ambos apartados se describió qué hicieron al respecto aquellos que ya tienen experiencia en la práctica de riego con ART. Dicha experiencia les ha dejado algunas lecciones que se citaron con el objetivo de aprovecharlas en la implementación del acueducto valle de Guadalupe.

Los componentes beneficiosos del ART, si se presentan en exceso, pueden ser dañinos para los cultivos, el suelo, aguas superficiales y subterráneas. Aún con todos los riesgos que implica, el reúso controlado ha generado varios resultados positivos, ya que incrementa el potencial aprovechable de los recursos hídricos, por lo tanto, tiene un impacto directo en la persecución del desarrollo sustentable y sus tres pilares, el social, económico y medio ambiental. Además, teniendo conocimiento de los riesgos que tiene el uso de ART, se pueden tomar las precauciones o medidas necesarias, ya sea desde modificar el tipo de riego, la interacción humano-cultivo, agregando barreras de protección o índices logarítmicos de remoción como lo sugeridas la OMS o implementando legislación que controle o prohíba ciertas prácticas o compuestos.

La calidad de las ART puede mejorarse desde la fuente, es decir, se pueden prohibir elementos, como por ejemplo el caso del Boro, común en detergentes, Israel promulgó reglamentación para prohibirlo en estos productos y los resultados fueron inmediatos, eliminando su presencia en los efluentes por completo (Tal, 2015).

Los retos de la gestión del agua, y específicamente del ART trascienden al sector hídrico, entramándose una red de transversalidades que inciden en la mayor parte de las esferas de la Administración Pública de los tres órdenes de gobierno (SPA, 2016).

La Normatividad Mexicana vigente no consideran los aspectos agronómicos, es decir, los efectos en suelo y plantas, por lo que es necesario consultarlos en otros medios que destaquen experiencias exitosas, para el caso del proyecto del acueducto del valle de

Guadalupe se consultó en especial el caso del valle de Napa, en California (SIDUE y CESPT, 2018).

La inversión de infraestructura y la planificación e implementación de la reglamentación para el uso de las ART en el riego agrícola debe estar adaptada a nuestra realidad, es decir, que consideren precio, mantenimiento y operación de la infraestructura generada.

Actualmente, la vid en el valle de Guadalupe es irrigada por el método de goteo (CESPT, 2014), el cual disminuye los índices de evaporación contribuyendo a una menor acumulación de sales en suelos y planta.

Un tratamiento eficiente de las AR, un estricto cumplimiento de las normas establecidas por los organismos nacionales e internacionales para su reúso en riego agrícola, así como un adecuado nivel de información técnico-sanitaria de todos los factores que intervienen en el uso productivo de estas aguas, permitiría el aprovechamiento seguro de un gran volumen con gran valor agronómico (Veliz et al., 2009).

CAPÍTULO II. LA SITUACIÓN ACTUAL DEL AGUA EN EL VALLE DE GUADALUPE

Introducción

Este capítulo se centra en describir el área de estudio y su estado actual, su ubicación, extensión territorial y superficie cultivable, la fuente y calidad del agua con la que actualmente se abastece el valle de Guadalupe. Se describen a los actores claves en el proyecto “acueducto valle de Guadalupe”, su rol e involucramiento en el mismo, y se detalla la participación y posicionamiento de aquellos que resultaron más relevantes.

Métodos y técnicas

La identificación de los actores clave se llevó a cabo a través de distintos enfoques, primeramente se ordenaron por número de menciones en las notas publicadas relacionadas con el proyecto “acueducto valle de Guadalupe”, posteriormente por aquellos asistentes en las diversas reuniones de negociación del mismo, ya que éste trabajo se desarrolló a la par que se resolvía la propuesta para el concurso de licitación hasta el fallo de la misma y, finalmente, aunque no se ejecutó un foro de consulta pública como tal, se recopiló información de los actores durante el “Primer simposio sobre el agua en el valle de Guadalupe”, celebrado en la UABC, en agosto del presente año. Una vez ubicados los actores se determinó su involucramiento a través de un esquema de acción-reacción y el poder de decisión que tuviesen.

Se realizó una búsqueda de noticias (hasta el día 24 de abril del 2018), para realizar una cronología de la evolución del proyecto, analizar la disponibilidad de información, la percepción social y demandas y preocupaciones de los involucrados. La revisión se llevó a cabo en la hemeroteca del buscador de Google bajo la siguiente combinación de palabras:

- Acueducto valle de Guadalupe + agua residual tratada
- Acueducto valle de Guadalupe + agua tratada
- Acueducto valle de Guadalupe + valle de Guadalupe
- Valle de Guadalupe + acueducto
- Valle de Guadalupe + agua tratada

- Valle de Guadalupe + agua residual tratada
- Valle de Guadalupe + La Morita
- Valle de Guadalupe + línea morada
- Valle de Guadalupe + proyecto morado

Se solicitó información sobre la calidad requerida para la realización del proyecto a través de comunicación directa a uno de los actores claves y se entrevistó a otro para adquirir datos relevantes para este capítulo, se muestran sólo los extractos útiles de la misma, pero por motivos de privacidad no se reproduce textualmente.

Localización del área de estudio

El área de estudio se ubica en las coordenadas geográficas extremas 32° 00' y 32° 08' de latitud norte y 116° 30' y 116° 42' longitud oeste, dentro de los límites que se muestran en la Tabla 9.

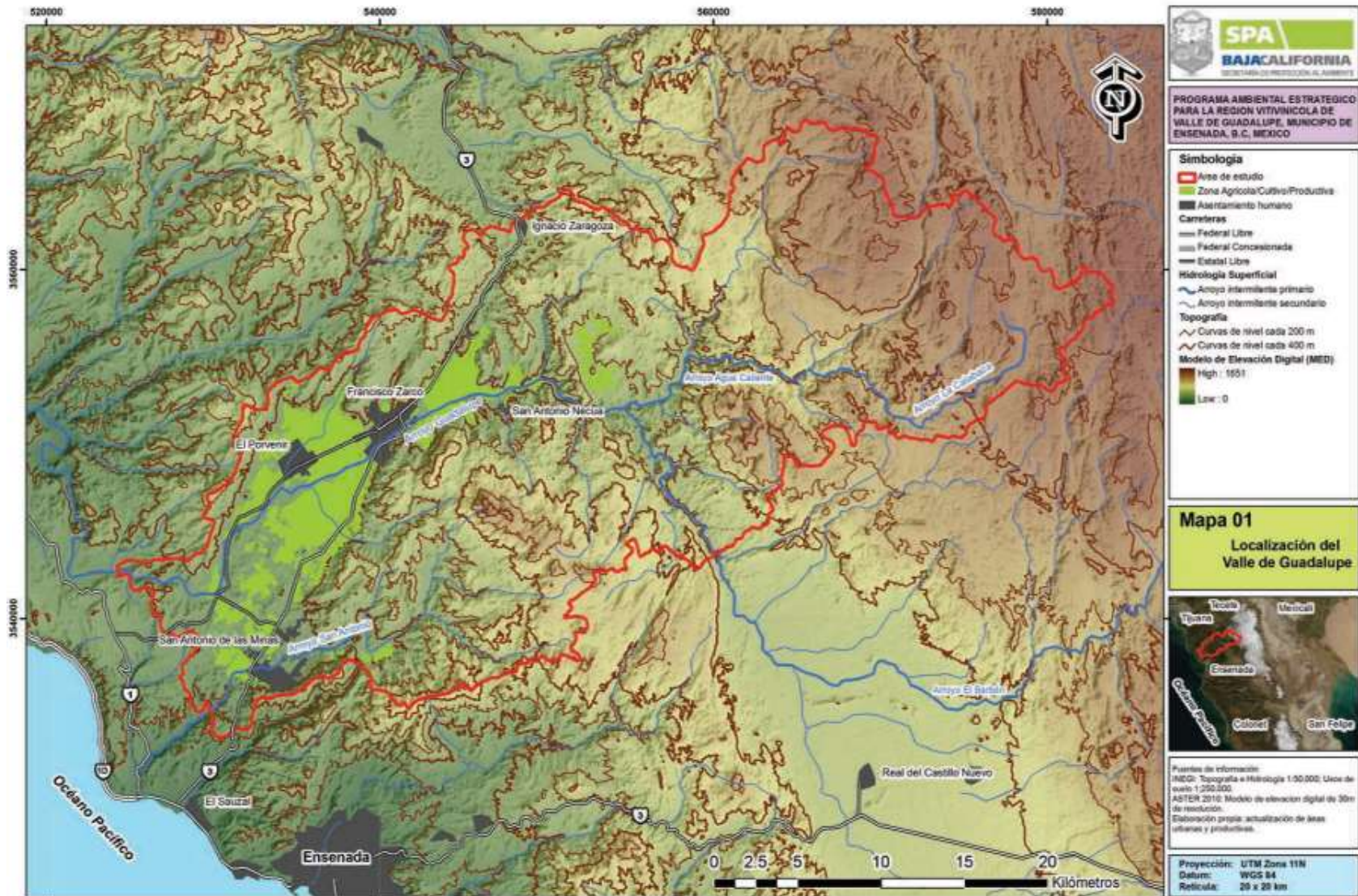
Tabla 9. Límites del área de estudio.

Punto cardinal	Especificación del límite
Norte	Ejido Carmen Serdán, municipio de Tecate
Sur	Delegación El Sauzal de Rodríguez, municipio de Ensenada
Oeste	Corredor costero (COCOTREN), municipio de Ensenada
Este	Zona de lomeríos hacia Sierra Juárez

Fuente: Programa de Ordenamiento Ecológico del Corredor de San Antonio de las Minas-Valle de Guadalupe (POEXSAM-VG, 2006).

El área de estudio corresponde al polígono propuesto para el “Modelo del Programa de Ordenamiento Ecológico del Corredor San Antonio de las Minas-Valle de Guadalupe en el Municipio de Ensenada, Baja California” (POECSAM-VG, 2006), el cual se muestra en el Mapa 1 de localización. Tiene una extensión aproximada de 96,051.5 hectáreas, y se conforma por la zona agrícola del valle de Guadalupe, el cauce del arroyo Guadalupe, poblados circundantes, y zonas cerriles aledañas (SPA, 2016).

Mapa 1. Localización del valle de Guadalupe. Fuente: SPA, 2016.



El área de dicho ordenamiento contempla un arreglo de 122 Unidades de Gestión Ambiental (UGAS), cuyo uso de suelo se encuentra definido en la Tabla 10. La capacidad actual de siembra de vid en el valle de Guadalupe es de aproximadamente 3,200 ha (OEIDRUS, 2018).

Se permite el cambio de uso de suelo para una densidad muy baja, construcciones tipo cabaña rodeadas de vegetación natural o cultivos y para incrementar el cultivo de uvas, bajo prácticas especiales que no alteren en demasía el paisaje natural, ni ocasionen erosión u otros impactos mayores. Para las zonas con planicies que cuentan con cultivos o para los poblados que desean crecer de manera armoniosa con el ambiente que los rodea y en coincidencia con las actividades agrícolas o agroindustriales la política propuesta es de aprovechamiento con control (SPA, 2006), en la Tabla 11 se define la superficie destinada a aprovechamiento con control.

Tabla 10. Uso de suelo en los paisajes del área de ordenamiento

Uso de suelo	Número de unidades ambientales	Hectáreas (ha)
Cultivo perenne	32	4,762.45
Cultivo forrajero	25	2,675.64
Modificado	1	970.98
Natural	35	84,960.62
Poblado	7	502.96
Ranchería	7	728.30
Sin uso aparente	13	1,354.88

Fuente: POECSAM-VG, SPA, 2006.

Tabla 11. Superficie total destinada a cada política ambiental.

Políticas ambientales	Número de unidades ambientales	Hectáreas (ha)
Aprovechamiento con impulso	3	277.32
Aprovechamiento con control	74	9,018.62
Conservación	32	9,701.60
Protección	13	77,705.90

Fuente: POECSAM-VG, SPA, 2006.

Fuentes de abastecimiento de agua en el valle de Guadalupe

Baja California se caracteriza por ser una zona con baja precipitación pluvial y altos índices de evaporación. Estas condiciones, sumadas a la explotación de los acuíferos para satisfacer las necesidades de la población y a la poca disponibilidad de aguas superficiales, dan como resultado graves problemas de abastecimiento (CONAGUA, 2010).

El valle de Guadalupe es una región vitivinícola perteneciente al estado de Baja California, localizada a 25 kilómetros al norte de la ciudad de Ensenada, con un clima semiárido (SEFOA, 2015), la región también presenta clima seco mediterráneo templado con lluvias en invierno (de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García) (INEGI, 2001 citado por SPA, 2016).

De acuerdo con datos de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación (SAGARPA), el valle de Guadalupe concentra 87% de las 207 empresas vitivinícolas del país y su producción se centra en vinos tintos y blancos. Ahí se ubican las casas vinícolas de mayor antigüedad en el país y que conforman la conocida Ruta del vino, la cual también abarca las comunidades del Ejido El Porvenir, Francisco Zarco y San Antonio de las Minas (SEFOA, 2015).

En el Programa Ambiental Estratégico de la Región Vitivinícola del valle de Guadalupe (2016), mencionan que 14 empresas pretenden incrementar en un 80% la producción en los próximos tres a cinco años, y el 20% restante, en menos de 3 años. Las empresas mantendrán su producción, ya que es suficiente para abastecer a su mercado. El consumo de vino se ha incrementado a nivel nacional desde 1998, con un crecimiento promedio de 7% anual; para el año 2009 incrementó hasta 11% (Financiera Rural, citado por SPA, 2016).

Bajo este contexto, al aumentar el consumo del vino a nivel nacional, se presume el incremento en la producción de uva, con la consecuente demanda de la superficie de cultivo y del recurso hídrico, que lleva implícito el cumplimiento de la legislación, principalmente la concesión de los volúmenes de agua otorgadas por la CONAGUA, que en el caso del valle de Guadalupe se torna complejo, debido a que el agua es un recurso

limitado, que proviene del acuífero Guadalupe, cuyos registros de que se encuentra sobreexplotado datan desde hace cerca de 30 años (SPA, 2016).

El acuífero Guadalupe, definido con la clave 0207 en el Sistema de Información Geográfica para el Manejo de las Aguas Subterráneas de la Comisión Nacional del Agua (SIGMAS), se localiza en la porción noroccidental del estado de Baja California, entre los paralelos $31^{\circ}59'$ y $32^{\circ}15'$ de latitud norte y los meridianos $116^{\circ}05'$ y $116^{\circ}44'$ de longitud oeste, cubriendo una superficie de 976 km². Limita al norte con el acuífero Las Palmas, al este con Real del Castillo, al sur con Ensenada y al oeste con La Misión, todos ellos en el Estado de Baja California (Figura 3).

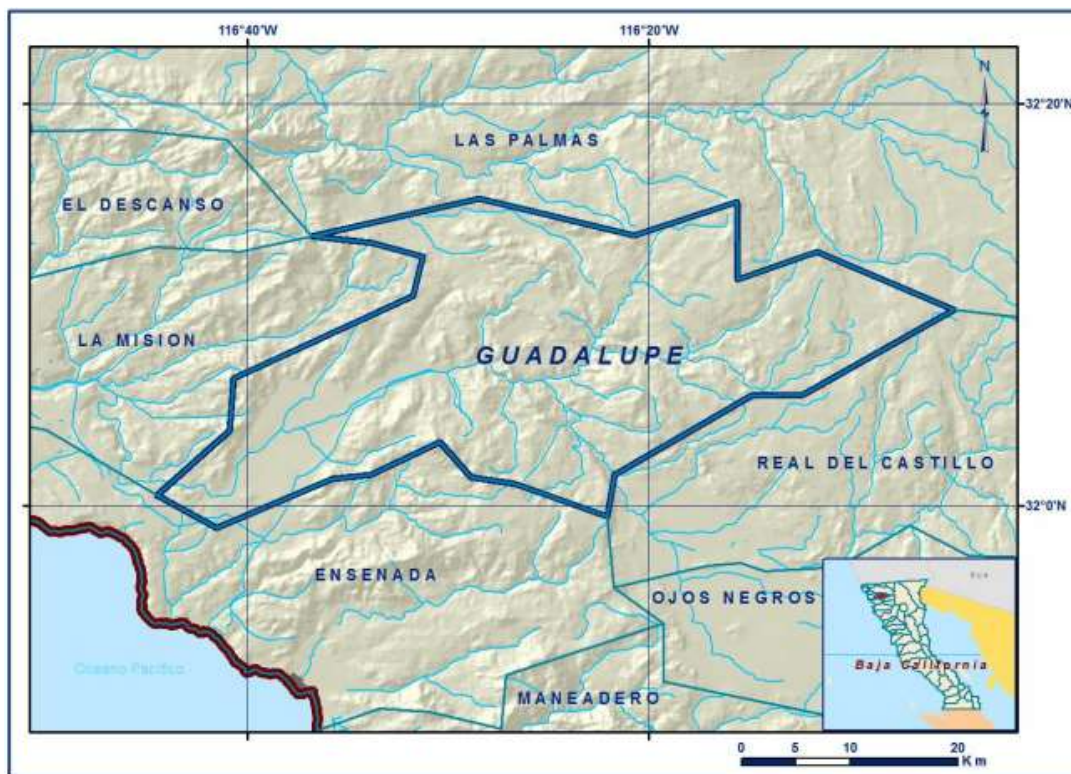


Figura 3. Localización del acuífero de Guadalupe (CONAGUA, 2015).

En los últimos años, el valle de Guadalupe ha sido testigo de la polémica social por el uso del limitado recurso hídrico, donde las aguas subterráneas, frente a la escasez de aguas superficiales que caracterizan al clima árido de la entidad, se convierten en un asunto estratégico para el desarrollo regional (SPA, 2016).

En los Acuerdos publicados en el Diario Oficial de la Federación (DOF), se publicó la disponibilidad de agua en el acuífero (Tabla 12). En estos documentos se dice que el acuífero se encuentra en estado sobreexplotado, lo que quiere decir que el volumen concesionado (Figura 4 y Figura 5) es mayor a la recarga, sin tomar en consideración el valor de la descarga natural comprometida, de acuerdo a Méndez Cervantes (2012). La sobreexplotación prolongada puede ocasionar un estado de grave deterioro para los acuíferos con consecuencias graves para el ambiente y la economía en general, y según lo publicado en el programa ambiental estratégico de la región vitivinícola del valle de Guadalupe (2016), si se continúa con las tendencias actuales, existe un riesgo de que se agote el recurso disponible en el acuífero.

Se tienen antecedentes de diversos estudios del comportamiento del acuífero de Guadalupe desarrollados tanto por el sector oficial como el sector académico, que independientemente del tema específico que abordan, convergen en el señalamiento de que, en el balance del acuífero, ha prevalecido un déficit entre la recarga y la extracción por bombeo, que se refleja actualmente en una disminución excesiva en los niveles del acuífero (SARH, 1967, 1977, 1982, 1990; CONAGUA, 1998, 2002; Andrade, 1997; Beltrán, 1998a, 1998b, 2001; Badán, 2006; Del Toro-Guerrero et al., 2014 Citados por la SPA, 2016).

Como se puede observar en la Figura 4 y Figura 5, el mayor volumen concesionado del acuífero corresponde al sector agrícola. Hay una tendencia en el aumento del volumen concesionado en todos los sectores.

Tabla 12. Disponibilidad media anual de agua subterránea.

Región hidrológico-administrativa "Península de Baja California"						
Acuífero Guadalupe, Clave 207						
Año	Fecha de corte	R	DNCOM	VCAS	DAS	DÉFICIT
CIFRAS EN MILLONES DE METROS CÚBICOS ANUALES						
2013	31 de marzo del 2013	26.4	1.4	37.045470	0.000000	-12.045470
2014	30 de junio del 2014	26.4	1.4	37.213155	0.000000	-12.213155
2015	31 de diciembre del 2015	18.8	0.1	36.929948	0.000000	-18.229948

Fuente: Registro Público de Derechos de Agua (DOF, 2013, 2015, 2018).

R=Recarga media anual, DNCOM=Descarga natural comprometida, VCAS=Volumen concesionado de agua subterránea, DAS=Disponibilidad media anual de agua subterránea.

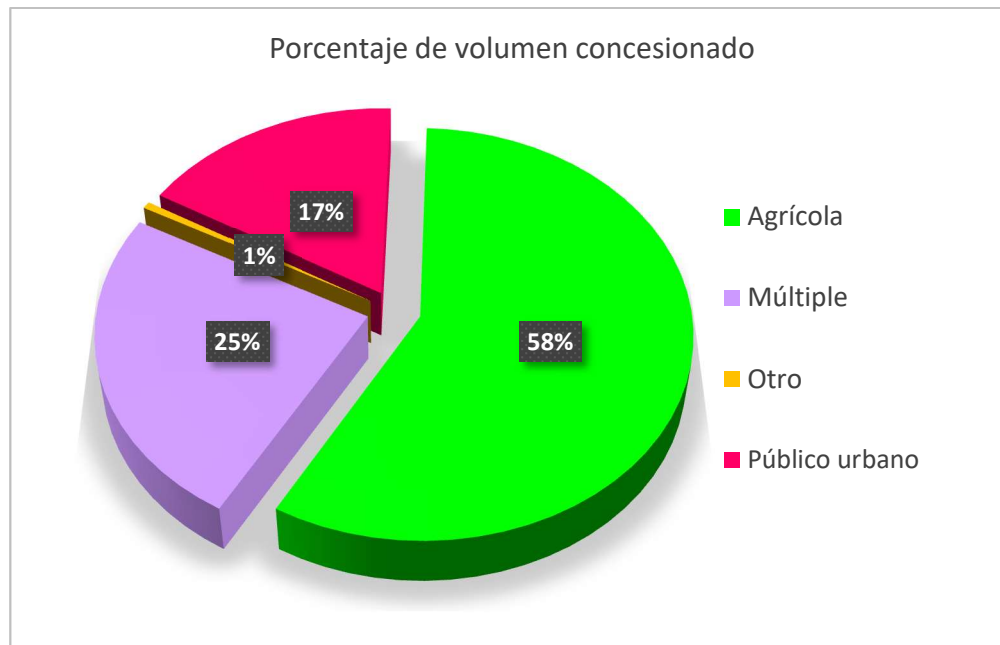


Figura 4. Disgregación de volúmenes concesionados en términos de uso y número de aprovechamientos (SPA, 2016).

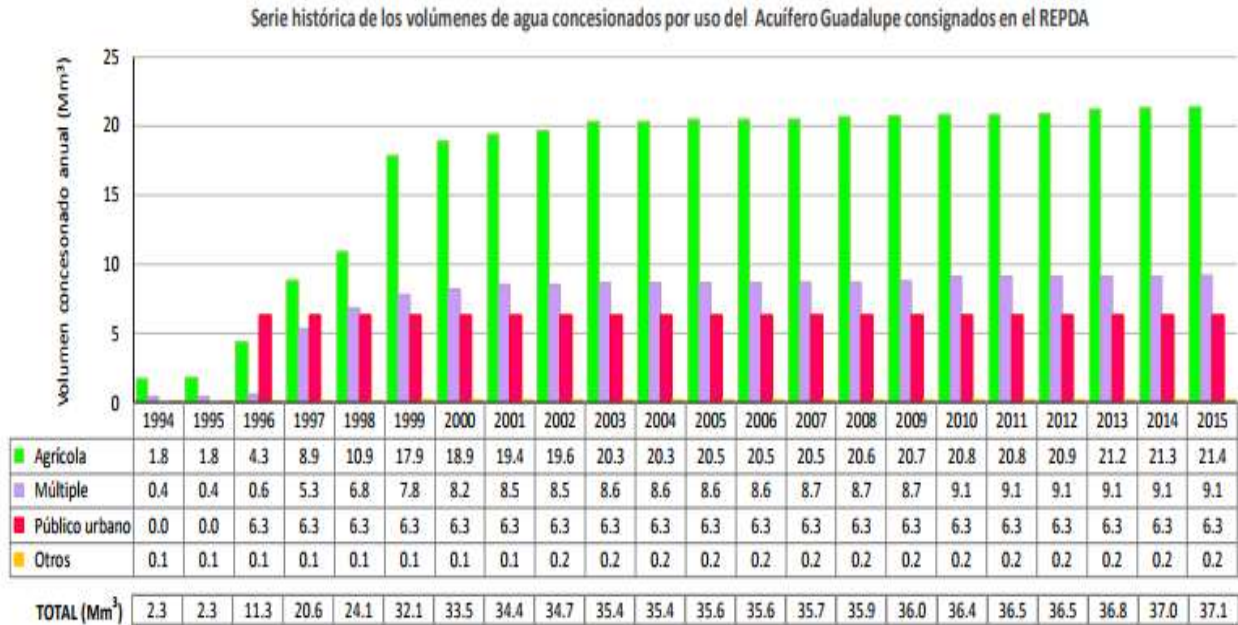


Figura 5. Serie histórica de los volúmenes de agua concesionados por uso del acuífero de Guadalupe (SPA, 2016).

La economía del valle de Guadalupe depende principalmente de las actividades agrícolas (Espejel et al., 1999), como el cultivo de vid, olivo, frutales y hortalizas. La agricultura vitivinícola es además sumamente atractiva para las actividades turísticas, pero el desarrollo de estas dos ramas se verá limitado por la disposición del recurso hídrico (SEFOA, 2015), por lo tanto, la importancia del acuífero queda implícita, ya que solo se dispone de las aguas superficiales en periodos de precipitación (Méndez Cervantes, 2012).

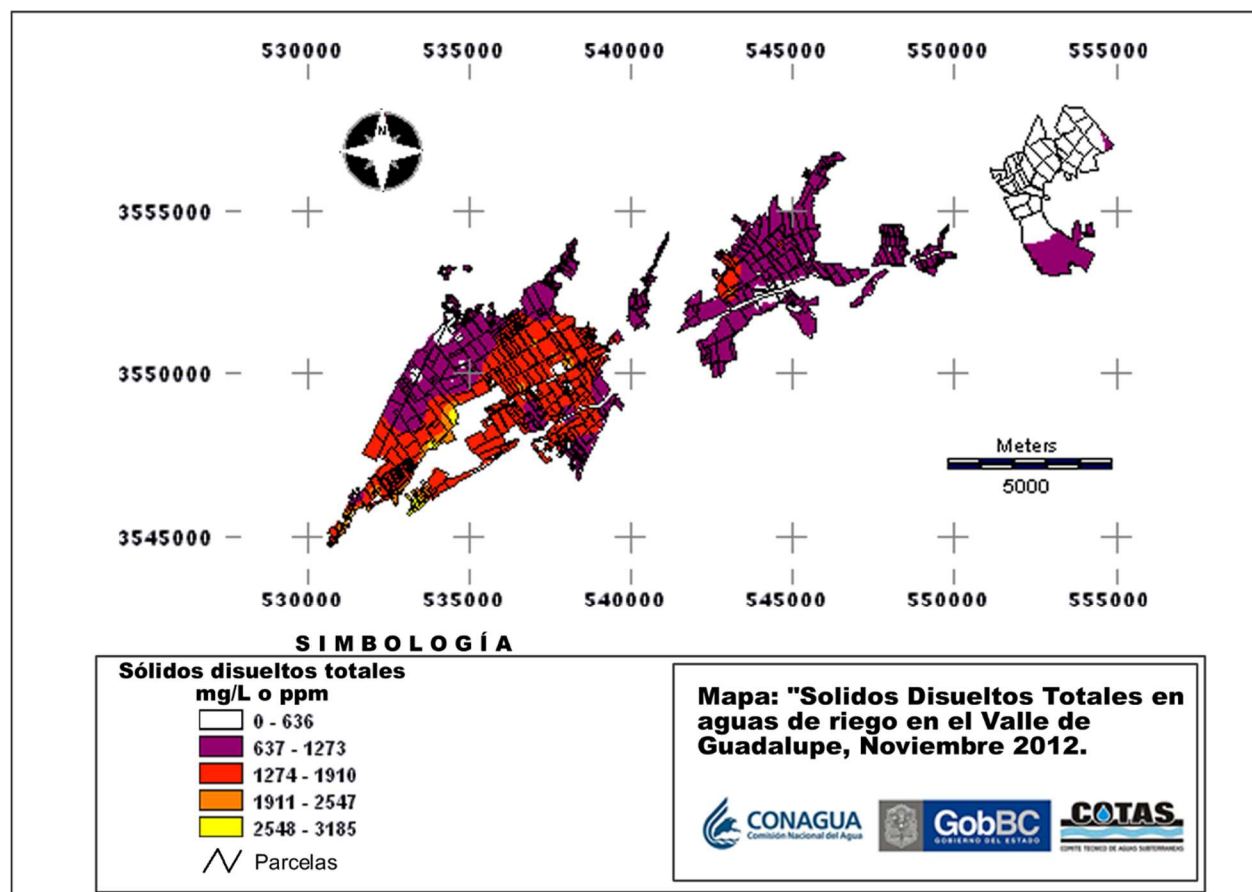
De acuerdo al gerente operativo de Comité Técnico de Aguas Subterráneas (COTAS) valle de Guadalupe (Anexo 2), el crecimiento del valle de Guadalupe contribuye directamente al de la industria vitivinícola nacional, así como al desarrollo turístico, gastronómico, económico y social de la zona. Contar con suficiente agua y de calidad, es indispensable para asegurar el desarrollo de la industria en la región en el largo plazo. De otra manera, será necesario limitar las plantaciones en la zona. El acuífero ya no cuenta con la capacidad de proveer la cantidad de líquido que se requiere y no se puede depender solamente de la precipitación pluvial.

Cantidad y calidad actual del agua para riego

La extensión actual de siembra de vid en el valle de Guadalupe es de 3,200 ha aproximadamente (OEIDRUS, 2018) y se riega durante un período de 8 meses. Para riego de vid se necesitan una aplicación de 6,000 a 7,500 m³ / ha / año (Mendoza-Espinosa et al., 2015).

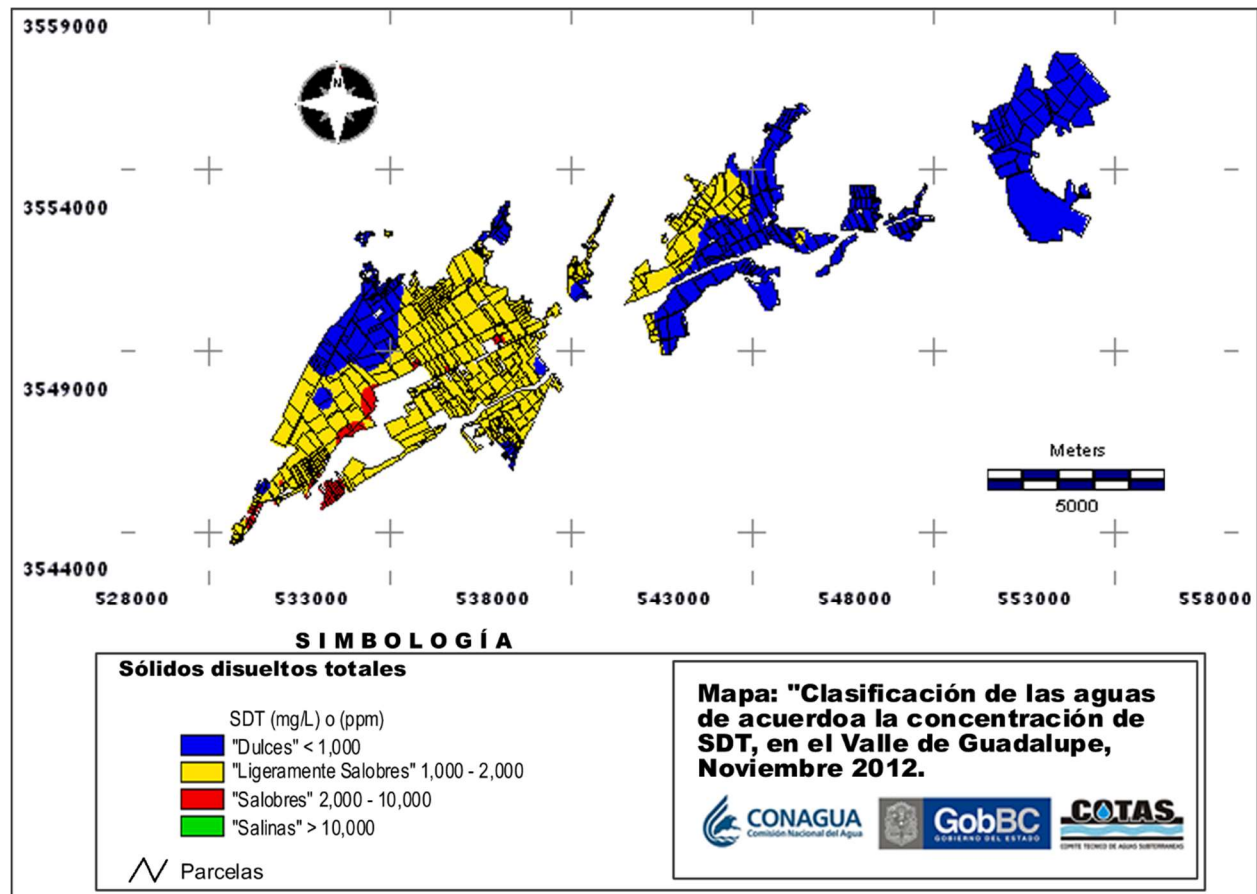
A continuación, se presenta la calidad actual de riego publicada más recientemente, refiriendo a los parámetros de sólidos disueltos totales (SDT), como una representación de la salinidad del agua con la que se irriga el valle de Guadalupe. En los mapas 2 y 3, en color azul, se encuentra marcada la superficie que es regada con agua dulce, es decir, con menos de 1,000 mg/L, seguido de las de color amarillo, que marca aquellas zonas que son irrigadas con aguas con entre 1,000-2,000 mg/L y en rojo las que pasan de 2,000 mg/L.

Mapa 2. SDT en el agua para riego del valle de Guadalupe, noviembre del 2012.



Fuente: COTAS valle de Guadalupe, A.C., 2013.

Mapa 3. Salobridad en agua para el riego del valle de Guadalupe, noviembre del 2012.



Fuente: COTAS valle de Guadalupe, A.C., 2013.

Como se mencionó anteriormente, el valle de Guadalupe es una región semiárida, por lo que tiene altos índices de evaporación, lo que da como resultado una alta acumulación de sales en el suelo y un aumento de SDT en el agua del acuífero. La salinidad es precisamente el parámetro más preocupante para los vitivinicultores y la academia, ya que, como se explica en el capítulo I, su acumulación puede afectar en la productividad de los suelos y plantas, el límite máximo recomendable vid es <1280 mg/L según la FAO (2017).

Calidad requerida para la realización del proyecto

Dentro del marco de las negociaciones, y con ayuda del investigador de la UABC, Dr. Walter Daesslé, el grupo de empresarios y viticultores presentaron la siguiente propuesta para los parámetros de la calidad requerida para el ART que se utilizará en el riego de vid. En la Tabla 13 se muestra dicha propuesta.

Tabla 13. Concentraciones químicas y microbiológicas de referencia relevantes en ART destinada al riego de vid.

Parámetro	Valor de referencia	Unidades
SDT	<1100	mg/L
Conductividad	1.2-1.9	mS/cm
pH	6 a 8	-
Cl residual	<1	mg/L
*Coliformes fecales	<200	NMP/100mL
*Huevos de Helminto	<1	h/L
*DBO₅	<15	mg/L
*Grasas y aceites	<15	mg/L
*SST	<20	mg/L
Turbidez	<2	NTU
Razón de adsorción de sodio	<5	-
Sodio	<250	mg/L
Calcio	<200	mg/L
Magnesio	<40	mg/L
Boro	<1	mg/L
COT	<20	mg/L
Fosforo en fosfato	<20	mg/L
Nitrógeno en nitrato	<10	mg/L
Nitrógeno en amonio	<5	mg/L
Cloruro	<500	mg/L
Bicarbonato	<200	mg/L
Sulfato	<400	mg/L
Potasio	<80	mg/L
Aluminio	<5	mg/L
*Arsénico	<0.1	mg/L
Berillio	<0.1	mg/L
*Cadmio	<0.01	mg/L
*Cianuros	<2	mg/L
Cobalto	<0.05	mg/L
*Cobre	<0.2	mg/L
*Cromo	<0.1	mg/L
Flúor	<1	mg/L
Fierro	<5	mg/L
Litio	<2.5	mg/L
Manganeso	<0.2	mg/L
*Mercurio	<0.01	mg/L
Molibdeno	<0.01	mg/L
*Níquel	<0.2	mg/L
*Plomo	<5	mg/L
Selenio	<0.02	mg/L
Vanadio	<0.1	mg/L
*Zinc	<2	mg/L
Virus	Deben ser valorados	
Contaminantes emergentes	Deben ser valorados	
Contaminantes orgánicos persistentes	Deben ser valorados	
Compuestos organoclorados	Deben ser valorados	

(*) Parámetros mencionados en la NOM-003-SEMARNART-1997 para contaminantes en las ART que se reúsen en servicios al público. Fuente: Comunicación directa con el Dr. Walter Daesslé.

Instrumentos de planeación y programas que incluyen el uso de ART

Se realizó un análisis de los planes y programas aplicables en todos los niveles gubernamentales, en los cuales se detectaron estrategias con objetivos alineados a este proyecto.

Tabla 14. Estrategias para el reúso de ART en los planes y programas nacionales, estatales y municipales

Nivel	Planes y programas	Estrategias alineadas a este proyecto
Federales	Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018.	<ul style="list-style-type: none"> Sanear las AR con un enfoque integral de cuenca que incorpore a los ecosistemas costeros y marinos.
	Programa Sectorial del Medio Ambiente y Recursos Naturales 2013-2018.	<ul style="list-style-type: none"> Reúso de aguas tratadas de Tijuana en el VG con el objetivo de proporcionar un sistema integral que permita la recarga del acuífero, una alternativa basada en los principios de un desarrollo agrícola responsable con el medio ambiente.
	Programa Nacional Hídrico.	<ul style="list-style-type: none"> Reutilizar todas las AR tratadas con el objetivo de ordenar la explotación y aprovechamiento del agua en cuencas y acuíferos.
Estatales	Plan Estatal de Desarrollo 2014-2019.	<ul style="list-style-type: none"> Promover e implementar proyectos locales e intermunicipales de aprovechamiento de AR tratadas para el riego de áreas verdes, uso agrícola, industrial, ecológico y recarga de acuíferos. Se considera la importancia del desarrollo económico en el estado, haciendo mención al impulso desarrollado en la producción vinícola en el VG en los últimos años.
Municipales	Programa de Desarrollo Regional, Región del Vino	<ul style="list-style-type: none"> Impulsar tecnología de reúso de aguas tratadas.
	Programa Sectorial de Desarrollo Urbano-Turístico de los Valles Vitivinícolas de la Zona Norte del Municipio de Ensenada (Región del Vino), B.C.	<ul style="list-style-type: none"> Propiciar una mayor reutilización del agua tratada.
	Programa Integral del Agua del Municipio de Ensenada.	<ul style="list-style-type: none"> Reúso de 1.2 m³ /s de aguas tratadas en Tijuana para las actividades agrícolas en el VG.
	Plan de Manejo Integrado de las Aguas Subterráneas en el Acuífero de Guadalupe, Estado de Baja California.	<ul style="list-style-type: none"> Tratamiento de agua residual e infraestructura. Trasvase de agua residual tratada.

Nivel	Planes y programas	Estrategias alineadas a este proyecto
	Programa de gestión para el manejo del Acuífero del Valle de Guadalupe.	<ul style="list-style-type: none"> <li data-bbox="802 254 1409 310">• Aprovechamiento de Aguas Tratadas para Uso Agrícola.

Fuente: Elaboración propia.

Percepción social y las ART en los medios de comunicación

La participación de la sociedad en la elaboración del diagnóstico ambiental genera responsabilidad política al ayudar a resolver disputas y proporcionar un cierto grado de transparencia a las decisiones, lo que significa una mayor aceptación del público en general, disminuye los errores y la corrupción y fortalece las instituciones (Mendoza-Espinosa, 2015).

Mendoza-Espinosa et al. (2015) evaluaron la percepción de los consumidores y productores con respecto al consumo de vino producido con uvas regadas con ART en el valle de Guadalupe. Para el caso de los consumidores, se encontró que las preferencias varían dependiendo de su profesión, edad, y otros factores. Sin embargo, en todos los casos, la mayoría afirma que consumiría el vino producido de esta manera. Por otra parte, 80% de los productores se mostró a favor siempre y cuando se garantizara la calidad del agua por un organismo tercero (no el organismo operador de gobierno) y 20%, a pesar de tener conocimiento de estas prácticas en otras partes del mundo no consideraría el ART para riego, debido a dos preocupaciones principales: el precio y el rechazo de los consumidores.

Respecto a la visión de los agricultores/productores, Mizyed (2012) recomienda sean incluidos en el proceso de tomas de decisiones en las primeras etapas de los proyectos de reutilización, ya que si encuentran un beneficio en el reúso, no dudarán en llevarlo a cabo. Propone también que se les incluya en el desarrollo de normas, regulaciones y políticas del tema.

En el estudio de Mendoza-Espinosa et al. (2015), se menciona que los medios tienen una gran influencia en la forma en la que la comunidad recibe información sobre la disponibilidad del agua en el área de estudio, y en la manera en que percibe los riesgos del uso de ART, el contexto es crucial para comprender la voluntad del público de adoptar

esta práctica. Debido a esta importante influencia fue que se realizó la investigación en la hemeroteca.

Otro aspecto para considerar es el acceso a la información. Por ejemplo, el distrito de saneamiento del valle de Napa, en California, mantiene los registros históricos de calidad del ART y analizar el comportamiento de parámetros importantes para la agricultura como cloruros o SDT, programas de incentivos que promueven el uso de las ART, estudios previos para la aprobación del proyecto, guías para los usuarios, precios según la temporada, planes de reúso y ligas de interés como de oportunidad de negocio o enlace con autoridades, disponibles para cualquier usuario en su página oficial, lo que puede originar un sentimiento de confianza (Mendoza-Espinosa, 2018).

Resultados

ACTORES CLAVE

Dado que la naturaleza del acueducto valle de Guadalupe es privada, los dos actores con mayor poder son la empresa ganadora de la licitación y los viticultores, pero para que se lleve a cabo necesita la aprobación del gobierno del estado, aunque juegue un papel de facilitador, es también quien otorga los consentimientos. Se identificaron a los actores claves de manera general, su participación y reacción a la problemática, el alcance espacial de los mismos, así como su nivel de involucramiento. En la Tabla 15 se presentan los resultados obtenidos.

Dentro de todos los actores clave, se considera que el COTAS valle de Guadalupe tiene una especial importancia, pero no tienen ningún poder de decisión o legitimidad política. Sin embargo, se encontró que es el actor que fungió como gestor de conocimiento entre la comunidad de viticultores, comunidad en general, la academia, el sector gubernamental e incluso la empresa ganadora de la licitación. Los organismos auxiliares son muy importantes ya que son instituciones participativas de usuarios de agua en la cuenca o subcuenca, en general, las COTAS se encuentran con mayor frecuencia en comunidades donde el agua subterránea es el principal recurso hídrico, y en la mayoría de los casos bajo condiciones de estrés, y operan en coordinación con el Consejo de cuenca de la región I Península de Baja California (Pells, 2014), por lo que COTAS

Guadalupe es en realidad el organismo que estuvo involucrado en todo el proceso de aprobación del proyecto del acueducto de valle de Guadalupe.

Tabla 15. Actores clave para la evaluación del empleo de ART para riego de vid en el valle de Guadalupe, B. C.

Ámbito	Actor	Acción	Reacción	Nivel de involucramiento
Internacional	Empresa que concursa por licitación	Construye, opera y mantiene planta de tratamiento de agua residual	Propone parámetros de calidad de ART para riego de vid en el valle de Guadalupe	Alto
	Academia	Realiza investigación sobre uso de ART	Establece condiciones para el uso de las ART de manera eficiente	Alto
Nacional, estatal, local	Instancias de gobierno (todos los niveles)	Licita proyecto de acueducto para traer ART	Asegura calidad y suministro de ART, eficiencia en la gestión del agua, desarrollo socioeconómico sostenible	Alto
	Consumidores de vino	Consume vino que se produjo de vid regada con ART	Informarse sobre el producto	Medio
Local	Agricultores (vid)	Compra del ART	Presenta condiciones para la compra del líquido	Alto
	Productores de vino	Produce vino con uva regada con ART	Necesita asegurarse de que la calidad del agua no comprometerá la del vino, así como la seguridad de perpetuidad del recurso y la expansión de la industria vitivinícola.	Alto
	Jornaleros	Tiene contacto directo con la vid regada	El uso de ART no deberá comprometer su salud	Medio
	Organismos auxiliares	Injerencia en el manejo del recurso hídrico, presentar estudios técnicos y resultados de ejercicios participativos	No aplica	Alto

Ámbito	Actor	Acción	Reacción	Nivel de involucramiento
	Residentes/ Participación ciudadana	Vive en lugares aledaños a los sembradíos	Puede pronunciarse a favor o en contra del proyecto	Bajo

Fuente: elaboración propia.

Se identificaron 3 asociaciones de productores de vino: Sistema Producto Vid, la Asociación de Vitivinicultores de Baja California y PROVINO A.C., contando esta última con un abogado como presidente, mismo que representa el respaldo jurídico de los intereses de los viticultores y empresarios.

No se identificó ninguna ONG que trabaje con agua en el valle de Guadalupe, sin embargo, se puede especificar que en el sector gobierno se encuentran involucradas todas las instituciones que tratan temáticas de agua o de protección al ambiente, por lo que se resumen en la Tabla 16 a continuación.

Tabla 16. Dependencias gubernamentales identificadas en temáticas de agua o protección al ambiente en el área de estudio.

Internacionales	Federales	Estatales
<ul style="list-style-type: none"> • Comisión Internacional de Límites y Aguas 	<ul style="list-style-type: none"> • SEFOA • SEMARNAT • CONAGUA • Organismos de Cuenca • Instituto Mexicano de Tecnología del Agua • Procuraduría Federal de Protección al Ambiente • Comisión Intersecretarial para la atención de Sequías e Inundaciones • Comisión Intersecretarial de Cambio Climático • SAGARPA 	<ul style="list-style-type: none"> • SPA • Secretaría de Infraestructura y Desarrollo Urbano • Comisión Estatal del Agua • Comisión Estatal de Servicios Públicos de Ensenada

Fuente: elaboración propia.

PERCEPCIÓN SOCIAL Y LAS ART EN LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN

Se encontraron 38 noticias en 15 medios de comunicación, 13 de ellos locales, 1 nacional (Milenio) y 1 perteneciente a Estados Unidos de América (Reuters) (Tabla 17). Como se mencionó anteriormente el seguimiento hemerográfico también permitió detectar a los actores con mayor participación y los sectores a los que pertenecen.

Tabla 17. Total de publicaciones relacionadas con el uso de ART para riego en el valle de Guadalupe (enero del 2009 - abril 2018).

Fuente informativa	Año de publicación							Total
	2009	2013	2014	2015	2016	2017	2018	
4 Vientos				1				1
Agencia Fronteriza de Noticias						1		1
Cadena Noticias							1	1
CESPT Noticias		1						1
CONACYT Agencia informativa						1		1
Crónica							2	2
El Mexicano	1	1						2
El Vigía				2		5	4	11
Frontera					1	4	3	8
Industrial News Baja California						1		1
Milenio			2					2
Periodismo Negro							1	1
Redacción Todos Santos			2					2
Reuters						1		1
Uniradio Informa			1			2		3
Total	1	2	5	3	1	15	11	38

Fuente: Elaboración propia.

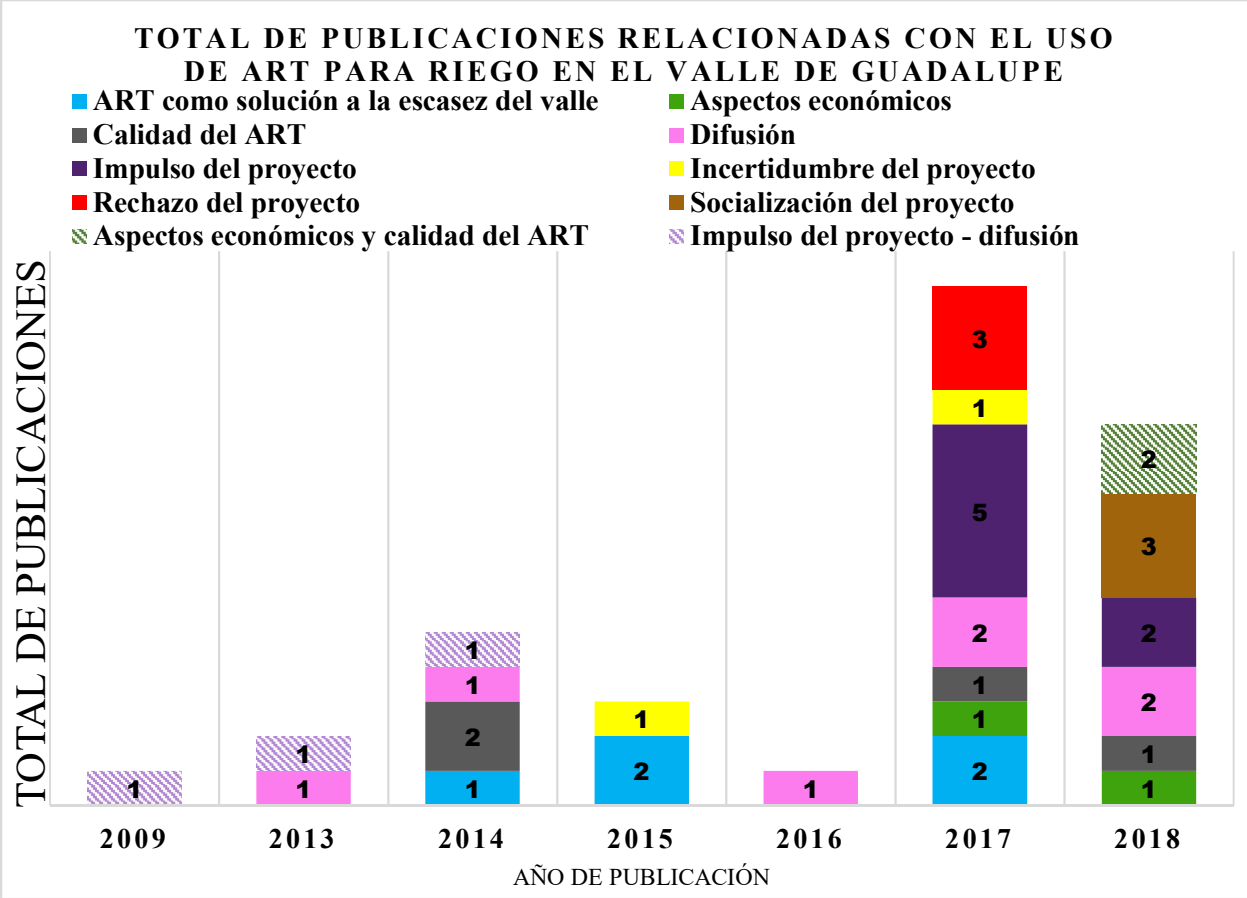


Figura 6. Total de publicaciones relacionadas con el uso de ART para riego en el valle de Guadalupe (Fuente: elaboración propia).

La línea del tiempo de la Figura 7 se construyó con base al resumen de lo publicado en los medios. Se puede observar que la primera nota que mencionaba el proyecto morado apareció en el 2009, y desde esa fecha se proyectaba llevar ART al valle de Guadalupe para el cultivo de vid. Del año 2010 al 2012 no se encontraron notas relacionadas con el tema, y nuevamente en 2013, se resalta el interés del reúso del agua en el valle para la producción de vinos y se menciona que se está llevando a cabo el riego de un viñedo experimental con agua del proyecto morado. En el 2014 se dio el encuentro para establecer mesas técnicas, de donde saldría la estrategia conjunto de la construcción del acueducto Tijuana-valle de Guadalupe y se publica que este proyecto es parte de una estrategia integral para garantizar el suministro de agua. Además, el Centro de Investigación Científica y de Educación Superior de Ensenada (CICESE) anuncia que

quiere realizar un proyecto para comparar el crecimiento de una planta de vid con aguas tratadas y aguas provenientes de los acuíferos locales.

En el 2015 se publicó que sólo se conocían las generalidades del proyecto, por lo que existían dudas de si beneficiaría a los Ensenadenses. Por otro lado, se reconoció la alternativa del uso de ART como viable para enfrentar la escasez de agua en las actividades agrícolas. En el 2016 se menciona nuevamente el viñedo experimental. 2017 y 2018 tienen el flujo más importante de información en los medios (Figura 7); durante el primer cuatrimestre del año 2017 existió un impulso por parte de la academia, posteriormente las notas explicaban que el ART era una solución a la escasez del agua en el valle, que es necesario reutilizar el AR que actualmente se desperdicia, pero que la de Ensenada no cuenta con la calidad que se requiere para la agricultura de vid. Se habla de cómo surgió el proyecto y que deberá ser costeado en su mayor parte por la iniciativa privada y con una participación mínima gubernamental, por carecer de fondos para ello. En este segundo cuatrimestre del año los viticultores siguen promulgándose en contra; y en el último cuatrimestre, se publicaron 8 notas que incluían la temática de comenzar a ver el ART como una oportunidad de solución a la escasez del líquido vital, y que de no utilizarse en el valle, alguien más podría aprovecharla. También se encuentran notas buscando el impulso al proyecto utilizando como recurso que mientras la calidad y cantidad sea la adecuada para el riego de vid, los viticultores se pronunciarían a favor del proyecto, y finalmente, aspectos generales de difusión. En el año 2018 se publicaron 11 notas, que inician con el impulso del proyecto, para continuar con aspectos más específicos, como los económicos y la calidad, finalmente hablan de la importancia de la socialización del mismo.

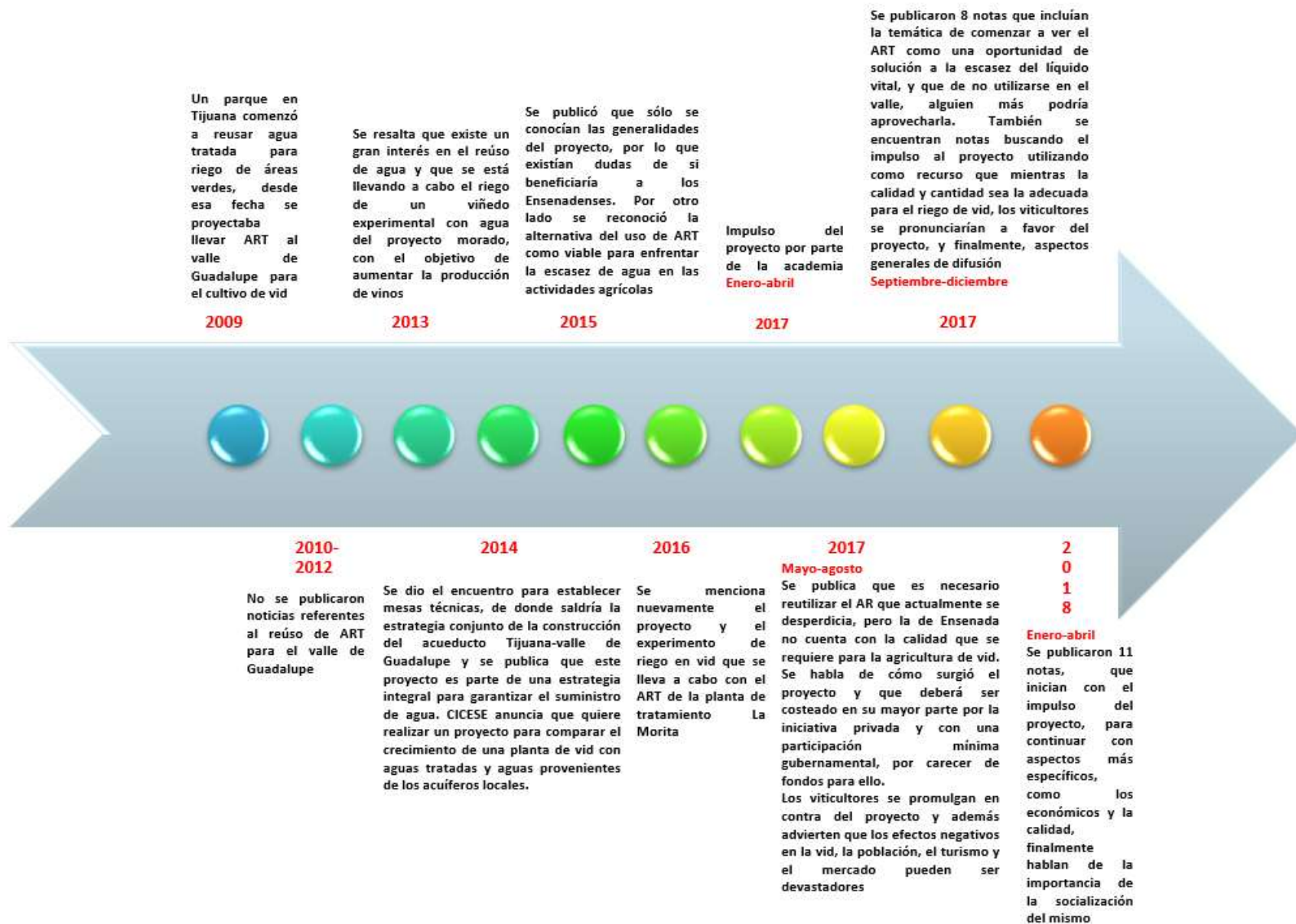


Figura 7. Línea del tiempo construida a partir de las notas periodísticas relacionadas con el proyecto del acueducto valle de Guadalupe (Fuente: elaboración propia).

Las notas periodísticas encontradas reflejan básicamente información presentada por los productores vinícolas en conjunto con la academia y la Secretaría de Desarrollo Agropecuario (SEDAGRO), pero no se encontró evidencia de alguna Organización no Gubernamental o grupo ciudadano involucrados; a pesar de que las juntas y mesas técnicas invitaban a la ciudadanía en general.

Adicionalmente, de la entrevista realizada al Gerente de Operaciones de COTAS valle de Guadalupe (Anexo 3), se encontró que ha sido notoria la evolución de la percepción social de los productores y la localidad en general en la zona de estudio.

Discusión

El valle de Guadalupe se ha colocado como un polo de atracción turística y recreativa, así como de oferta gastronómica y cultural, que incide en el desarrollo social y económico de Ensenada y de Baja California; por ello es indispensable contar con agua en cantidad y calidad suficiente para los próximos años, pues de lo contrario se podrían limitar todas estas actividades desprendidas de la producción de vinos más importante de la República.

Se encontró que en comparación con la superficie total del valle de Guadalupe, la tabla de los datos de uso de suelo en los paisajes (Tabla 10), tiene una diferencia aproximada de 96 ha, esto puede ser resultado de que se omitieran 2 unidades ambientales en el conteo. También en los datos de la superficie total destinada a cada política ambiental se encontró una diferencia aproximada de 652 ha con el total, pero no aparece ninguna justificación aparente para ello.

Debido al estado de sobreexplotación del acuífero Guadalupe, era imperante buscar soluciones alternas para el abastecimiento de agua, el riego de vid con ART es la solución que aquí se estudió. Si este proyecto se desarrolla de manera adecuada, puede ser un beneficio para todos los usos del valle de Guadalupe y su visión del uso de ART como benéfico está basado en el compromiso de mejorar la calidad del ART tanto física, química como biológicamente y que ésta calidad puede tener un impacto positivo en el medio ambiente.

Los datos y colaboración de COTAS Guadalupe fue un elemento clave en la toma de decisiones, mediante la colaboración entre usuarios de aguas subterráneas, funcionarios del agua y expertos técnicos a nivel local. No solo proporcionó los resultados de diversos monitoreos de las aguas subterráneas, sino que realiza un comparativo con los datos capturados por las instituciones UABC y CICESE, y además tiene la apertura del conocimiento de las necesidades y conflictos hídricos de la zona.

El objetivo de la administración integrada de agua en la región de Ensenada-Guadalupe es la incorporación del uso de las ART, y la alternativa que aquí se estudia precisamente ayudaría a cumplir este objetivo. En este sentido, de ejecutarse el proyecto del acueducto, el objetivo final sería permitir el intercambio de derechos de agua entre los usuarios, en este caso los agricultores y los usuarios urbanos (ciudad de Ensenada). No obstante, los derechos de agua en México se asignarían dependiendo de los mercados de agua, lo que haría muy difícil para los agricultores conservar sus derechos de agua cuando los usuarios urbanos demanden el recurso escaso (Mendoza-Espinosa et al., 2015).

Los parámetros que se incluyen en la normatividad mexicana no eran suficientes para la calidad que se requiere para regar los viñedos. Por lo que la requerida para la realización del proyecto se presentó con asesoría del Dr. Walter Daesslé, quien basó su propuesta en su interpretación de las directrices de la FAO, en combinación con la EPA, corroborando que los límites máximos permisibles coincidieran con los que NapaSan tiene publicados en su página (los cuales se rigen por el Título 22 (Tabla 3), ya que ellos como se ha mencionado anteriormente, son los encargados de llevar el agua de riego a los viñedos (entre otros cultivos) al valle de Napa. Adicionalmente, La FAO posee documentación oficial publicada, donde sugiere que la cantidad recomendable de SDT para riego de viñedos es $<1,200$ mg/L (FAO, 2017), por lo que inicialmente para este parámetro se consideró sugerir 100 mg/L debajo del límite, o sea, $<1,100$ mg/L (Comunicación directa con el académico de UABC Walter Daesslé).

Este parámetro en particular fue particularmente discutido en reuniones entre los viticultores, COTAS valle de Guadalupe y la academia, debido a que como se puede observar en el Mapa 3, en color amarillo las áreas ligeramente salobres, regadas con

agua con una concentración de SDT de 1,000-2000 mg/L, o sea, dentro del rango de calidad que se solicitó por los viticultores para la ejecución del acueducto valle de Guadalupe. A pesar de que la mayor extensión es regada con agua ligeramente salobre, a diferencia de otros valles, el de Guadalupe aún cuenta con áreas dulces, por lo que se consideró de importancia conservarlas y buscar mantener o mejorar las superficies que son regadas con agua de calidad inferior. Extraoficialmente se solicitó en el concurso de la licitación que el límite máximo para SDT cambiara a <800 mg/L (Comunicación directa con el académico de UABC Walter Daesslé).

En la Tabla 13 donde se muestra el efluente solicitado por los viticultores se requiere que los virus, contaminantes emergentes, contaminantes persistentes y compuestos organoclorados sean valorados, sin embargo en las negociaciones del concurso de la licitación se aceptó fuera descartado (Comunicación directa con el académico de UABC Walter Daesslé) por lo que en la Tabla 18 ya no se presentan como parte de la propuesta del efluente ODIS Asversa.

En las pautas de la EPA se menciona que los virus son motivo de preocupación en el ART, pero que no se recomiendan ningunos límites, sin embargo, relaciona su eliminación con la de la materia suspendida. Ya que muchos agentes patógenos están asociados a las partículas, y esa materia particulada puede proteger tanto a las bacterias como a los virus de los desinfectantes como el cloro y los rayos UV. Existe un acuerdo general de que con 5mg/L de SST (después de un tratamiento secundario), antes de la desinfección, puede garantizar la destrucción confiable de los virus (EPA, 2012). Recordando el límite presentado para SST en el efluente ODIS Asversa (5mg/L (Tabla 18)), y que llevarán a cabo un tratamiento secundario (el cual se explica en el capítulo III), seguido de una desinfección con rayos UV (Tabla 18), se puede decir que los virus no representan una amenaza en el caso del acueducto valle Guadalupe.

También en las directrices de la EPA son agrupados como constituyentes de preocupación emergente los contaminantes emergentes, contaminantes persistentes y compuestos organoclorados, y reconoce que la ciencia actual sobre estos compuestos no está completamente definida, ni están regulados específicamente en los Estados

Unidos, sin embargo, destaca que se están llevando a cabo acciones para cambiar estas dos situaciones.

En la revisión de la literatura especializada para el capítulo 1 tampoco se encontraron como un parámetro principal, sólo se menciona que pueden existir los contaminantes emergentes en las ART, pero no se hace mención en qué manera puedan afectar o en qué cantidades, o cómo podrían afectar a los cultivos o a la salud humana a diferencia de los demás parámetros que sí son ampliamente explicados y ejemplificados.

Sin embargo, como los contaminantes emergentes habían sido un parámetro que sí se había considerado en el requerimiento inicial es importante mencionar lo siguiente:

- Los contaminantes emergentes son, en esencia, sustancias naturales o sintéticas (por ejemplo productos farmacéuticos humanos y veterinarios, productos para el cuidado personal, surfactantes y sus desechos, plastificantes y diversos aditivos industriales, pesticidas, y recientemente agregados los nanomateriales (De la Cruz et al., 2012; Naidu et al.,2016; Gil et al., 2012) que previamente eran desconocidas o no reconocidas como tal, cuya presencia en el medio ambiente no es necesariamente nueva, pero sí la preocupación por las posibles consecuencias de la misma. Pueden causar efectos adversos para la salud humana o ecológica, dichos riesgos no se encuentran establecidos y la mayoría de ellos no están regulados (De la Cruz et al., 2012; Naidu, et al.,2016; Gil et al., 2012). Esto se debe a la limitada información disponible sobre su interacción y los impactos toxicológicos en los receptores (Naidu et al.,2016). Se ha establecido que estos compuestos entran en el ambiente a través de distintas vías, una de ellas, el efluente de las plantas de tratamiento de agua residual (De la Cruz, et al., 2012; Naidu et al.,2016; Gil et al., 2012), ya que las plantas de tratamiento convencionales no están diseñadas para eliminarlos (De la Cruz et al., 2012; Gil et al., 2012).
- Dicho lo anterior, debido a la posibilidad de un efecto negativo adverso bajo la presencia de los contaminantes emergentes, la integración de su cuantificación (no solo su valoración como se propuso en la calidad requerida para la realización del proyecto) en ART es debatible, y habría que analizarse sus costos-beneficios

para poder determinar si aunque las directrices y normatividad principal y las experiencias no lo manejen como un tema de exigencia, se decida que para la sustentabilidad a largo plazo del riego en los viñedos del valle de Guadalupe se reincorpore.

Aunque aparentemente el plan de traer ART de Tijuana para regar los viñedos tiene varios años mencionándose, no existía nada formalizado, el tema aparecía y desaparecía, sobre todo en medios de comunicación y reportes del viñedo experimental de La Morita. El sector académico fue la vinculación con los viticultores que explicó era factible, pero para que se previnieran los efectos negativos, debían estipularse los términos de calidad.

A pesar de que el nombre oficial del proyecto es “acueducto valle de Guadalupe”, en los medios de comunicación aparece también bajo los títulos de “proyecto línea morada”, “acueducto Tijuana-Guadalupe”, “proyecto morado”, cabe recalcar que existe otro proyecto denominado “la línea morada” en Tijuana, que contempla reusar ART en la industria, construcción y riego de algunos parques urbanos (CESPT, 2011), y que no tiene que ver con el que aquí se estudia, sin embargo se encontró que en algunos medios, erróneamente se refieren al del “acueducto valle de Guadalupe” como tal; por lo anterior fue que la búsqueda en la hemeroteca se hizo bajo la combinación de palabras explicadas en la metodología y se analizaron para descartar aquellas notas que no se refirieran al del “acueducto valle de Guadalupe”. Para referirse a las ART tampoco hay uniformidad, en ocasiones se les describe como agua revitalizada, recuperada o mejorada.

La calidad fue el aspecto clave en la evolución de la aceptación del proyecto, una vez que la academia auxilió a los productores con los parámetros necesarios que no pondrían en riesgo ni a los viñedos ni a la salud de los involucrados; y la negociación se basó en ellos, se pronunciaron abiertos a la ejecución del proyecto, siempre y cuando se cumplieran sus requerimientos. En las notas periodísticas se refleja cómo pasó de ser un proyecto lleno de incertidumbre a un proyecto casi consolidado en su totalidad. De acuerdo con el Gerente de Operaciones de COTAS valle de Guadalupe, también la aceptación en la comunidad general se debió al aspecto de calidad.

Mendoza-Espinosa et al. (2015) encontraron una correlación positiva entre el conflicto y el aumento en las tarifas de agua y que como se analiza también en el capítulo I de este trabajo terminal, es necesario hacer reformas al marco legal y político del agua para permitir ajustes en los precios del agua y el establecimiento de mercados de agua.

La calidad de las ART, la información disponible, así como la difusión y manejo de la temática en los medios, es de suma importancia para la aceptación de un proyecto de esta índole.

CAPITULO III. LA FACTIBILIDAD DEL USO DEL ART PARA RIEGO AGRÍCOLA DE VIDES EN EL VALLE DE GUADALUPE

Introducción

En este último capítulo se describe el proceso de licitación del proyecto acueducto valle de Guadalupe, la justificación que se dio para llevarlo a cabo, las bases y todo el proceso hasta llegar al fallo de la licitación. Se describen también las inquietudes de los actores y las modificaciones que sufrió el proyecto desde su nacimiento hasta la firma del contrato para llevarlo a cabo. Se contrastan los efectos positivos con los aspectos que hay que tomar en consideración o bien, inquietudes que hasta el día final de redacción de este trabajo terminal no fueron resueltas.

Métodos y técnicas

Se consultó el portal de transparencia de la CESPT, en donde se encuentran publicadas sus licitaciones, se realizó una entrevista al Director General de México y Latinoamérica de la empresa ganadora de la licitación, y se extrajo información de las ponencias, panel y sección de preguntas y respuestas del “Primer simposio sobre el agua en el valle de Guadalupe”.

Con el fin de sintetizar el panorama del uso de las ART para riego de viñedos en el valle de Guadalupe, se realizó un análisis FODA. Esta matriz se fundamenta en lo descrito en este trabajo terminal, que como se ha mencionado, se basa en la revisión de la literatura especializada, literatura gris (reportes, planes, programas), revisión de las notas periodísticas en medios digitales, incluyendo directrices internacionales, normatividad mexicana, así como entrevistas a actores clave.

Adicionalmente, la matriz FODA está dividida en los factores PESTA (político, económico, social, tecnológico y ambiental). El método está basado en su artículo “Resistencia socio-hidrológica de un sistema acuífero árido, sujeto a cambios climáticos y manejo agrícola inadecuado: Un estudio de caso del valle de Santo Domingo, México”, donde combinan el análisis FODA con un análisis PEST, y se analizan los factores políticos, económicos, sociales y tecnológicos más amplios, y proporciona una

macrovisión ambiental. En su estudio adicionan el aspecto ambiental por lo que resulta el método PESTA.

Se eligió esta metodología porque propone un análisis interdisciplinario, donde los componentes hidrogeológicos y socioeconómicos están vinculados entre sí. Esto contribuye a la propuesta y el diseño de los escenarios futuros, al integrar las dimensiones que contribuyen con el desarrollo sustentable.

Licitación del proyecto del acueducto valle de Guadalupe/alternativa de solución

La alternativa para satisfacer la demanda futura de agua para riego que aquí se estudia, es el proyecto del acueducto valle de Guadalupe, que inicialmente, y aun definido así en la licitación, consiste en la construcción de un sistema para la conducción de 1,000 L/s de aguas tratadas, desde las plantas de tratamiento Arturo Herrera y La Morita, ubicadas en la ciudad de Tijuana, con capacidad de tratamiento al día de hoy de 460 y 254 L/s respectivamente (CESPT, 2018). La idea era aprovechar los recursos hídricos y de infraestructura con los que se cuenta actualmente en las instalaciones de la CESPT, donde el agua tratada cumple con las normas oficiales en la materia (NOM-003-SEMARNAT-1997). Dicho proyecto se denomina “Diseño, Construcción, Equipamiento y Operación del Sistema de Conducción de Agua Recuperada para el valle de Guadalupe”, en el municipio de Ensenada, y se encuentra bajo el código 001-2018, de acuerdo a la CESPT, 2018. Consiste en la conducción y aprovechamiento de las ART de dichas plantas a la región vitivinícola del valle de Guadalupe, con el que se pretende conseguir:

- Abatir el déficit existente en el acuífero 027.
- Recuperar los niveles freáticos.
- Incrementar hasta 5 mil las hectáreas productivas en el valle.
- Lograr un incremento de hasta 15 mil toneladas en la producción de uvas.
- Generar más de 525 empleos directos (CONAGUA, 2014).

De acuerdo con las bases de la licitación (CESPT, 2018), el ART será traída desde Tijuana, ya que, debido al crecimiento demográfico en el estado, principalmente en esta ciudad, tiene el mayor volumen de agua disponible para su uso. Los volúmenes de ART reutilizadas en las ciudades más importantes de Baja California son: Mexicali con 47.5

Mm³, en Ensenada 4.2 Mm³, en Tijuana solo 5.5 Mm³ de agua al año, utilizados respectivamente.

La licitación del proyecto falló en favor de la empresa ODIS Asversa, S.A. DE C.V., el día 12 de abril del 2018. Cabe mencionar que esta fue la única empresa que presentó propuesta en la recepción y apertura de proposiciones de la CESPT, a pesar de que Planta Pura, S. De R.L. de C.V., Aquilea México, S.A. de C.V., Suez Medio Ambiente México, S.A. de C.V. y Lamina y Placa Comercial S.A. de C.V., presentaron sus cuestionarios en la segunda y tercera junta de aclaraciones, celebrada el 8 de enero de 2018 con el objetivo de que los ciudadanos, concursantes y funcionarios presentes, pudieran cuestionar las aclaraciones necesarias pendientes del proyecto. Según la entrevista realizada al Gerente de Operaciones de COTAS valle Guadalupe, quien estuvo presente durante la licitación, esto se debió, según los concursantes, al tiempo disponible que tuvieron para elaborar la propuesta, ya que la empresa ganadora había estado trabajando durante dos o tres años previos a la licitación en la elaboración de la ésta para el proyecto del acueducto valle de Guadalupe.

Dicha empresa cuenta con 46 años de experiencia en ART y 26 operando en México (ODIS Asversa, 2018) y presume que esta iniciativa no fue solicitada por el gobierno del estado, sino que ellos la presentaron bajo la premisa de que en el valle de Guadalupe estaba en búsqueda de fuentes alternas de abastecimiento y que por otro lado se buscaba dejar de descargar aguas en Mission Bay, en San Diego, California, para así recuperar estas playas bajo las regulaciones de la organización Wild Cost. En este sentido, el gobierno del estado solo ha fungido como facilitador entre los productores y la empresa, pues el costo del proyecto será totalmente cubierto por el sector vitivinícola.

El contrato de licitación negociado hasta la fecha es de 30 años, y la tecnología con la que se pretende tratar el agua ha comprobado su eficiencia en Francia e Israel, e incluye la eliminación de sales no aptas para la vida. Recordaron que otro tema importante para ellos es que el nacimiento de estas aguas se da en el Rio Colorado, y que es agua de muy buena calidad, que no contiene exceso de minerales ni metales, por lo que para ellos va a ser relativamente fácil el tratamiento. Los valores de los parámetros de calidad

de agua que propuso ODIS Adversa a entregar son los presentados en la tercera columna de la Tabla 18.

Tabla 18. Parámetros de calidad de las ART que se usarán en el proyecto del acueducto del valle de Guadalupe propuestos por la empresa ODIS Asversa.

Parámetro	Efluente solicitado por vinicultores	Efluente Odis Asversa	Unidades
SDT	<1100	623.15	mg/L
Conductividad	1.2-1.9	1.13	mS/cm
pH	6 a 8	7-7.5	-
No se incluyen los valores de Cloro residual debido a que la desinfección se realizará con UV			
*Coliformes fecales	<200	24	NMP/100mL
*Huevos de Helminto	<1	0	h/L
*DBO ₅	<15	5	mg/L
*Grasas y aceites	<15	2	mg/L
*SST	<20	5	mg/L
Turbidez	<2	1	NTU
Razón de adsorción de sodio	<5	<5	-
Sodio	<250	72.7	mg/L
Calcio	<200	165.2	mg/L
Magnesio	<40	0.19	mg/L
Boro	<1	<1	mg/L
COT	<20	6.3	mg/L
Fosforo en fosfato	<20	0	mg/L
Nitrógeno en nitrato	<10	0.063	mg/L
Nitrógeno en amonio	<5	4.2	mg/L
**Cloruro	<500	58.2	mg/L
**Bicarbonato	<200	152.3	mg/L
**Sulfato	<400	132.9	mg/L
Potasio	<80	8.3	mg/L
Aluminio	<5	3	mg/L
*Arsénico	<0.1	<0.1	mg/L
Berilio	<0.1	<0.1	mg/L
*Cadmio	<0.01	<0.01	mg/L
*Cianuros	<2	<2	mg/L
Cobalto	<0.05	<0.05	mg/L
*Cobre	<0.2	<0.2	mg/L
*Cromo	<0.1	<0.1	mg/L
Flúor	<1	<1	mg/L
Fierro	<5	<5	mg/L
Litio	<2.5	<2.5	mg/L
Manganeso	<0.2	0.19	mg/L
*Mercurio	<0.01	<0.01	mg/L
Molibdeno	<0.01	<0.01	mg/L
*Níquel	<0.2	<0.2	mg/L
*Plomo	<5	<5	mg/L
Selenio	<0.02	<0.02	mg/L
Vanadio	<0.1	<0.1	mg/L

Parámetro	Efluente solicitado por vinicultores	Efluente Odis Asversa	Unidades
*Zinc	<2	<2	mg/L
Virus	Deben ser valorados		N/A
Contaminantes emergentes	Deben ser valorados		N/A
Contaminantes orgánicos persistentes	Deben ser valorados		N/A
Compuestos organoclorados	Deben ser valorados		N/A

(*) Parámetros mencionados en la NOM-003-SEMARNART-1997 para contaminantes en las ART que se reúsen en servicios al público. (**) Iones no balanceados pendientes por corregir. Fuente: CESPT, 2018.

Modificaciones finales del proyecto del acueducto del valle de Guadalupe

Como se mencionó en la licitación del proyecto, originalmente el acueducto valle de Guadalupe consistía en el tratamiento del efluente de dos plantas de tratamiento de AR de Tijuana, sin embargo, estas plantas no están operando en su máxima capacidad, por lo que el volumen real sumado que tratan estas dos plantas es de aproximadamente 400 L/s, por lo que harían falta obras complementarias para reunir los 600 L/s restantes para cubrir con el volumen que se otorgará al valle de Guadalupe. Por ello, ODIS Asversa presentó un nuevo plan donde propone dirigir su recurso para la construcción de una nueva planta de tratamiento de AR, donde se procesen los 1,000 L/s, con lo que Tijuana podría incrementar su porcentaje de saneamiento, y el volumen de las otras plantas se puede reutilizar con fines de otro tipo, y el de la nueva planta se prevé destinado para uso exclusivo de riego de vid por el momento.

De acuerdo con el director general de ODIS Asversa, este cambio obedeció a una iniciativa de su empresa, pero consensada tanto con los productores, como con el gobierno del estado, obteniendo la aprobación de ambos. Defendió que la razón principal es completar el saneamiento de la ciudad de Tijuana. Esta decisión además estuvo enfocada en la problemática de las descargas que realizan al océano de agua tratada o de agua cruda. Otra de las razones que los motivó a transformar el proyecto es que están dependiendo de un competidor (el cual opera las plantas de La Morita y Arturo Herrera), ya que al momento de la contratación a ambos los pondría en una condición de vulnerabilidad, porque si ellos no cumplían con la calidad del agua que se estaba

pactando y con la cantidad, debería de haber una penalización, razón que dejaba a la CESPT y a los operadores de las plantas en una condición crítica frente a ellos, pero a su vez limitaba a ODIS Asversa para poder cumplir a cabalidad con la obligación que adquirieron con los productores de llevar agua en cantidad y calidad.

En esta entrevista, también se explicó que este proyecto se está visualizando en 3 etapas, la primera de ellas es los 1,000 L/s de Tijuana para abastecer a Guadalupe, un poco a Ojos Negros y San Antonio y en la segunda etapa atender a San Vicente y a Santo Tomás con agua residual de Ensenada, y por último en la tercera etapa, para las regiones complementarias. Se identificaron arriba de 600 productores en los 5 valles, que serían beneficiados con el proyecto, en esta primera etapa se estarían atendiendo a cerca de 400, que conforman el padrón de usuarios de valle de Guadalupe y Ojos Negros. Este padrón no ha sido revelado hasta el momento.

El costo inicial que se había propuesto por m³ era de 10.78 m.n., sin embargo, debido a las inversiones para las obras complementarias que se tendrán que realizar, este precio será modificado. Las obras complementarias iban a ejecutarse por la CESPT antes del año 2022, no obstante, la necesidad de agua para el valle de Guadalupe era inmediata, por lo que no se podía esperar hasta el 2022 para recibir el caudal completo.

El esquema de cobranza es un tema de innovación tecnológica, se tendrán medidores que cuantificarán de manera inmediata la cantidad de agua que va pasando por el medidor, estos medidores están conectados vía satélite, y en un software se podrá saber cuánta agua está recibiendo cada productor; al final del mes se emitirá un reporte de la cantidad que se obtuvo de manera instantánea y el volumen total, se emitirá una factura que el productor recibirá vía electrónica y física, con la instrucción de pago a un fideicomiso de administración-garantía y fuente de pago, en el que se van a recibir todos los pagos de todos los productores o usuarios de esta agua revitalizada. Este fideicomiso va a distribuir el pago a bancos (en los intereses por el uso del dinero), capital de trabajo, capital de conservación y mantenimiento y la contraprestación que va a recibir la CESPT por el agua residual. Aún se está negociando con los productores para que este pago sea domiciliado y referenciado, es decir, automáticamente de su cuenta de banco se va a extraer el dinero para transferirlo al fideicomiso y se va a emitir una instrucción al

usuario (de que ha sido pagada esa factura), a la CESPT y a ODIS Asversa para tener un control de una cartera de pronto pago.

Durante el primer simposio sobre el agua en el valle de Guadalupe, solamente se reveló que el trayecto pasaría del sureste de Tijuana hasta el valle de Guadalupe y que se está trabajando con los productores para conocer cuáles serían los puntos óptimos de entrega, y que cada uno de ellos tendría que hacer las conexiones necesarias para aprovechar sus polígonos de desarrollo agrícola.

En cuanto al tratamiento que recibirán las AR se explicó que el proceso de depuración de los contaminantes se basa en 2 etapas:

- 1) Tratamiento primario: reducción de la cantidad de SST y la carga de contaminantes orgánicos, que se refleja en el parámetro de DBO₅, partiendo de 600-700 mg/L DBO₅ y SST hasta alcanzar los 10 mg/L para ambos. Esto se logra a través de los siguientes pasos:
 - remoción de basura (botellas, pañales, trapos, etc.) a través de la tecnología patentada de ODIS Asversa de filtración avanzada autolimpiable, denominada ODISMATIC.
 - remoción de arena (tierra, arena, gravilla).
 - remoción de grasas y aceites emulsionados.
 - ajuste de pH.
 - remoción de carga orgánica.
 - separación de solido-liquido, clarificación y espesamiento de lodos.

- 2) Tratamiento secundario: reducción de SDT. Una vez eliminada la carga orgánica y los sólidos suspendidos, se tiene agua transparente pero aún con solidos disueltos que no son aptos para riego de vid, por lo que se llevan a cabo los siguientes pasos:
 - filtración en cuarzo activo a 40 micrones para eliminar los pequeños sólidos,
 - reducción del color y turbiedad,
 - intercambio iónico para la reducción del carbonato de calcio,

- control del sodio mediante adsorción y
- control de pH

Como se muestra en la Tabla 18, después de estos tratamientos se llevará a cabo una desinfección con rayos V.

Se ofreció un tratamiento adicional a cada uno de los viticultores que cuenten con cepas que así lo requieran, el cual se ajustaría a los parámetros de calidad requeridas y tendría un costo adicional.

Para asegurar el control de la calidad, se echará a andar un sistema de monitoreo (cuyas características aún se desconocen) en línea que puede dar registros históricos de calidad, cantidad, fallas, y en caso de existir algún inconveniente se tiene un sistema de agua de respaldo para compensar el tiempo de respuesta, el cual cubriría la cuota de 1,000 L/s durante 16 horas.

Resultados

CANTIDAD DE LAS ART PARA EL VALLE DE GUADALUPE

Si se estima que se bombearán 1,000 L/s entonces:

$$\frac{1m^3}{s} * \frac{60s}{1min} * \frac{60min}{1hr} * \frac{24h}{1día} * \frac{365días}{1año} = \frac{31,536,000 m^3}{año}$$

Lo que quiere decir que se dispondrá de 31,536,000 m³ aproximadamente al año. Si se utiliza una lámina de riego para vid de 6,000 m³/ha/año (citada por Mendoza-Espinosa, 2015), entonces obtenemos que:

$$\frac{31,536,000 m^3/año}{6,000 m^3/ha/año} = 5,256 ha$$

Discusión

La capacidad actual de siembra de vid en el valle de Guadalupe es de aproximadamente 3,200 ha (OEIDRUS, 2018), por lo que hay una diferencia aproximada de 2,056 ha pendientes por convertirse en cultivos productivos, lo cual empata con las pretensiones del proyecto de conseguir un incremento de hasta 5,000 ha productivas en el valle. Pero como se puede observar en la Tabla 10, y de acuerdo al ordenamiento territorial del valle (POECSAM-VG), de sus 96,051.5 ha de superficie total, quedan disponibles 1,355 ha que actualmente tienen el estatus de sin uso aparente, esta cantidad no es suficiente para cubrir la proyección de hectáreas que se convertirán en sembradíos de vid, por lo que entonces se tendría que recurrir a hacer cambios de uso de suelo en por lo menos 701 ha. Las únicas a las que se les permitiría esto, serían aquellas dentro de una UGA bajo la política ambiental de aprovechamiento con control (Tabla 11), pero se tendrá que obedecer a las especificaciones de que se permite el cambio de uso de suelo para una densidad muy baja, y para las zonas con planicies que cuentan con cultivos o para los poblados que desean crecer de manera armoniosa con el ambiente que los rodea y en coincidencia con las actividades agrícolas o agroindustriales (SPA, 2006).

La cantidad que ofrecerá es importante por dos aspectos: 1) Los productores sólo se comprometen a consumir las ART durante 8 meses, por lo que es imperativo buscar clientes para los otros 4 meses del año y clarificar en qué actividades podría ser empleada; 2) Hay un sobrante considerable de ART, comparado con lo que se requiere en la actualidad, por lo que la expansión con la que se justifica la realización de este proyecto tendrá que suceder a corto plazo para poder consumir el total de m³.

Otro punto a discutir en cuanto a la cantidad, es que el vecino valle de Napa, el cual se tomó como referente para la implementación de algunos criterios de calidad, es que, según los datos publicados en NapaSan, en el año 2017 este valle utilizó aproximadamente 14 L/s para riego de viñedos, comparado con 1,000 L/s que obtendrá el valle de Guadalupe, queda por reflexionar entonces que ante un esquema mucho más grande también se requiere magnificación en todas las medidas de planeación, precautorias, de mitigación y socialización (Espinosa-Mendoza, 2018). También se deben atender las preocupaciones de que la visión de exceso de agua para las

actividades agrícolas lleve a los que posean derechos sobre el ART, a hacer un mal uso de las mismas, es decir, pasar de un descuido y sobreexplotación del agua potable a uno sobre las ART (Espejel, 2018).

La Tabla 18 muestra la comparación de los valores de referencia requeridos en el concurso de la licitación y los que la empresa ganadora se comprometió a entregar, todos los parámetros fueron considerablemente menores en el efluente de ODIS Asversa que en el requerido. El parámetro que recibió más atención en las negociaciones y más preocupación por parte de la academia y viticultores fue el de la salinidad en las ART, que como se mencionó, se puede relacionar a través del valor de SDT, el valor de referencia que se solicitó por parte de los productores de vino para este parámetro fue de <1,100 mg/L y 800 mg/L extraoficialmente, y la empresa ganadora de la licitación se comprometió a entregar un máximo de 623 mg/L, por lo que no solo se cumplió con lo requerido sino que se superaron las expectativas de calidad en el ART que se recibirá en el valle. Aun así, como el proyecto aún no se encuentra en ejecución, el director de ODIS Asversa, reconoció que aunque ya es bien conocido que esta calidad no afectará la producción de la uva y por ende la del vino, y a pesar de que se ha explicado y garantizado que se cumplirán los parámetros establecidos en el efluente ODIS Asversa (Tabla 18) aún hay incertidumbre y es una preocupación para los productores, que se presumen desaparecerá una vez reciban, analicen y utilicen el ART en sus cultivos.

Aunque el cambio climático y la cultura del agua no son objetos de estudio en este trabajo, se consideran importantes como parte de los escenarios futuros a los que se pueda enfrentar la agricultura y las otras actividades económicas en el valle de Guadalupe. De acuerdo con los expositores del Primer simposio sobre el agua en el valle de Guadalupe, 2018, se debe estar preparado para las modificaciones en las variables que se están considerando puedan verse afectadas por el cambio climático.

Quedan algunos temas con la discusión aún abierta, la firma del contrato se llevó a cabo el día 13 de septiembre del 2018, con una vigencia de 30 años. Según el abogado de PROVINO, A.C., a los productores esta duración los deja en un estado de vulnerabilidad, ya que no cuentan con la certidumbre de que esa cantidad y precio de ART se les asegure en los años posteriores (Primer simposio sobre el agua en el valle de Guadalupe,

2018). De acuerdo con la información dada el 12 de septiembre del 2018, en una entrevista por el director general de ODIS Asversa, la empresa se manifestó de manera contundente al gobierno del estado para que se establecieran los mecanismos que garantizaran que ni ellos como empresa prestadora del servicio, ni la ley de ingresos del estado tuviera un incremento importante en el costo del agua, al menos a lo largo de estos 30 años, lo que suceda después de este periodo hasta el término de este trabajo, aún no se ha estipulado. De dicha entrevista también se extrajo que la mayor preocupación del gobierno del estado es que ellos terminen el proyecto en tiempo y que se hagan las inversiones para las que fueron contratados.

Análisis FODA del riego con ART

Recordando que a idea principal del análisis es ver cómo maximizar las oportunidades y atenuar las amenazas. La construcción de una matriz de evaluación permite la formulación de estrategias de mejora y desarrollo en el futuro (Wurl et al., 2018). El significado de sus siglas es el siguiente:

- F: Fortalezas, son factores internos.
- O: Oportunidades, son factores externos.
- D: Debilidades, son factores internos.
- A: Amenazas, son factores externos.

Y recordando la metodología, el siguiente análisis es una matriz FODA que está dividida en los factores PESTA (político, económico, social, tecnológico y ambiental), ya que de acuerdo a Wurl y colaboradores (2018), todos estos factores pueden tener un profundo impacto en el desempeño de la gestión socio-hidrológica.

FORTALEZAS	P	<ul style="list-style-type: none"> • Existe conocimiento legal de parte de los productores sobre sus derechos del agua y están alertas a las cláusulas del contrato del acueducto valle de Guadalupe. • UABC y CICESE tienen un historial de estudios sociales y técnicos en el VG y existe disposición de ponerlos al alcance de las instituciones gubernamentales o de trabajar en conjunto. • Se ofertan programas académicos formales que son útiles para el diagnóstico del uso de ART en riego de vides en el VG. • Los viticultores se apoyaron en la academia para la toma de decisiones en la aplicación del acueducto valle de Guadalupe
	E	<ul style="list-style-type: none"> • El precio será negociado entre los viticultores y la empresa ODIS Asversa (la tarifa no es fijada por ningún nivel de gobierno). • Se presume que el precio del ART será ligeramente inferior al del agua potable.
	S	<ul style="list-style-type: none"> • Existe una población identificada con actividades agrícolas. • Algunos productores participan en asociaciones. • Los actores clave son conscientes de la necesidad de fuentes alternas de abastecimiento de agua. • Los productores están de acuerdo en implementar el uso de ART para enfrentar la escasa disponibilidad de agua. • Medios de comunicación involucrados en la comunicación del proceso decisivo. • Incremento del porcentaje de saneamiento del drenaje de Tijuana. • Riesgos para la salud eliminados, debido a la posibilidad disminuida/eliminada de la presencia de un amplio espectro de patógenos y parásitos.
	T	<ul style="list-style-type: none"> • El tren de tratamiento que se aplicará empata con aquellos sugeridos en la literatura especializada para riego de viñedos. • Tecnología de tratamiento probada con éxito en otros países. • Sistemas de control de calidad remotos y con capacidad de análisis estadísticos históricos. • Se presume que el tratamiento que se llevará a cabo, entregará ART con una calidad competitiva con la que se riega el valle de Napa en California, por lo que no se compromete ni la salud ambiental ni la humana. • Agua de respaldo para compensar tiempo de respuesta de fallas. • Cantidad suficiente para abastecer la demanda hídrica de la zona.
	A	<ul style="list-style-type: none"> • Las ART son ricas en nutrientes, permitiendo reducir, y en algunos casos eliminar, la necesidad del uso de fertilizantes. • Reducción del aporte de contaminantes a los cuerpos receptores. • Reducción de las demandas de agua potable. • Conservación del acuífero debido a la disminución en la extracción de agua. • Riesgos para los cultivos regados con ART eliminados, debido a la posibilidad disminuida/eliminada de la presencia de un amplio espectro de patógenos y parásitos.

OPORTUNIDADES	P	<ul style="list-style-type: none"> • Modificación a la normatividad mexicana para incluir aspectos agronómicos. • Legislación y política de protección del ambiente y el cuidado del agua. • Generar medios de transparencia y acceso a la información. • Gestión del agua que proyecte el riego de vid adaptado a los diferentes escenarios en los cuales se considere el cambio climático. • Estudios de parámetros relevantes para la agricultura en la zona de estudio, actualizados y publicados oficialmente. • Socialización del proyecto y cultura del agua a través de los medios de comunicación.
	E	<ul style="list-style-type: none"> • Existe una demanda internacional de los productos agrícolas. • Expansión de la superficie productiva de vid. • Entre los objetivos del proyecto se encuentra la generación de empleos. • Mayor producción de vinos. • Incremento en las actividades turísticas, culturales gastronómicas y recreativas.
	S	<ul style="list-style-type: none"> • Existencia en la región de centros de capacitación técnica profesional en agricultura, agua, etc. que se pueden especializar en ART. • Experiencias exitosas en materia de uso de ART para riego de viñedos a nivel mundial. • Se pueden implementar campañas que sensibilicen a la población con el valor del agua en general y el valioso potencial del ART.
	A	<ul style="list-style-type: none"> • Disponibilidad de agua superficial. • Recarga del acuífero en periodos donde no se riega la vid. • El volumen disponible de las plantas de La Morita y Arturo Herrera puede ser utilizado para otros fines de reúso.
DEBILIDADES	P	<ul style="list-style-type: none"> • La normatividad mexicana es muy laxa, no especifica parámetros de relevancia para el riego de vid. • Los estudios de parámetros relevantes como SDT más recientemente publicados son de 6 años anteriores al fallo de la licitación del proyecto del acueducto VG. • Marco legal que no incluye el mercado del agua. • Las autoridades carecen de credibilidad con respecto al tratamiento y a la calidad del AR.
	E	<ul style="list-style-type: none"> • El proyecto no cuenta con ningún subsidio gubernamental hasta el momento.
	S	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de cultura del agua.
	A	<ul style="list-style-type: none"> • El excedente de agua, ya que actualmente no existen la superficie cultivada que se alcanza a regar con 1,000 L/s. • No existe una superficie con potencial cultivable disponible en la actualidad, por lo que el crecimiento promueve la transformación de hectáreas que actualmente se encuentran bajo otro tipo de uso de suelo y una política ambiental de aprovechamiento con control.
AMENAZAS	P	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de socialización del proyecto/educación ambiental. • Falta de regularización del uso de ART.
	E	<ul style="list-style-type: none"> • Contrato de 30 años no asegura se respete el suministro y/o precio del agua para el riego del valle de Guadalupe después de este período.
	S	<ul style="list-style-type: none"> • Falta de cultura del agua que puede llevar a un desperdicio o mal uso de las ART.
	A	<ul style="list-style-type: none"> • Cambio climático.

CONCLUSIONES GENERALES

La calidad del ART que proveerá ODIS Asversa permitirá abrir una discusión de los otros giros para los que puede utilizarse, ya que al menos para vid, se encontró evidencia suficiente de que cumple con lo necesario para disminuir los riesgos agronómicos y de salud pública y no compromete el prestigio de la región vitivinícola.

Si bien el plan de reúso de las ART para riego empata con las metas de los planes y programas analizados para este estudio, el proyecto ejecutivo del acueducto aún se encuentra pendiente hasta el momento. Por lo tanto, este trabajo terminal aspira, en el mejor de los casos, a ser un diagnóstico de las implicaciones del uso de ART para riego en vides, el documento que ayude a entender el contexto social, político y ambiental del valle de Guadalupe y así facilitar la implementación del proyecto, y finalmente, a ser como una línea base para realizar los estudios de factibilidad oficiales.

Los aspectos de calidad y cantidad son los dos principales por atender, de estos se desprenderán las demás consideraciones. Existe una gran ventaja en la factibilidad del proyecto del acueducto del valle de Guadalupe: hay otras experiencias donde se ha llevado a cabo el riego de cultivos con ART que pueden servir como base. Por ejemplo, el caso del valle de Napa (California) ayuda a mejorar la confianza en que, con al menos cumplir con los parámetros utilizados, no se compromete la salud humana ni la ambiental, y además se cumple con los requisitos agronómicos para no perjudicar a la planta o al suelo.

Ya que el valle de Guadalupe se ha convertido en un polo de atracción y prestigio para diversas actividades, y para que el proceso de transición a esta práctica sea más fluido, se debe considerar que contamos con suficiente información científica y datos técnicos generados desde diversas disciplinas que pueden apoyar el diseño y la implementación de proyectos y políticas públicas, que integren a la ciencia y a las perspectivas de quienes se convierten en actores clave, afectados e interesados, en el manejo del agua en el valle. Se requiere entonces tomar decisiones sobre la base de la mejor evidencia científica disponible sobre el reúso de ART. La normatividad eventualmente debe

adaptarse a las necesidades de los nuevos mercados, como lo son el uso de ART para riego agrícola.

El acceso a la información es importante para los actores clave, para que se ejecute este proyecto, pero también para generar un ambiente de confianza entre aquellos consumidores y personas o mercados que resulten relacionados. Una lección que se puede aprender del valle de Napa, es que el distrito de riego cuenta con un portal de Internet donde se puede encontrar, desde las pruebas que se hicieron para aprobar el proyecto, hasta precios, pruebas de calidad y cualquier información relevante en medio de una interfaz muy amigable. La planificación de programas que realmente se apliquen, involucrar a la comunidad en la toma de decisiones, realizar una evaluación sólida y comunicar los resultados son también parte de esta misma meta.

Lo que suceda con el excedente de agua que se obtendrá del proyecto, será decisión de las negociaciones entre los empresarios viticultores y ODIS Asversa, pero ésta es una atenta invitación a que se considere que, para que este proyecto tenga una visión a largo plazo, se debe tener mucho cuidado en no caer en prácticas de desperdicio. Entre las lecciones claves se encontró que es de suma importancia una fuerte educación ambiental, donde a cada uno de los ciudadanos se les inculca el alto valor que tiene este recurso, la búsqueda de métodos de riego que sean más eficientes y que en países pioneros como Israel se hace uso de los acuíferos como reservorios.

El reúso planeado de ART ha generado resultados positivos en diversas partes del mundo, ya que incrementa el potencial aprovechable de los recursos hídricos, y por lo tanto, contribuye al alcance del desarrollo sustentable, tomando en cuenta sus tres pilares, la dimensión social, la económica y la ambiental.

REFERENCIAS

- Acosta Zamorano, D. (2014). *Evaluación fisiológica y socioeconómica del uso de agua residual tratada para la irrigación de vid en el Valle de Guadalupe, Baja California, México* (Tesis doctoral). Universidad Autónoma de Baja California, México.
- Agencia Fronteriza de Noticias (9 de agosto de 2017). Rechazan aguas tratadas para Ruta del Vino. *Agencia Fronteriza de Noticias*. Recuperado de http://www.afntijuana.info/politica_y_gobierno/74040_rechazan_aguas_tratadas_para_ruta_del_vino
- Agua residual para riego en Valle de Guadalupe, propone Gobernador "Kiko" Vega a Conagua (2018). *Periodismo Negro*. Recuperado de <https://www.periodismonegro.mx/2018/01/15/agua-residual-riego-en-valle-guadalupe-propone-gobernador-kiko-vega-a-conagua/>
- Al-Nakshabandi, G. A., Saqqar, M.M., Shatanawi, M.R. , Fayyad, M. & Al-Horani, H. (1994). Some environmental problems associated with the use of treated wastewater for irrigation in Jordan. *Agricultural Water Management*, 34, 81-94,
- Asano, T. & Levine, A. D. (2004). Recovering sustainable water from wastewater. *Environmental science & technology*, 201a.
- Ayers, R.S. & Westcot, D.W. (1985). Water quality for agriculture. *FAO Irrigation and Drainage*, 29, 174 pp.
- Blumenthal, U.J., Mara, D.D., Peasey, A., Ruiz-Palacios, G. & Stott, R. (2000). Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines. *Bulletin of the World Health Organization*, 78(9), 1104-1116
- Botello, B. E. (25 de marzo de 2018). En riesgo, vides de Baja California por escasez de agua. *Crónica*. Recuperado de <http://www.cronica.com.mx/notas/2018/1071163.html>
- California Code of Regulations California Department of Public Health (2014). *Regulations Related to Recycled Water. Title 22, Division 4, Chapter 3*. Recuperado de <https://www.cityofventura.ca.gov/DocumentCenter/View/6327/Regulations-Related-to-Recyclecd-Water>
- CESPT (2018). *Artículo de Aguas Residuales*. Recuperado de https://www.cespt.gob.mx/culturaagua/articulo_aguaresiduales.html
- CESPT (2011). *El reuso del agua*. Recuperado de <http://www.cuidoelagua.org/empapate/usoeficiente/lineamorada4.html>
- CESPT (s.f.). *Planta de tratamiento la morita. El reuso: una alternativa presente para atender el futuro*.
- CONAGUA (2015). *Actualización de la disponibilidad media anual de agua en el acuífero Guadalupe (0207), estado de Baja California*. Recuperado de https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/103407/DR_0207.pdf.

- CONAGUA (2015). *Reutilización de aguas residuales en México: Caso Sonora*. Informe técnico elaborado por Ariel Cohen, Hadas Mamane, Yaal Lester. Israel: TAU Water Research Center/ Tel Aviv University. Recuperado de <http://files.conagua.gob.mx/transparencia/REUTILIZACION-C3%93N-AR-SON.pdf>
- Consejo Ciudadano de Baja California (2016). *Programa hídrico del estado de Baja California visión 2035*. Recuperado de <http://www.consejociudadanobc.org/wp-content/uploads/2017/03/9-Plan-Hidrico-Parcial.pdf>.
- COTAS Valle de Guadalupe (2013). *Actualización de la concentración de SDT en el acuífero del Valle de Guadalupe, junio del 2013*. Recuperado de <http://cotas.comtitec.com/documentos/carpeta/15>
- De la Cruz, N., Giménez, J., Esplugas, S., Grandjean, D., Alencastro, L.F & Pulgarín C (2012). Degradation of 32 emergent contaminants by UV and neutral photo-fenton in domestic wastewater effluent previously treated by activated sludge. *Water Research*, 46(6), 1947-1957.
- Diario Oficial de la Federación (4 de enero del 2018). *ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las Regiones Hidrológico-Administrativas que se indican*. Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5510042&fecha=04/01/2018.
- Diario Oficial de la Federación (20 de abril del 2015). *ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican*. Recuperado de http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5389380&fecha=20/04/2015.
- Diario Oficial de la Federación (20 de diciembre del 2013). *ACUERDO por el que se actualiza la disponibilidad media anual de agua subterránea de los 653 acuíferos de los Estados Unidos Mexicanos, mismos que forman parte de las regiones hidrológico-administrativas que se indican*. Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5327360&fecha=20/12/2013.
- Diario Oficial de la Federación (21 de septiembre de 1998). *Norma Oficial Mexicana NOM-003-SEMARNART-1997, Que establece los límites máximos permisibles de contaminantes para las aguas residuales tratadas que se reusen en servicios al público*. Recuperado de http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4893449&fecha=21/09/1998
- Durán, L. (22 de febrero de 2016). Fracasa plan de aguas tratadas Tijuana-Rosarito. *Frontera*. Recuperado de <http://www.frontera.info/EdicionEnLinea/Notas/Noticias/22022016/1055714-Fracasa-plan-de-aguas-tratadas-Tijuana-Rosarito.html>
- El Ayni, F., Cherif, S., Jrad, A. & Trabelsi-Ayadi, M. (2011). Impact of Treated Wastewater Reuse on Agriculture and Aquifer Recharge in a Coastal Area: Korba Case Study. *Water Resource Manage (2011)*, 25, 2251–2265.

- Escalante, V.; Cardoso, L.; Moeller, G.; Mantilla, G.; Montecillos, J.; Servín, C. & Villavicencio, F. (2005). El reúso del agua residual tratada en México. *Seminario Internacional sobre métodos naturales para el tratamiento de aguas residuales*. Seminario llevado a cabo por el Instituto Cinara, Universidad del Valle, Colombia.
- Espejel, I. (agosto de 2018). ¿Qué queremos que todos sepan?: observatorios participativos. *Primer Simposio sobre el agua en el Valle de Guadalupe, B. C.* Simposio llevado a cabo por la Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones Oceanológicas & Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo, México.
- Espejel, I., Fischer, D.W., Hinojosa, A., García, C. & Leyva, C. (1999). Land-use planning for the Guadalupe Valley, Baja California, México. *Landscape and Urban Planning*, 45(4), 219-232.
- EPA (2012). *2012 Guidelines for Water Reuse*.
- Firman convenio de colaboración CESPT Y CIDETEQ (2013). *CESPT Noticias*. Recuperado de <http://www.cespt.gob.mx/ServNoticias/VerNoticia.aspx?id=520>
- García, J. (24 de abril de 2018). Vitivinicultores aceptan proyecto de agua tratada. *Crónica*. Recuperado de <http://www.lacronica.com/EdicionEnLinea/Notas/Ensenada/24042018/1332962-Vitivinicultores-aceptan-proyecto-de-agua-tratada.html>
- García, J. (24 de abril de 2018). Vitivinicultores aceptan proyecto de agua tratada. *Frontera*. Recuperado de <https://www.frontera.info/EdicionEnLinea/Notas/Ensenada/24042018/1332962-Vitivinicultores-aceptan-proyecto-de-agua-tratada.html>
- García, J. (23 de abril de 2018). Vitivinicultores están abiertos al proyecto de agua tratada. *Frontera*. Recuperado de <http://www.frontera.info/EdicionEnLinea/Notas/Ensenada/23042018/1332776-Vitivinicultores-estan-abiertos-al-proyecto-de-agua-tratada.html>
- García, J. (19 de abril de 2018). Llevarán aguas tratadas al Valle. *Frontera*. Recuperado de <https://www.frontera.info/EdicionEnLinea/Notas/Ensenada/19042018/1331588-Llevaran-aguas-tratadas-al-Valle.html>
- García, J. (9 de julio 2017). Rechazan usar agua tratada en el Valle. *Frontera*. Recuperado de <http://www.frontera.info/EdicionEnLinea/Notas/Ensenada/07092017/1253309-Rechazan-usar-agua-tratada-en-el-Valle.html>
- García, J. (11 de junio de 2017). Sí al agua tratada en el Valle pero con estudios: Investigador. *Frontera*. Recuperado de <http://www.frontera.info/EdicionEnLinea/Notas/Ensenada/06112017/1272483-Si-al-agua-tratada-en-el-Valle-pero-con-estudios-Investigador.html>
- García, J. (22 de mayo 2017). Proponen reúso del agua en viñedos ante desabasto. *Frontera*. Recuperado de <http://www.frontera.info/EdicionEnLinea/Notas/Noticias/22052017/1217708-Proponen-reuso-del-agua-en-vinedos-ante-desabasto.html>

- García, J. (9 de mayo de 2017). Vitivinícolas utilizarán agua tratada para el riego. *Frontera*. Recuperado de <http://www.frontera.info/EdicionEnLinea/Notas/Ensenada/05092017/1252839-Vitivincolas-utilizaran-agua-tratada-para-el-riego.html>
- Garza Almanza, V. (2000). Reúso agrícola de las aguas residuales de Cd. Juárez, (Chih., México). En el Valle de Juárez y su impacto en la salud pública. *RESPYN Revista de Salud Pública y Nutrición*, 1(3).
- Gil, M. J., Soto, A. M., Usma, J. I. & Gutiérrez, O. D. (2012). Contaminantes emergentes en aguas, efectos y posibles tratamientos. *Producción + limpia*, 7(2), 52-73.
- Gobierno Federal, SEMARNART & CONAGUA (s.f.). *Guía Identificación de actores clave*.
- Gobierno del Estado de Baja California y CESPT (2018). *Fallo*. Recuperado de http://www.cespt.gob.mx/Documentos/Licitaciones/lic_docs/2018/001-2018_AUDIENCIA%20DE%20FALLO.pdf
- Gobierno del Estado de Baja California & CESPT (2018). *Junta de aclaraciones*. Recuperado de http://www.cespt.gob.mx/Documentos/Licitaciones/lic_docs/2018/001-2018_JUNTA%20ACLARACIONES.pdf
- Gobierno del Estado de Baja California & CESPT (2018). Recepción y apertura de proposiciones. Recuperado de http://www.cespt.gob.mx/Documentos/Licitaciones/lic_docs/2018/001-2018_APERTURA%20TECNICA-ECONOMICA.pdf
- Gobierno del Estado de Baja California & CESPT (2018). *Segunda junta de aclaraciones*. Recuperado de http://www.cespt.gob.mx/Documentos/Licitaciones/lic_docs/2018/001-2018_JUNTA%20ACLARACIONES-SEGUNDA.pdf
- Gobierno del Estado de Baja California & CESPT (2018). Tercera junta de aclaraciones. Recuperado de http://www.cespt.gob.mx/Documentos/Licitaciones/lic_docs/2018/001-2018_JUNTA%20ACLARACIONES-TERCERA.pdf
- Gobierno Federal y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (2012). *Programa hídrico regional visión 2030*. Recuperado de <http://www.conagua.gob.mx/conagua07/publicaciones/publicaciones/1-sgp-17-12pbc.pdf>
- Gómez-López, M.D, Bayo, J., García-Cascales, M.S. & Angosto, J.M. (2009). Decision support in disinfection technologies for treated wastewater reuse. *Journal of Cleaner Production*, 17, 1504-1511.
- Hares, S. (27 de noviembre de 2017). Tijuana turns wastewater into wine, as Latin America dips toe in reuse. *Reuters*. Recuperado de <https://www.reuters.com/article/us-latam-environment-water/tijuana-turns-wastewater-into-wine-as-latin-america-dips-toe-in-reuse-idUSKBN1DR1K1>
- Inbar, Yossi (2007). New standards for treated wastewater reuse in Israel. *Wastewater Reuse–Risk Assessment, Decision-Making and Environmental Security*, 291–296.
- Industrial New Diseño (26 de octubre de 2017). Preocupa escasez de agua en Valle de Guadalupe. *Industrial News Baja California*. Recuperado de

<https://www.industrialnewsbc.com/2017/10/26/preocupa-escasez-de-agua-en-valle-de-guadalupe/>

- Jiménez Cisneros, B. E. (octubre de 2002). Riego agrícola con agua residual y sus implicaciones en la salud. Caso práctico. *XXVIII Congreso Interamericano de Ingeniería y Sanidad Ambiental, 2002*. Congreso llevado a cabo por ADIS & FEMISCA, Cancún, México.
- Llamas, L. (22 de febrero de 2014). En análisis, el uso de aguas tratadas en el Valle de Guadalupe. *Milenio*. Recuperado de <http://www.milenio.com/estados/en-analisis-uso-de-aguas-tratadas-en-el-valle-de-guadalupe>
- Levy, G. J., Fine, P. & Bar-Tal, A. D. (2011). *Treated Wastewater in Agriculture: Use and impacts on the soil environment and crops*. Israel: Blackwell Publishing Ltd.
- López, V. & Sotelo, C. (2014). Los vinos del Valle de Guadalupe: análisis de su comercialización. *European Scientific Journal*, 10(4), 90-106.
- Madrigal, Nicté (9 de agosto de 2017). Rechazan agua de reuso. *El Vigía*. Recuperado de <http://www.elvigia.net/general/2017/9/8/rechazan-agua-reuso-282118.html>
- Madrigal, Nicté (10 de octubre de 2015). Urgente reutilizar las aguas tratadas. *El Vigía*. Recuperado de <http://www.elvigia.net/general/2015/10/7/urgente-reutilizar-aguas-tratadas-213380.html>
- Marin, P., Tal, S., Yeres, J. & Ringskog, K. (2017). Water Management in Israel, Key Innovations and Lessons Learned for Water-Scarce Countries. *World Bank Group, water global practice, (technical paper)*.
- Méndez Cervantes, P. (2012). *Modelación hidrogeológica de acuíferos de la cuenca de Guadalupe, Baja California* (Tesis de maestría). Universidad Autónoma de Querétaro, México.
- Mendoza-Espinosa, L.G. (agosto de 2018). Irrigación de viñedos en el valle de Napa, ¿qué lecciones podemos aprender?. *Primer Simposio sobre el agua en el Valle de Guadalupe, B. C.* Simposio llevado a cabo por la Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones Oceanológicas & Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo, México.
- Mendoza-Espinosa, L.G., Acosta-Zamorano, D., Calderón de la Barca, N. & Cabello-Pasini, A. (2015). Public acceptance of the use of reclaimed water for the irrigation of vineyards: a case study in Guadalupe Valley, Mexico. *Water Resources Management VIII*, 196, 221-231.
- Mendoza-Espinosa, L.G, Cabello-Pasini, A., Macias-Carranza, V.; Daessle-Heuser, W, Orozco-Borbón, V. & Quintanilla-Montoya, A. L. (2008). The effect of reclaimed wastewater on the quality and growth of grapevines. *Water Science & Technology*, 57(9), 1445–1450.
- Mendoza-Espinosa, L.G., Orozco-Borbón, M. V. & Silva-Nava, P. (2004). Quality assessment of reclaimed water for its possible use for crop irrigation and aquifer recharge in Ensenada, Baja California, Mexico. *Water Science and Technology*, 50(2), 285–291.
- Mizyed, R. N. (2012). Challenges to treated wastewater reuse in arid and semiarid areas. *Environmental Science & Policy*, 25, 186-195.

- Montecelos, Y. (agosto de 2018). Efecto de la variación climática bajo un escenario de cambio climático. *Primer Simposio sobre el agua en el Valle de Guadalupe*, B. C. Simposio llevado a cabo por la Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones Oceanológicas & Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo, México.
- Murillo Torres, R. M. C. (2012). *Movilidad de di(2-etilhexil)ftalato y nonilfenoles en tres clases de suelo del Valle de Tula* (Tesis doctoral) Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- Naidu, R., Arias-Espana, V. A., Liu, Y. & Joytishna, J. (2016). Emerging contaminants in the environment: Risk-based analysis for better management. *Chemosphere*, 154, 350-357.
- NapaSan (2018). Napa, California, Estados Unidos de América: Portal oficial de NapaSan. Recuperado de <http://www.napas.com/>
- NapaSan (2018). *2017 Recycled Water Annual Report*. Napa, California, Estados Unidos de América: Portal oficial de NapaSan. Recuperado de <http://www.napas.com/Pages/ContentMenu.aspx?id=109>
- Navarro, K. (20 de marzo de 2017). El agua como derecho humano. *CONACYT agencia informativa*. Recuperado de <http://www.conacytprensa.mx/index.php/ciencia/ambiente/13507-agua-en-baja-california-perspectivas-desde-la-ciencia>
- Netzer, Y., Shenker, M. & Schwartz, A. (2014). Effects of irrigation using treated wastewater on table grape vineyards: dynamics of sodium accumulation in soil and plant. *Irrigation Science*, 32, 283-294.
- Nieblas, A. (25 de octubre de 2013). Reusa Mexicali 100% de sus aguas residuales. *El Mexicano*. Recuperado de <http://www.el-mexicano.com.mx/informacion/noticias/1/3/estatal/2013/10/25/707604/reusa-mexicali-100-de-sus-aguas-residuales>
- Ochoa Movis, H. (6 de noviembre de 2009). Inicia operaciones Proyecto Morado. *El Mexicano*. Recuperado de <http://www.el-mexicano.com.mx/imprime-noticia/370783>
- ODIS Asversa (2018). *Quiénes Somos*. Ciudad de México, México: Portal oficial de ODIS Asversa. Recuperado de <http://odis.mx/quienes-somos.html>
- OEIDRUS (2018). *SEHA-BC Series Históricas Agrícolas*. Mexicali, Baja California, México: OEIDRUS y SEDAGRO. Recuperado de <http://201.140.167.37/series/>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe (2017). *Reutilización de aguas para agricultura en América Latina y el Caribe. Estado, principios y necesidades*. Recuperado de <http://www.fao.org/3/a-i7748s.pdf>
- Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe (2013). *Reutilización del agua en la agricultura ¿Beneficios para todos?*. Recuperado de <http://www.fao.org/docrep/017/i1629s/i1629s.pdf>
- P. Soderberg, C.A. (junio de 2016). Guías de EPA-2012 para la reutilización de aguas residuales para la agricultura. Transcripción y edición de ponencia ofrecida bajo el *panel de retos que*

conlleva la reutilización de aguas residuales en la agricultura. Panel llevado a cabo en Conferencia reutilización de aguas residuales para la agricultura, Universidad Metropolitana, San Juan, Puerto Rico.

Parra, G. (3 de mayo de 2014). Valle de Guadalupe resolverá problemática del agua sin afectar Tijuana. *Uniradio Informa*. Recuperado de <http://www.uniradioinforma.com/noticias/bajacalifornia/255071/valle-de-guadalupe-resolvera-problematica-del-agua-sin-afectar-tijuana.html>

Pells, C. (2014). *Water into Wine: Power and participation in local groundwater governance in Guadalupe Valley, Mexico* (Tesis doctoral). Universidad de California, Estados Unidos de América.

Peniche, Salvador & Guzmán, Manuel (2005). Hacia una gestión integral del agua en México: retos y alternativas. *Problemas del desarrollo*, 36(143), 269-273. Recuperado de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0301-70362005000400013&lng=es&tlng=es.

Periódico Oficial del Estado de Baja California (2006). *Programa de Ordenamiento Ecológico del Corredor San Antonio de las Minas-Valle de Guadalupe. Mexicali, Baja California*.

Quipuzco Ushñahua, L. E. (2004). Valoración de las aguas residuales en Israel como un recurso agrícola: consideraciones a tomar en cuenta para la gestión del agua en el Perú. *Revista del Instituto de Investigación FIGMMG*, 7(13), 64-72.

Razo, S. (9 de marzo de 2018). Recibirá agua tratada el Valle de Guadalupe. *Cadena Noticias*. Recuperado de <https://cadenanoticias.com/nacional/2018/03/recibira-agua-tratada-el-valle-de-guadalupe>

Redacción El Vigía (16 de enero de 2018). El gobernador se reunió con la Conagua para impulsar el proyecto de abastecer con el líquido a la zona vitivinícola. *El Vigía*. Recuperado de <http://www.elvigia.net/general/2018/1/16/negocian-agua-para-valle-guadalupe-293395.html>

Redacción El Vigía (24 de noviembre de 2017). En riesgo agua para Valle de Guadalupe. *El Vigía*. Recuperado de <https://www.uniradionoticias.com/noticias/ensenada/502939/en-riesgo-agua-para-valle-de-guadalupe.html>

Redacción Todos Santos (2 de junio de 2014). Recibirá Valle de Guadalupe agua tratada de la CAN. *Redacción Todos Santos*. Recuperado de <http://www.rtodos-santos.mx/354-valle-de-guadalupe/>

Redacción Todos Santos (21 de febrero de 2014). CICESE estudiará efectos de aguas tratadas en vides del Valle de Guadalupe. *Redacción Todos Santos*. Recuperado de <http://www.rtodos-santos.mx/453-cicese-valle-de-guadalupe/>

Reznik, A., Feinerman, E., Finkelshtain, I., Fisher, F., Huber-Lee, A., Joyce, B. & Kan, I. (2017). Economic implications of agricultural reuse of treated wastewater in Israel. *Ecological Economics*, 1357, 222-233.

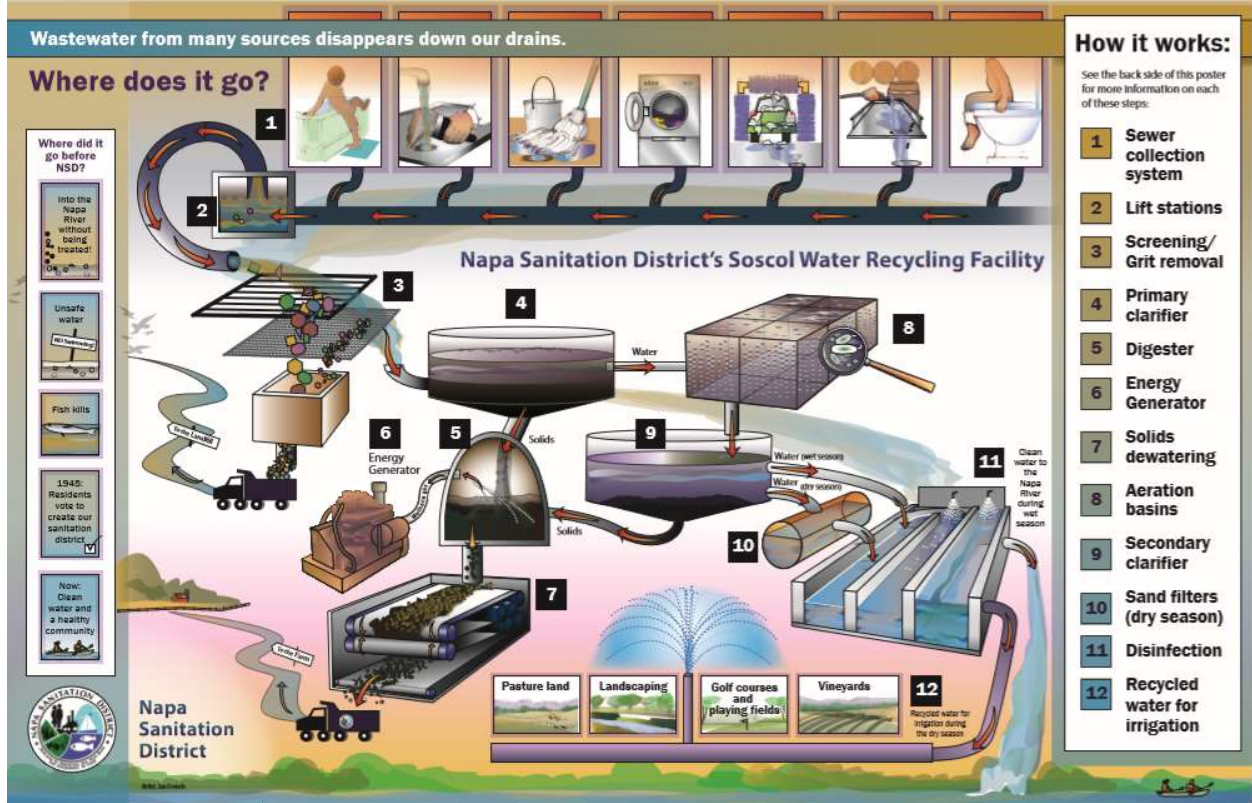
SAGARPA (2017). *Franja del vino, tradición vinícola*. Recuperado de <http://ri.uaq.mx/bitstream/123456789/1852/1/RI000086.PDF>.

- Sánchez, G (19 de abril de 2018). Avalan acueducto de aguas tratadas. *El Vigía*. Recuperado de <http://www.elvigia.net/general/2018/4/19/avalan-acueducto-aguas-tratadas-301511.html>
- Sánchez, G. (8 de marzo de 2018). Llevarán aguas tratadas al Valle de Guadalupe. *El Vigía*. Recuperado de <http://www.elvigia.net/general/2018/3/8/llevarn-aguas-tratadas-valle-guadalupe-297964.html>
- Sánchez, G. (1 de febrero de 2018). Avanza proyecto para traer aguas tratadas de Tj. *El Vigía*. Recuperado de <http://www.elvigia.net/general/2018/2/1/avanza-proyecto-para-traer-aguas-tratadas-294958.html>
- Sánchez, G. (16 de diciembre de 2017). Sin definirse aún acueducto La Morita-Valle de Guadalupe. *El Vigía*. Recuperado de <http://www.elvigia.net/general/2017/12/16/definirse-acueducto-morita-valle-guadalupe-290741.html>
- Sánchez, G. (27 de septiembre de 2017). Aguas tratadas producen uvas. *El Vigía*. Recuperado de <http://www.elvigia.net/general/2017/9/27/aguas-tratadas-producen-uvas-283878.html>
- Sánchez, G. (9 de mayo de 2017). Llevarán agua tratada a Valle de Guadalupe. *El Vigía*. Recuperado de <http://www.elvigia.net/general/2017/9/5/llevaran-agua-tratada-valle-guadalupe-281713.html>
- Sánchez, G. (1 de abril de 2015). Acueducto de aguas tratadas a Valle de Gpe, un proyecto desconocido. *El Vigía*. Recuperado de <http://www.elvigia.net/general/2015/1/4/acueducto-aguas-tratadas-valle-gpe-proyecto-desconocido-183353.html>
- Sánchez, K. (5 de marzo de 2014) Agua reciclada de Tijuana 'levantaría' al Valle de Guadalupe. *Milenio*. Recuperado de <http://www.milenio.com/estados/agua-reciclada-tijuana-levantaria-valle-guadalupe>
- SEFOA (2015). *Programa General de "Valle de Guadalupe" Baja California, 2015. Dirección de planeación sectorial y seguimiento a la inversión pública, oficina estatal de información para el desarrollo rural sustentable*. Recuperado de http://www.oeidrus-bc.gob.mx/oeidrus_bca/pdf/biblioteca/panoramas/2015/FICHA%20VALLE%20DE%20GUADALUPE%202015.pdf.
- SIDUE y CESPT (2018). *Diseño, Construcción, Equipamiento y Operación del Sistema de Conducción de agua para el Valle De Guadalupe, Ensenada, Baja California*. Recuperado de http://www.cespt.gob.mx/Documentos/Licitaciones/lic_docs/2018/001-2018_BASES.pdf
- Silva, J., Torres, P. & Madera, C. (2008). Reuso de aguas residuales domésticas en agricultura. Una revisión. *Agronomía Colombiana*, 26(2), 347-359.
- Solís López, E. (2013). *Análisis de la factibilidad del uso de las aguas tratadas: caso de estudio ciudad de ensenada, agua con fines de riego al valle de guadalupe* (tesis de especialidad). Universidad Autónoma de Baja California, México.
- SPA (2006). *Programa de ordenamiento ecológico del corredor san Antonio de las minas-valle de Guadalupe*. Recuperado de <http://www.spabc.gob.mx/wp-content/uploads/2018/04/DOCUMENTO-COMPLETO-POEVG-2006.pdf>

- SPA (2016). *Programa Ambiental Estratégico de la Región Vitivinícola de Valle de Guadalupe en el Municipio de Ensenada, Baja California*.
- Stevens, D. (Ed) (2006). *Growing crops with reclaimed wastewater*. Melbourne, Australia. CSIRO Publishing.
- Tal, A. (2015). Rethinking the sustainability of Israel's irrigation practices in the drylands. *Water Research*, 90, 387-394.
- Uniradio Informa (27 de diciembre de 2017). Presentan Plan de Saneamiento Integral a constructores de la región. *Uniradio Informa*. Recuperado de <http://www.uniradioinforma.com/noticias/tijuana/506954/presentan-plan-de-saneamiento-integral-a-constructores-de-la-region.html>
- Uniradio Informa (26 de diciembre de 2017). CESPT busca inversionistas para llevar agua morada a los valles. *Uniradio Informa*. Recuperado de <http://www.uniradioinforma.com/noticias/tijuana/506802/cespt-busca-inversionistas-para-llevar-agua-morada-a-los-valles.html>
- United States Environmental Protection Agency (2012). *EPA Guidelines for water reuse*.
- Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones Oceanológicas & Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo. *Primer Simposio sobre el agua en el Valle de Guadalupe (2018)*. Universidad Autónoma de Baja California, México.
- Veliz Lorenzo, E., Llanes Ocaña, J. G., Asela Fernández, L. & Bataller Venta, M. (2009). Reúso de aguas residuales domesticas para riego agrícola. Valoración crítica. *Revista CENIC. Ciencias Biológicas*, 40(1), 35-44 Recuperado de <<http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=181221574007>> ISSN 0253-5688.
- Wade Miller, G. (2005). Integrated concepts in water reuse: managing global water needs. *Desalination*, 187(1-3), 65-75.
- World Health Organization (2006). *WHO guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater. Volume II: Wastewater use in agricultura*.
- Wurl, J., Gámez, A. E., Ivanova, A., Imaz Lamadrid, M. A. & Hernández-Morales, P. (2018). Socio-hydrological resilience of an arid aquifer system, subject to changing climate and inadequate agricultural management: A case study from the Valley of Santo Domingo, Mexico. *Journal of Hydrology*, 559, 486-498.
- Yañez Carbajo, F. (agosto de 2018). Proyecto de aguas tratadas de Tijuana para riego en el valle de Guadalupe. *Primer Simposio sobre el agua en el Valle de Guadalupe, B. C.* Simposio llevado a cabo por la Universidad Autónoma de Baja California, Instituto de Investigaciones Oceanológicas & Doctorado en Medio Ambiente y Desarrollo, México.
- 4 vientos (27 de octubre de 2015). Aguas tratadas de El Sauzal o Tijuana para el Valle de Guadalupe. *4 vientos*. Recuperado de <http://www.4vientos.net/2015/10/27/aguas-tratadas-de-el-sauzal-o-tijuana-para-el-valle-de-guadalupe/>

ANEXOS

Anexo 1. Esquema de tratamiento utilizado por NapaSan.



Here's how it works:

- 1  **Sewer collection system:** 270 miles of underground sewer mainlines carry wastewater from homes and businesses in the City of Napa to the Soscol Water Recycling Facility, Napa Sanitary District's wastewater treatment plant.
- 2  **Lift stations:** Sewage flows by gravity to the treatment plant. When pipes get too deep in the ground, a lift station pumps the flow back to pipes at the ground surface level so that gravity can continue the work.
- 3  **Screening and Grit removal:** Large debris like sticks, rocks, rags, etc. are removed from the wastewater to protect equipment in the treatment plant. Smaller material like sand and egg shells can also damage equipment, so it is removed too. The large debris removed by screening and the grit are sent to the landfill – the only things NOT recycled at the Soscol Water Recycling Facility.
- 4  **Primary clarifier:** When the wastewater sits in this tank, lighter materials float (scum) and heavier materials sink (sludge). Rotating arms in the clarifier remove these solids and they are pumped to the digester for treatment.
- 5  **Digester:** The digester is like a giant stomach. Solids are pumped into the digester, then bacteria inside break down and digest the solids. The resulting material is called biosolids. Since biosolids are rich in plant nutrients, they can be used as a soil conditioner.
- 6  **Energy Generator:** Methane gas, a by-product of the digestion process, is captured and used to run an electrical generator. This allows the District to generate 30-50% of the energy needed to run the wastewater treatment plant.
- 7  **Solids dewatering:** Even though they're called biosolids, this material is still about 95% water. The biosolids are blended with polymers to thicken them, and then fed through belt presses to remove more water.
- 8  **Aeration basins:** In these basins, water from the primary clarifiers is mixed with micro-organisms that eat the waste dissolved in the water. These "bugs" need lots of oxygen to do their work, so air is bubbled through the basins. As the wastewater flows through, the bugs eat, reproduce, and clean the water.
- 9  **Secondary clarifier:** Water from the aeration basins enters the secondary clarifiers, where solids are again removed in the same way as in the primary clarifiers. Water leaving the secondary clarifiers is virtually clear.
- 10  **Sand filters:** Recycled water is sent through sand filters as a polishing step, to remove any fine particles remaining. (During the wet season, this step is skipped.) After this the recycled water goes to the contact basins for disinfection.
- 11  **Disinfection:** Water from the secondary clarifiers is sent to the chlorine contact basins for disinfection. Strong chlorine is added to the water to kill any remaining pathogens.
- 12  **Recycled water:** Recycled water is used to irrigate landscaping, pastureland, golf courses, playing fields and vineyards. Drinking water and groundwater are conserved when recycled water is used for these purposes.

**Wastewater treatment is often a hidden service...
Where does it all go?**



Photo by Thomas Fisher, High Resolution District Member

**Napa Sanitation District:
We make clean water happen.**

Underground pipes carry wastewater to a treatment plant whose location and operation are often a mystery to most people.

At the Napa Sanitation District, we're excited to share the story of wastewater treatment, how we produce recycled water and how we protect water quality in the Napa River and the Bay. We believe that understanding wastewater treatment is essential to appreciating the public health and environmental protection benefits that are inherent in the way we do business.

The Napa Sanitation District (NSD) provides wastewater collection, treatment and disposal services to over 80,000 customers in a 23 square mile area that comprises the City of Napa and surrounding unincorporated areas.

The District's Soscol Water Recycling Facility treats an average of 10 million gallons per day (MGD) of wastewater, and produces recycled water for irrigation and biosolids that are used as fertilizer.

Soscol Water Recycling Facility at a Glance:

- Dry Weather Treatment Capacity: 15.4 million gallons per day (mgd)
- Recycled Water Produced: 740 million gallons annually
- Biosolids produced: 11,820 dry tons annually
- Methane gas produced: 115,200 cubic feet daily
- Energy produced: 1,377 MWH annually (30-50% of energy used by the wastewater treatment plant)
- Hours of operation: 24 hours/day, 365 days/year (Wastewater never sleeps!)



We're here to help you learn more about how wastewater treatment protects you and the environment. Whether you're a student, teacher, member of an organization or simply a curious person, we offer a program that can engage and inform you on the topic of wastewater treatment and water recycling.

Darcy Astor
Management Analyst and
Outreach Coordinator

Phone: 707.258.6000, ext. 502
Email: DarcyA@napesd.com
www.NapaSan.com
1315 Soscol Ferry Road
Napa, CA 94956

Anexo 2. Guía de entrevista 1.

Datos básicos	
Fecha:	Hora: Lugar:
Entrevistado:	
Institución y cargo:	
Descripción del proyecto (propósito, motivo por el cual es entrevistado, uso y confidencialidad de los datos, duración aproximada)	
ETAPAS	Preguntas
Contextualización	1. ¿Cuál es el panorama del uso de ART en el Valle de Guadalupe?
Descriptivo	2. ¿Se están considerando a todos los productores agrícolas, o solo a los de vino?
	3. Además de los mapas de la clasificación de las aguas de acuerdo a la concentración de SDT en el 2012 ¿Existen otros estudios de calidad del agua con la que actualmente se riega el Valle de Guadalupe?
	4. ¿Cuál es la procedencia del AR de las plantas involucradas en el proyecto? (Industrial, doméstico o una combinación)
	5. ¿Se cuenta con estudios recientes de la calidad del agua de dichas plantas de tratamiento?
Análisis	6. ¿Qué calidad tendrá el ART de acuerdo con los ganadores de la licitación?
	7. ¿Existe algún documento de parte de la empresa ganadora de la licitación en donde se plasme el compromiso de cumplir con los parámetros acordados?
Complemento	8. ¿Hay algún documento oficial donde el precio de \$10.78 m3 m.n. del ART se encuentre plasmado y aprobado?
	9. En alguna de las juntas de aclaración ¿Se comentó por qué la única empresa que presentó propuesta en la apertura técnica-económica fue la misma que ganó la licitación y las demás declinaron o no se presentaron?
	10. ¿Considera buena idea dejar nutrientes como nitrógeno y fósforo en el ART?
	11. ¿Siente que ha habido algún cambio en la percepción del uso de las ART en los productores y la localidad en general? ¿Cómo ha sido esa evolución?

Anexo 3. Guía de entrevista 2.

Datos básicos	
Fecha:	Hora: Lugar:
Entrevistado:	
Institución y cargo:	
Descripción del proyecto (propósito, motivo por el cual es entrevistado, uso y confidencialidad de los datos, duración aproximada)	
ETAPAS	Preguntas
Contextualización	1. ¿Cuál es el panorama del uso de ART en el Valle de Guadalupe?
Descriptivo	2. En el primer simposio sobre el agua en el Valle de Guadalupe, B.C. se mencionó un cambio sustancial al proyecto de la línea morada, ¿me puedes hablar de este cambio?
	3. ¿Por qué se decidió realizarlo?
	4. ¿Esta decisión fue de ODIS Asversa, de los viticultores o del gobierno?
	5. ¿Se están considerando a todos los productores agrícolas, o solo a los de vino?
	6. ¿Cuál es la procedencia del AR de las plantas involucradas en el proyecto? (Industrial, doméstico o una combinación)
	7. ¿Cuántas casas vinícolas estarían siendo beneficiadas con este proyecto?
Análisis	8. ¿La calidad del ART será la misma que se plasmó en el fallo de la licitación?
	9. ¿El precio de 10.78 m3 m.n. se verá modificado con este cambio?
	10. ¿Cuál será el esquema de cobranza para los usuarios?
	11. ¿Cuál consideras la mayor preocupación que aún tienen los involucrados?