Consejo Consultivo del Agua, A.C.

2030 Water Resources Group

HOSTED BY WORLD BANK GROUP Water

INICIATIVA DE INNOVACIÓN FINANCIERA PARA INFRAESTRUCTURA HIDRO-AGRÍCOLA

(FASE-1)

FORTALECIMIENTO DEL SISTEMA FINANCIERO DEL AGUA

INFORME FINAL

Casos de Negocio, Estudios de Prefactibilidad y Recomendaciones de Política Pública

D.R. 2018 Consejo Consultivo del Agua A.C.

Información de Contacto

Consejo Consultivo del Agua, A.C.
Av. Patriotismo No.220, Piso 8, Oficinas 320 y321, Col. San Pedro de los Pinos, C.P. 03800
Ciudad de México

Derechos y Permisos

El material en este documento está sujeto a derechos de autor. Puesto que el Consejo Consultivo del Agua, A.C. alienta la diseminación del conocimiento, este documento o cualquier elemento de su contenido puede ser reproducido para propósitos no comerciales, siempre y cuando se de correcta atribución al mismo.

Responsables de la publicación

Por el 2030WRG, Dr. Román Gómez González, Coordinador de País, 2030Water Resources Group, Banco Mundial
Por el CCA, Lic. Francisco Mayorga, Líder del Comité de Agua y Agricultura del CCA.

Aviso Legal

Este documento fue realizado con el apoyo del 2030WRG/Banco Mundial y contribuciones externas. Los planteamientos, interpretaciones y conclusiones no reflejan necesariamente la opinión del Banco Mundial, su Junta de Directores Ejecutivos, ni los gobiernos que representa. El 2030WRG/Banco Mundial no garantiza la precisión de los datos aquí utilizados.

CONTENIDO

Prólogo 3

Mensaje de Consejo Consultivo del Agua 4
Mensaje de la CONAGUA 5
Agradecimientos 6

Resumen ejecutivo 7

1. Introducción 29

Objetivos y alcance de la Iniciativa de Asociaciones Público-Privadas en el Sector Hidro-agrícola 29
Metodología y resumen del trabajo realizado para la iniciativa 29
Estructura del informe 30
Las Asociaciones Público-Privadas en México 31
Marco Legal 31

A. Identificación y selección de proyectos 32

Proceso para la identificación de proyectos 32
Criterios de selección de proyectos 32
Potencial APP de los proyectos identificados 34

B. Notas conceptuales de proyectos 36

Proyecto 1. "Acuífero El Palmar y Acuífero Saín Alto, Estado de Zacatecas" 39
Proyecto 2. "Acuífero Cuicatlán, Acuífero Tehuantepec y Acuífero Valles Centrales, Oaxaca" 47
Proyecto 3. "El Carrizo", Tamazula de Gordiano, Jalisco 54
Proyecto 4. "Abastecimiento hídrico para el Valle de Guadalupe" 60
Proyecto 5. "PTAR Atapaneo", Morelia, Michoacán 66

C. Análisis del contexto y del entorno e identificación de actores principales 72

Tipos de APP 72
Esquemas alternos 73
Funciones y riesgos en esquemas APP 76
Actores principales 77
Esquema de contratación y financiamiento 81

D. Viabilidad técnica y económica-financiera 85

Proyecto "El Carrizo, Tamazula de Gordiano, Jalisco" 85

Proyecto "Abastecimiento hídrico para el Valle de Guadalupe" 93
Proyecto "PTAR Atapaneo", Morelia, Michoacán 106

E. Evaluación del mercado 117

Metodología WIGI para la reforma del sector agua 117
Respuestas de los asistentes 122
Conclusiones 123

F. Recomendaciones de política pública 125

Anexo A. Manual del Modelo Financiero 127
Anexo B: Estudio ambiental del proyecto El Carrizo 133
Anexo C: Estudio ambiental del proyecto del abastecimiento del Valle de Guadalupe 163
Anexo D: Estudio ambiental del proyecto de Tapaneo 198

PRÓLOGO

La Iniciativa de Asociaciones Público-Privadas para el desarrollo de Infraestructura Hidro-agrícola (Primera Fase) fue un esfuerzo realizado bajo el auspicio del Comité de Agua para el Campo del Consejo Consultivo del Agua A.C. (CCA) y en estrecha colaboración con la Comisión Nacional del Agua. El objetivo principal de esta iniciativa fue el de analizar sistemáticamente algunas de las barreras y oportunidades para la implementación de proyectos de infraestructura hidro-agrlcola a través de la modalidad de asociaciones público-privadas. Para ello, se diseño una metodología que permitió identificar y analizar con relativa profundad 5 proyectos diferentes en diversas regiones del país.

Como parte central de la metodología que se utilizó durante la implementación de la iniciativa, se realizaron varios foros de consulta con la participación de diversos actores interesados para conocer sus puntos de vista, incluyendo los usuarios de riego, el sector privado, la banca privada y de desarrollo, la academia y las agencias de cooperación para el desarrollo. A lo largo de la implementación de la primera fase -que duro aproximadamente un año- fue posible encontrar algunos hallazgos y analizar algunas situaciones interesantes, mismas que han quedado ilustradas en el presente documento.

Es entonces importante destacar que la modalidad de asociaciones publico-privadas para proyectos de infraestructura hidro-agrícola es factible solamente en algunos casos específicos -que quedan explicados más adelante en este documento- y no representa una respuesta o fórmula genérica para atender los retos de inversión para el desarrollo de infraestructura hidro-agrícola en México. Cabe también aclarar que en realidad hay varias barreras de carácter institucional-legal, financiero, organizacional-social, ambiental y tecnológico que deben de ser atendidas plenamente para poder implementar proyectos de infraestructura hidro-agrícola a través de la modalidad de asociaciones público-privadas; sobre todo si se quiere logar una implementación exitosa en el largo plazo. Es también claro que es muy necesario fomentar una mayor coordinación interstitucional entre las autoridades relevantes -incluyendo las del sector hídrico, las del sector de desarrollo rural y la de desarrollo económico- para lograr impulsar este tipo de proyectos. En el presente documento entonces se hacen algunas recomendaciones generales para crear un ambiente propicio para el desarrollo de proyectos de APP hidro-agrícolas y como parte de una estrategia más amplia para atender los retos de inversión en el sector y responder a contextos de desinversión y austeridad presupuestal. También en uno de los anexos se puede revisar el modelo financiero utilizado para analizar la viabilidad financiera de los proyectos y para el lector interesado.

Finalmente, dados los resultados de esta primera fase, es posible considerar factible el diseño de una segunda fase de la iniciativa, idealmente con el objetivo de focalizar los esfuerzos en la implementación de algún proyecto de infra-estructura hidro-agrícola a través de algún esquema de colaboración público-privada y continuar apoyando a la CONAGUA en el desarrollo de las capacidades institucionales para fomentar proyectos de APP en el sector hídrico.

Este trabajo contó con el apoyo técnico de Pricewaterhouse Coopers y es presentado al público por el Consejo Consultivo del Agua A.C.

MENSAJE DE CONSEJO CONSULTIVO DEL AGUA

Lic. Francisco Mayorga, Presidente del Comité de Agua para la Agricultura del CCA y Líder de la Iniciativa de Asociaciones Público-Privadas para Infraestructura Hidro-Agrícola

Desde el Comité de Agua para el Campo del Consejo Consultivo del Agua A.C. creemos que encontrar nuevas formas alternativas para el financiamiento de la infraestructura hidro-agrícola -incluyendo las asociaciones público-privadas- es un tema prioritario para las autoridades y para la sociedad civil, pues vemos con preocupación la desinversión sostenida en el sector de infraestructura hídro-agrícola y a causa de condiciones macroeconómicas adversas y falta de presupuesto gubernamental. Es por ello, que el CCA en colaboración con la CONAGUA -y con el apoyo del 2030WRG/Banco Mundial y el IFC- fomentaron la implementación de la Iniciativa de Asociaciones Público-Privadas para Infraestructura Hidro-agrícola.

Los resultados de la misma si bien son multi-dimensionales, son también alentadores, pues identifican con claridad y de manera sistemática los diferentes factores que determinan la viabilidad de los proyectos de asociaciones público-privadas en el sector hidro-agrícola, una situación que contribuye a pensar en el tipo acciones que se tienen que tomar para poder facilitar la implementación de este tipo de proyectos en el futuro. Un elemento central en el diseño de la Iniciativa fue centrarse no solamente en hacer recomendaciones de política pública generales, sino enfocarse en empezar a analizar la situación y la viabilidad de proyectos concretos y, ultimadamente, factibles de ser realizados. Esta situación queda descrita a través del esfuerzo por crear un índice de potencial de APP de los proyectos identificados, donde se refleja, por ejemplo, que el Proyecto el Carrizo (en Jalisco) y el Proyecto del Valle de Guadalupe (en Baja California) tienen un alto potencial para ser estructurados a través de la modalidad de asociaciones público-privadas. Otros de los proyectos identificados por diversos factores son menos factibles de ser implementados a través de la modalidad de asociaciones público privadas. Una conclusión directa de este esfuerzo de análisis es que es posible trabajar con las autoridades gubernamentales y los actores relevantes en la identificación y preparación de nuevos proyectos que desde el inicio -desde su conceptualización- tengan un alto potencial de APP.

La intención y compromiso del Comité de Agua para el Campo del CCA es tomar los resultados presentados en este documento y trabajar de la mano con la CONAGUA y los demás actores relevantes para impulsar los cambios necesarios para fomentar una mayor inversión en el sector hidro-agrícola y a través de la modalidad de asociaciones público-privadas y otros mecanismos de financiamiento combinando. Por último, quisiera agradecer al Consejo Consultivo del Agua, a la CONAGUA -en especial a la Subdirección General de Infraestructura Hidro-agrícola-, al 2030WRG, al IFC y todos los actores que participaron durante la implementación de la primera fase de la iniciativa el apoyo dedicado y el conocimiento compartido. Esperamos entonces que podamos seguir adelante con la segunda fase de la iniciativa, enfocando los esfuerzos de todos en impulsar los cambios necesarios para facilitar un mayor financiamiento para el sector hidro-agrícola a través de una mayor colaboración público-privada.

MENSAJE DE LA CONAGUA

Lic. Marco Antonio Parra Cota, Subdirector General de Infraestructura Hidroagrícola, CONAGUA

La CONAGUA ha trabajado con el Consejo Consultivo del Agua A.C y el 2030WRG en varias inciativas y bajo el Acuerdo de Cooperación susctrito entre ambas instituciones. Para la Subdirección General de Infraestructura Hidroagrícola ha sido de particular relevancia el trabajo realizado en el contexto de la Iniciativa de Asociaciones Público-Privadas para el Desarrollo de Infraestructura Hidro-agrícola, misma que fue implementada con la co-laboración y liderazgo del Consejo Consultivo del Agua A.C.

La iniciativa se avocó en analizar las barreras y las oportunidades para la estructuración de asociaciones públi-co-privadas en el sector hidro-agrícola, un tema de gran relevancia para México. Desafortunadamente, un con-texto macro-económico adverso y las reducciones prespuestales han provocado un importante ajuste en la capacidad de la CONAGUA para invertir en el desarrollo de proyectos nuevos de infraestructura hidro-agrícola y también en la conservación y mantenimiento de la infraestructura existente. Por ende, es necesario fomentar el desarrollo de mecanismos innovadores de financimaiento para el sector con mayor participación y corres-ponsabilidad con el sector privado y los usuarios de riego.

Los hallazgos y las recomendaciones de la Iniciativa de APP para la Infraestructura Hidro-agrícola han sido de gran utilidad y serán considerados en el futuro diseño de las políticas, programas y proyectos. Dos importantes hallazgos vale la pena resaltar. El primero que es muy relevante generar la capacidad para que la CONAGUA pueda gestionar el desarrollo de APP a través de la vía de las propuestas-no-solicitadas. El segundo hallazgo importante es que vale la penda considerar la oportunidad de establecer dentro de CONAGUA una oficina especializada en materia de desarrollo y gestión de asociaciones público-privadas.

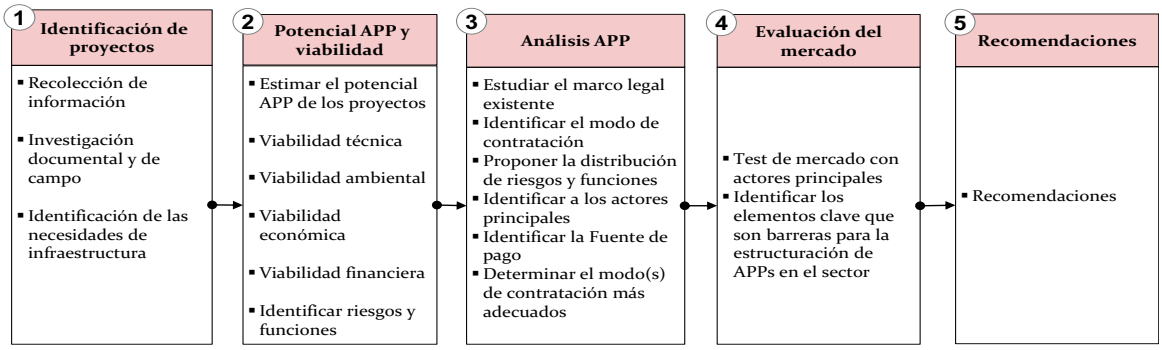
AGRADECIMIENTOS

El Consejo Consultivo del Agua A.C quiseira reconocer el trabajo y la colaboración de varias actores en el proceso de implementación de la Iniciativa de APPs para Infraestructura Hidro-agrícola. En primera instancia quisieramos agradecer a la CONAGUA, tanto a nivel federal, como a nivel estatal, pues gracias a su colaboración se pudo establecer un dialogo critico y constructivo sobre el tema, se pudo acceder a la información necesaria y se pudo tener contacto con los usuarios de riego en cada regíon para el desarrollo de la iniciativa. Quisieramos también agradecer la participación de BANOBRAS, del IFC, de la banca privada y los especialistas en estructuración de proyectos que participaron en el taller multi-actor realizado en la Cuidad de México. De manera especial, queremos agradecer la participación de la Asociación Nacional de Usuarios de Riego y los usuarios locales de los proyectos durante el desarrollo de la iniciativa; ya que sin su participación y sin su visión poco se puede avanzar en este tema. Por último agradecemos el apoyo técnico y el profesionalismo de PWC, quién apoyo la asesoría de la iniciativa.

SOBRE LOS OBJETIVOS Y LA METODOLOGÍA UTILIZADA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE LA INICIATIVA

- Los objetivos principales de la iniciativa consistieron en: (i) entender cuáles son algunas de las barreras y oportunidades mas importantes para desarrollar proyectos de infraestructura hidro-agrícola a través de la modalidad de asociaciones público-privadas (APPs); (ii) elaborar casos de negocio que contengan elementos técnicos, ambientales, sociales y económicos de algunos proyectos hidro-agrícolas seleccionados; (iii) determinar su potencial de participación privada y el modo de contratación más adecuado para el desarrollo de los mismos; e identificar algunas recomendaciones de política pública para apoyar la creación de un contexto más propicio para impulsar este tipo de proyectos en el futuro.

- Para implementar la iniciativa se desarrollo una metodología sencilla con las siguientes fases:



- El proceso para la identificación de proyectos con potencial de participación privada inició con la integración de una lista larga de proyectos e iniciativas que los diferentes actores, como la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el Consejo Consultivo del Agua (CCA), BANOBRAS y las direcciones locales de CONAGUA consideraron viables y tienen dentro de sus prioridades. Una vez que se integró esta lista larga de proyectos, se definieron criterios que permitieron empezar a determinar su potencial de participación privada, o bien si debían estructurarse y ejecutarse bajo otro esquema de contratación, como lo es la obra pública tradicional o a través de otro tipo de apoyos como los que otorga el Fideicomiso de Capitalización e Inversión del Sector Rural (FOCIR).

- A continuación, se enlistan los proyectos que se identificaron de manera inicial como parte de la lista larga de proyectos potenciales:

  - Presa de almacenamiento y zona de riego "El Carrizo", Jalisco (El Carrizo)
  - Presa de almacenamiento y zona de riego "Vista Hermosa", Jalisco (Vista Hermosa)
  - Acuífero "El Palmar", Zacatecas (El Palmar)
  - Invernaderos en Valles Centrales, Oaxaca (Valles Centrales)
  - Conducción de Agua Residual Tratada al Valle de Guadalupe, Baja California (Valle de Guadalupe)
  - Planta de tratamiento en Atapaneo, Morelia (Atapaneo)
  - Intercambio de aguas, Chihuahua (Chihuahua)
  - PNS conservación y mantenimiento, Sinaloa (PNS

- Para la selección de los proyectos se desarrollaron unos criterios que ayudaron a establecer -de manera general inicialmente- su potencial de APP, incluyendo: tamaño del proyecto, presencia de organización social de los usuarios, cadena de valor establecida y definición del valor del producto, complejidad en el diseño del proyecto técnico, claridad en la definición de los componentes de la infraestructura a desarrollar, claridad en la definición de los servicios a dotar bajo el proyecto, integración de las funciones, e alineación estratégica con las prioridades de las instituciones.

- Posteriormente se hizo una ponderación para identificar que proyectos tenían mayor potencial, ayudando así a focalizar los esfuerzos en los pasos siguientes de la iniciativa. En la tabla abajo se ve la ponderación:

Proyecto	Tamaño	Organización ASU	Cadena de valor	Diseño	Definición de infra-estructura	Definición de servi-cios	Integración de funcio-nes	Alineación estratégica	Potencial APP
El Carrizo	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	15
Vista Hermosa	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	14
El Palmar	Bajo	Baja	Baja	Alto	Alto	Medio	Bajo	Bajo	7
Valles Centrales	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Bajo	Bajo	9
Valle de Guadalupe	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	15
Atapaneo	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Alto	Medio	Medio	Medio	8
Chihuahua	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Alto	Medio	Medio	Bajo	6
PNS	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	15

- Los resultados que se obtuvieron con la aplicación de la metodología para la identificación del potencial de participación privada indican que los proyectos: i) PNS de operación y mantenimiento, Sinaloa, ii) Presa el Carrizo, Jalisco, iii) Presa Vista Hermosa, Jalisco, y iv) Conducción de agua tratada al Valle de Guadalupe son los tres proyectos que presentan mayor potencial de participación privada. En segundo plano, se determinó que el proyecto de: i) Atapaneo presenta un potencial medio de participación privada. Finalmente, un tercer grupo, compuesto por: i) El Palmar, ii) Valles Centrales de Oaxaca y iii) Chihuahua presentan un potencial bajo de participación privada y no se recomiendo llevarlos a la siguiente fase de la iniciativa.

- De los proyectos que presentan un potencial alto o medio de participación privada y que eventualmente pudiesen estructurarse a través de APPs, se sugirió -por razones descritas en el documento- continuar con el estudio básico de los siguientes proyectos: Presa el Carrizo, Jalisco; Conducción de agua tratada al Valle de Guadalupe, Baja California, El Palmar, Zacatecas, Valles Centrales, Oaxaca, y la Planta de Tratamiento Atapaneo, Michoacán.

- Además de las características anteriores se reflexionó también sobre otros factores que son deseables para estructurar los proyectos a través de la modalidad de APP, incluyendo: latifundio (se busca que la propiedad de la tierra este concentrada en un número limitado de productores para simplificar el proceso de negociación y recolección de cuotas); capacidad de pago (se busca que los productores cultiven productos de alto valor o bien productos con una demanda segura en las zonas de influencia, ya que lo anterior garantiza que el productor tenga capacidad de pago para enfrentar una cuota que cubra como mínimo el servicio de irrigación; visión empresarial (se espera que los productores de la zona de influencia del proyecto busquen maximizar sus ganancias, ya sea a través de añadir valor a sus productos o de agruparse en torno a organizaciones de productores para mejorar su capacidad de negociación con los compradores, o incluso que busquen migrar a cultivos más rentables o mercados que brinden mayor margen de ganancia; y sobre-explotación de los acuíferos (uno de los propósitos de la iniciativa es maximizar el uso del agua, por lo tanto se han buscado proyectos en donde los acuíferos

estén sobre-explotados y que a través de la construcción o rehabilitación de infraestructura la eficiencia en el uso del agua pueda incrementarse y con ello encaminar esfuerzos a reducir la sobre-explotar el acuífero).

- Se procedió entonces a hacer un primer análisis de los 5 proyectos antes mencionados y de ahí de acuerdo con los resultados y nivel de potencial de APP identificado, se continuó con una etapa de análisis más profundo en el estudio de solamente de 3 proyectos con el mayor potencial: el proyecto de la Presa el Carrizo, el proyecto de Conducción de Agua del Valle de Guadalupe y el proyecto de Planta de Tratamiento de Atapaneo.

SOBRE LOS 3 PROYECTOS ESTUDIADOS (LOS 3 DE MAYOR POTENCIAL) Y LAS CONCLUSIONES PRINCIPALES

Proyecto el Carrizo, Tamazula de Gordiano, Estado de Jalisco

- Los componentes del proyecto "El Carrizo", ubicado en el municipio de Tamazula de Gordiano, Jalisco, consisten en una presa de almacenamiento sobre el río Camichín; una presa derivadora, así como línea de conducción y distribución, para beneficiar con riego a 3,177 has, tanto del régimen ejidal, como de pequeños propietarios de varias localidades del municipio de Tamazula. La presa de almacenamiento El Carrizo fue concluida en agosto de 2008, en tanto que la construcción de la presa derivadora y la zona de riego se encontraban programadas para ejecutarse durante los años 2012 y 2013. Sin embargo, debido a restricciones presupuestales las obras no han sido ejecutas por lo que el proyecto integral de riego que se había planteado de inicio no se ha podido concluir. Cabe señalar que la presa de almacenamiento El Carrizo demandó durante el periodo 2005-2009 una inversión de $254 mdp (a precios de 2012, sin incluir IVA). Esta inversión no ha resultado en los beneficios sociales esperados debido a que es necesario construir la presa derivadora y la zona de riego para que la inversión resulte productiva.

- Se han considerado dos opciones para solucionar la problemática, la primera es la construcción de una zona de riego basada en canales revestidos a cielo abierto. Esta opción supone una inversión de $554.2 mdp, sin incluir IVA y que la tecnificación de la zona a través de sistemas de riego por goteo y aspersión tenga una inversión de $96.4 mdp. El monto total de la inversión ascendería a $650.7 mdp. Se plantea un plazo de dos años para realizar los trabajos. Esta opción propone que los agricultores hagan uso de bombas para generar la presión suficiente para regar por aspersión o a través de cinta de riego.

- La segunda solución sería que la zona de riego se construya a través de tubería de alta resistencia, lo cual podría reducir los desperdicios de agua que se originan durante la conducción del recurso hídrico, desde la presa hasta las parcelas. Además, con la tubería se aprovecha la presión que genera la altura a la que está la presa y permite que los productores hagan uso de sistemas de riego como aspersores o cintas de riego sin necesidad de bombear el agua, lo que a su vez crea ahorros en los costos de producción. Sin embargo éste sistema de riego tiene un costo de entre $1,500 y $1,700 mdp.

- Como se mencionó anteriormente, la zona en donde se pretende llevar a cabo el proyecto es eminentemente cañera y la producción es procesada en el Ingenio Tamazula. Cabe señalar que la capacidad de molienda del Ingenio excede a la producción actual. Además, se ha observado que algunos productores están optando por cultivar productos más rentables, como las hortalizas. De llevarse a cabo el proyecto, se podría dar un impulso significativo a los productores que pretenden dirigirse hacia cultivos más rentables pero que actualmente están limitados por la falta de agua.

Ubicación de la zona de riego El Carrizo, Jalisco

Fuente: CONAGUA

- El potencial de APP del proyecto se consideró de la siguiente manera:

- **Tamaño del proyecto:** El monto de inversión, en cualquiera de las opciones tecnológicas, supera los $500 mdp, lo cual se considera suficientemente grande para compensar los costos de transacción relacionados con la estructuración de un APP y su cierre financiero. Por lo anterior se asignó una calificación "Alta" para este criterio.
- **Organización de la Asociación de Usuarios:** Los usuarios están organizados en torno a una sociedad de productores rurales que aglutina a la mayoría de los productores de caña de azúcar de la región y que tiene poder de negociación tanto con el ingenio local -Ingenio Tamazula- como con las autoridades gubernamentales. Por lo tanto se asignó una calificación "Alta" para este criterio.
- **Integración de la cadena de valor:** El proyecto plantea la construcción de una zona de riego que reduciría los costos de producción al evitar el uso de bombas, además de garantizar el abasto de agua a lo largo del ciclo de cultivo de la caña de azucar. Lo anterior incrementaría los márgenes de ganancia para los productores debido a la reducción de los costos de producción y al incremento en la productividad de sus cultivos. Además, la cadena de comercialización está establecida y se sabe que el Ingenio Tamazula tiene capacidad ociosa y existe el interés de comprar los excedentes que provengan del incremento en productividad. Se asignó una calificación "Alta" para este criterio.
- **Complejidad del diseño:** La opción tecnológica que se propone, al menos en el caso del entubado, implica un diseño medianamente complejo y que solo se ha observado en el Distrito de Riego 01 en Aguascalientes. Es por ello que se asignó una calificación "Media" para este criterio.
- **Capacidad para definir el alcance y medir la calidad de la infraestructura:** En este proyecto se puede definir con claridad el tipo de infraestructura que se debe utilizar para prestar el servicio. Se asignó una calificación "Alta".
- **Capacidad para definir el alcance y medir la calidad de los servicios**: En este proyecto se pueden definir con claridad los servicios que debe prestar el privado y factibles de ser medidos. Se asignó una calificación "Alta".

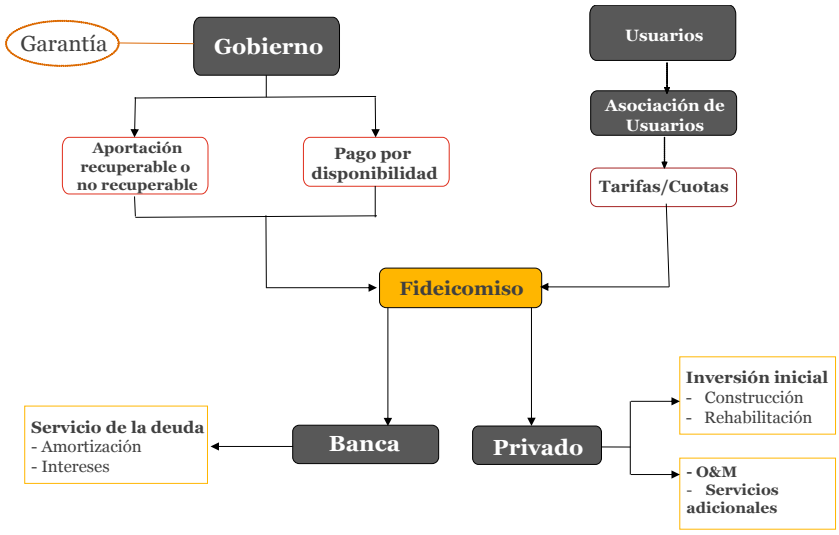
- **Integración de funciones:** Excepto por las funciones de cobro y probablemente la función de gestión del agua, el resto de las funciones que comúnmente se transfieren al privado en un APP se transferirían al licitante ganador. Por lo tanto la calificación que se asigna a este criterio es "Alta".

- Adicionalmente existen los siguientes factores:

- **Latifundio:** Los productores que buscan beneficiarse del proyecto cuentan con extensiones de tierra que van de las 10 a las 50 has por agricultor. A diferencia de los Distritos de Riego, en las Unidades de Riego la propiedad de la tierra está más concentrada, lo que favorece que se pueda estructurar un APP ya que reduce el riesgo de cobro y facilita la negociación con los usuarios.
- **Visión empresarial**: Los productores de la región han experimentado con diferentes cultivos, como el chile y la alfalfa. Incluso hay evidencia de que se experimenta con la vid y la cebada. Esto supone que los productores buscan migrar de cultivos de bajo valor como el forraje y el frijol a productos que incrementen sus ingresos, lo cual favorece la estructuración de un APP, pues potencialmente hay mayor capacidad de pago por parte del productor.

- Para el caso del proyecto "El Carrizo" se sugiere que se estructure a través de una APP combinado, el cual tiene más probabilidades de prevalecer, dado el monto de inversión, el interés por el gobierno de invertir en saldar una deuda social y recuperar los costos hundidos, y el tipo de cultivo de la zona. A continuación se presenta el esquema que ejemplifica una futura estructuración.

Esquema APP combinado



- A continuación se presenta una tabla en donde se propone la distribución de riesgos y funciones entre los actores involucrados. Cuando se ha señalado a más de un actor para una determinada función o riesgo, implica que el riesgo/función podría ser compartido.

Distribución de riesgos y funciones

Función/riesgo	Gobierno	Privado	Asociación de usuarios	Usuarios	Ingenio azucarero
Función de diseño		X			
Función de construcción		X			
Administración de la infraestructura de cabeza		X			
Administración del sistema de riego		X			

Función/riesgo	Gobierno	Privado	Asociación de usuarios	Usuarios	Ingenio azucarero
Función de operación		X			
Función de mantenimiento		X			
Función de cobro			X		X
Riesgo de financiamiento	X	X			
Riesgos de causa de fuerza mayor	X	X			
Riesgo de derecho de vía	X	X			
Riesgo de escasez de agua	X			X	
Riesgo comercial				X	

- En la siguiente tabla se resumen los principales resultados de los 3 escenarios financieros analizados (en el anexo A se pueden revisar los supuestos y la estructura del modelo financiero que se utilizo para analizar los proyectos):

Resumen de los escenarios de viabilidad financiera del proyecto

Variable	Escenario Base	Escenario Dos	Escenario Tres
Monto de inversión	$1,549.93	$1,549.93	$1,549.93
Crédito	30%	30%	30%
Capital de Riesgo	70%	70%	70%
Aportación no recuperable	50%	30%	0%
Pago por disponibilidad	$150.00	$100.00	$0.00
Cuota por servicio de riego ($/ha)	$8,000	$30,000	$80,000
TIR	12.0%	11.8%	12.1%

Fuente: Elaboración propia

- Después de hacer un recuento de las calificaciones asignadas a cada criterio se concluye que el proyecto tiene un potencial APP "Alto". Esto implica que el proyecto puede estructurarse a través de un APP ya que es muy probable que haya valor por dinero.

Proyecto de Abastecimiento de Agua para el Valle de Guadalupe, Baja California

- El Valle de Guadalupe está situado a 25 km al norte de la ciudad de Ensenada, en el Estado de Baja California, a 85 km al sur de la ciudad de Tecate y a 15 km del Océano Pacífico aproximadamente, y colindada de forma vecina con las ciudades de Rosarito, Tijuana y con la frontera con Estados Unidos, en una extensión de zona rocosa-montañosa de 66 mil has sobre los márgenes del Arroyo Guadalupe con una elevación sobre el nivel del mar de 1,100 pies. El clima en esta zona es de tipo Mediterráneo, con una temperatura mínima media de 8° Centígrados y una máxima media de 21° Centígrados con pocas lluvias durante los meses de noviembre y marzo, caracterizada como una región única en México por su excelente estado de conservación y tradición agrícola basada en el cultivo de la vid y la producción de vino de mesa. En este valle se asientan los poblados Francisco Zarco, El Porvenir, El Tigre y San Antonio de Las Minas, lugar donde se concentran alrededor de 47 empresas dedicadas al cultivo de la vid y producción de vino, entre las que se encuentran L.A. Cetto, Bodegas Santo Tomás, Bibayoff, Casa Pedro Domecq, Adobe Guadalupe, Chateau Camou, Monte Xanic, entre otras.

- En Baja California existe un problema importante de escasez de agua que ha restringido algunas de las actividades económicas de la región y que puede llegar a representar un problema mayúsculo en el mediano plazo. Esto ha provocado que en el Estado se observen las tarifas más altas por m^3 de agua en el país. En específico, en el Valle de Guadalupe, la escasez de agua ha generado que la actividad primordial de la región, la vinicultura, haya decrecido en los últimos años a pesar de que la demanda

se ha incrementado. Algunas de las razones de la falta de agua en la región se debe a la sobreexplotación de los acuíferos, a pesar de que no se han otorgado nuevas concesiones para la extracción de agua. La demanda de agua es abastecida por el acuífero del Valle de Guadalupe, el cual de acuerdo con cifras del Registro Público de Derechos de Agua del año 2009, tiene un volumen anual concesionado de 42 millones de m^3, de los cuales 21 millones de m^3 son para uso agrícola. De acuerdo con un estudio de la CONAGUA, la recarga media anual del acuífero es de 24 millones de m^3, por lo que se presenta un déficit de 18 millones de m^3.

Localización del Valle de Guadalupe en Baja California

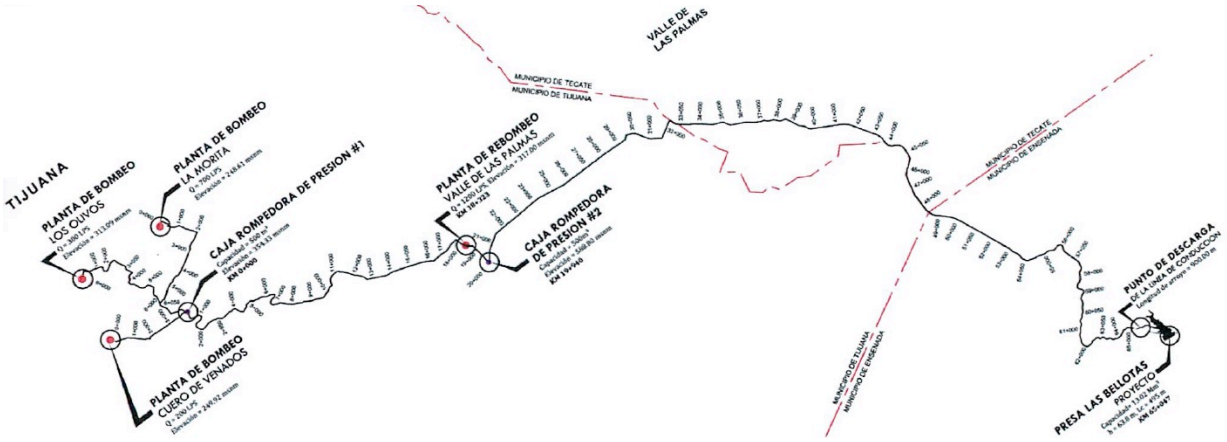
Fuente: CONAGUA

- El proyecto consiste en construir y operar un acueducto de 73 km para llevar las aguas residuales tratadas de Tijuana hasta el Valle de Guadalupe desde tres plantas de tratamiento que se ubican a las afueras de Tijuana. El agua disponible en estas plantas se considera apta para uso agrícola, para los cultivos de vid, olivos y frutales, principalmente. Las plantas de tratamiento de donde se pretende llevar el agua tratada son: Monte de los Olivos, Cuero de Venados y La Morita. La disponibilidad de agua de estas plantas en el año 2013 era de 681 lps, equivalente a 21.5 millones de m^3/año. Se espera que para el año 2030 la capacidad de las plantas se incremente a 1,202 lps equivalente a 37.9 millones de m^3 al año. Lo cual representa una capacidad de riego de hasta 7,580 has/año. El sistema de conducción consta de 3 líneas de impulsión, las cuales inician en las plantas de tratamiento referidas, ubicadas en las afueras de la Ciudad de Tijuana. Las líneas se unen en una conducción común hasta una estación de rebombeo. Posteriormente, la conducción será por gravedad hasta la zona del vaso de la presa, tal como se muestra en la siguiente figura. El proyecto incluye la construcción de una presa de almacenamiento con capacidad de hasta 15.6 millones de m^3, la cual se ubicará en las Bellotas. Se considera la construcción de una cortina de 64.2 m de altura, con una longitud de 480 m.

- El costo del proyecto se estima entre $1,800 y $2,200 mdp. Lo anterior sin considerar los costos por liberación de derecho de vía y asumiendo que el tipo de tratamiento que actualmente dan las tres plantas es terciario y por lo tanto el agua tratada tiene la calidad suficiente para ser utilizada para riego de la vid y olivo. El incremento en la disponibilidad de agua permitirá el incremento de área cultivable, así como incrementar el riego a niveles óptimos, los cuales derivarán en un incremento en la productividad de los cultivos. Los principales productores han planteado un crecimiento de hasta 5,611 has en el año 2023. La ampliación de superficie cultivable para vid aumentaría el volumen de producción en 41,880 toneladas al año. Por otra parte, el incremento de la disponibilidad de agua posibilitaría el desarrollo de los diferentes valles aledaños aptos para la agricultura, ya que se garantizará el suministro de agua en ellos. Los valles que podrían beneficiarse consideran una superficie de 2,580 has, aproximadamente.

- Adicional a la actividad agrícola en la región es importante resaltar que ésta actividad ha fomentado el desarrollo del turismo, actividad que puede llegar a generar ingresos para los productores de la región igual de importantes que la producción de la vid. Se ofrecen, por ejemplo, una amplia gama de restaurantes, sitios para acampar, balnearios, hoteles boutique, galerías de arte, tiendas de vinos, cultura indígena, sitios naturales y actividades al aire libre. Por lo tanto el proyecto no solo busca tener un impacto en la actividad vitivinícola sino también en incrementar el turismo que visita la región.

Proyecto del Valle de Guadalupe en Baja California



- A continuación se presenta el análisis detallado mediante el cual se determinó el potencial de participación privada del proyecto. Cada uno de los criterios se ha calificado y se ha establecido que el proyecto tiene un potencial "Alto" de participación privada. los criterios que se utilizaron para determinar el potencial APP de un **proyecto son los siguientes:**

  a) **Tamaño del proyecto:** El monto de inversión supera los $500 mdp, lo cual se considera suficientemente grande para compensar los costos de transacción relacionados con la estructuración de un APP y su cierre financiero. Por lo anterior se asignó una calificación "Alta" para este criterio.

  b) **Organización de la Asociación de Usuarios:** Los usuarios en su mayoría son pequeñas y medianas empresas que están organizados en torno a asociaciones de productores. También existen dos empresas de gran tamaño como LA Cetto y Pedro Domecq que producen más del 50% de la producción de vinos en la región y que cuentan con un importante poder de negociación. Por lo tanto se asignó una calificación "Alta" para este criterio.

  c) **Integración de la cadena de valor:** Si bien la mayor parte de la producción se destina al mercado local-nacional, el tipo de producto es de alto valor y la cadena para comercializar los productos está bien establecida. Además, la oferta está por debajo de la demanda y las perspectivas a futuro mues-

tran que la oferta crecerá a un ritmo menor que la demanda por lo que no se estima que la comercialización del producto sea un problema. Se asignó una calificación "Alta" para este criterio.

d) **Complejidad del diseño:** El proyecto incluye la construcción de un acueducto y una presa de almacenamiento lo cual supone cierta complejidad en el diseño, es por ello que se asignó una calificación "Media" para este criterio.

e) **Capacidad para definir el alcance y medir la calidad de la infraestructura:** En este proyecto se puede definir con claridad el tipo de infraestructura que se debe utilizar para prestar el servicio. Se asignó una calificación "Alta".

f) **Capacidad para definir el alcance y medir la calidad de los servicios:** En este proyecto se pueden definir con claridad los servicios que podría prestar el privado. Se asignó una calificación "Alta".

g) Integración de funciones: Excepto por las funciones de cobro, el resto de las funciones que comúnmente se transfieren al privado en un APP se transferirían al licitante ganador. Por lo tanto la calificación que se asigna a este criterio es "Alta".

- Después de hacer un recuento de las calificaciones asignadas a cada criterio se concluye que el proyecto tiene un potencial APP "Alto". Esto implica que el proyecto puede estructurarse a través de un APP ya que es muy probable que haya valor por dinero.

- Adicional a lo anterior, en la zona de influencia se han identificado las siguientes características que favorecen la estructuración de un APP:

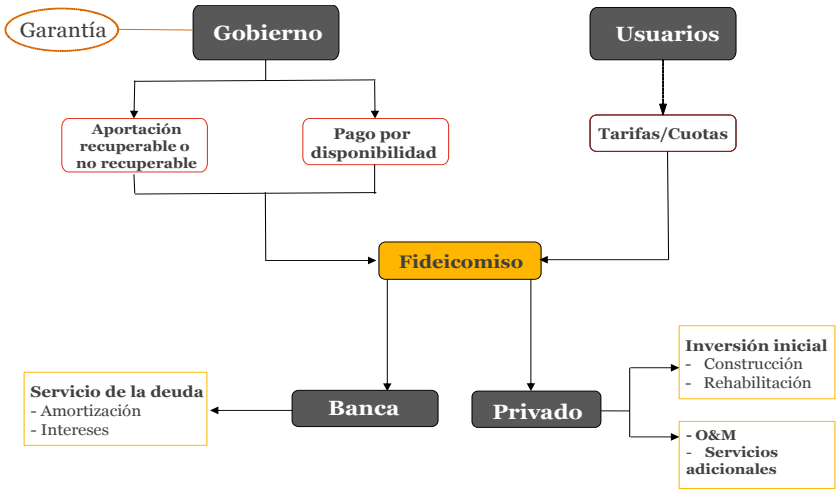
- **Latifundio:** Como se ha documentado, la propiedad de la tierra en la zona está concentrada en grandes productores y PyMES. Lo anterior favorece los esfuerzos para estructurar un APP ya que reduce el riesgo de cobro y facilita la negociación con los productores.
- **Capacidad de pago:** Debido al tipo de cultivo y producto de la zona, la capacidad de pago es alta. Incluso se podría evaluar la posibilidad de que el proyecto sea autofinanciable.
- **Visión empresarial:** De los cinco proyectos seleccionados, éste se distingue por contar con usuarios que tienen una visión empresarial amplia. No solo por el tipo de productos que se generan en la zona sino porque la producción de vid y vino de mesa se ha complementado con la actividad turísticas y gastronómica.
- Sobre-explotación de los acuíferos**: Al igual que en los casos anteriores, el Valle de Guadalupe experimenta** una sobre-explotación de acuífero que pone en jaque la continuidad de la actividad económica de la región.

- Dadas las características del proyecto es factible que el proyecto se realice como un APP Combinado o como un APP Autofinanciable. En el APP Combinado, las fuentes de pago provienen de recursos presupuestarios o no presupuestarios y de los usuarios, en este caso los productores, los que complementan el pago al privado a través de una tarifa que paguen por el agua que reciban.

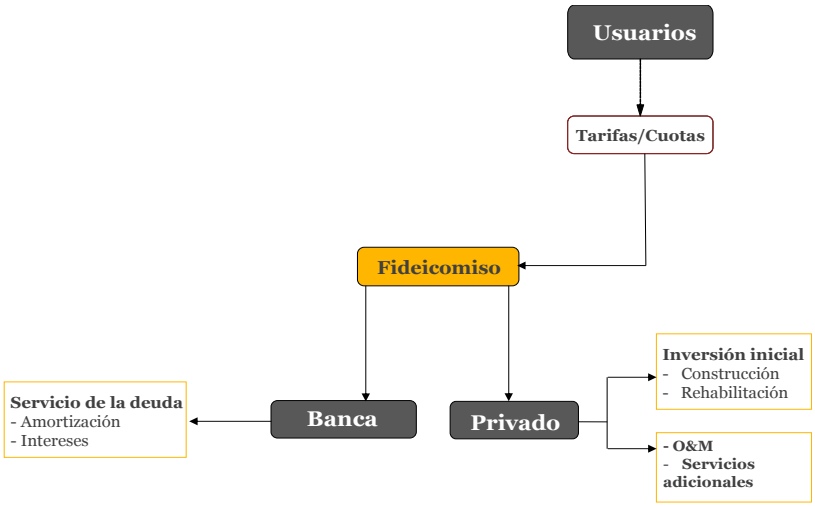
- Por su parte, el APP Autofinanciable es aquel en el que la cuota de los usuarios es la única fuente de pago del proyecto, tanto de la inversión inicial como de los costos de operación y mantenimiento del proyecto.

- El principal reto para la estructuración del proyecto "El Valle de Guadalupe" como una APP es determinar la tarifa por metro cúbico que los usuarios estarían dispuestos a pagar. También es necesario determinar la demanda de agua para el plazo del proyecto. Por otro lado, es necesario garantizar que la calidad del agua tratada que provenga de las plantas de tratamiento sea de la calidad que requieren los productores. Esta responsabilidad recae directamente en las plantas de tratamiento y en la CEA.

Esquema APP combinado



Esquema APP autofinanciable



- A continuación se presenta una tabla en donde se propone la distribución de riesgos y funciones entre los actores involucrados. Cuando se ha señalado a más de un actor para una determinada función o riesgo, implica que el riesgo/función podría ser compartido.

Distribución de riesgos y funciones

Función/riesgo	Gobierno	Privado	Usuarios
Función de diseño		X	
Función de construcción		X	
Administración del agua		X	
Función de operación		X	
Función de mantenimiento		X	
Función de cobro		X	
Riesgo de financiamiento	X	X	
Riesgos de causa de fuerza mayor	X	X	
Riesgo comercial			X
Riesgo de demanda	X		

Función/riesgo	Gobierno	Privado	Usuarios
Función de tratamiento de agua y entrega de agua tratada	X		

Fuente: Elaboración propia

- Como se puede observar, para el caso del proyecto en el Valle de Guadalupe hay un riesgo adicional que se ha identificado: el riesgo de demanda. Este riesgo se refiere a la cantidad de agua que demandarán los productores durante el plazo del contrato, el cual puede variar en función de condiciones meteorológicas de la región y el ciclo agrícola de producción de la vid. A priori, es evidente que existe un problema de escasez de agua por la poca precipitación que existe en la zona y por la sobreexplotación del acuífero, además se estima que los problemas de escasez de agua se acentúen en las próximas décadas. No obstante, lo anterior, podrían observarse algunos años a lo largo del plazo del contrato en los cuales la precipitación de agua en la zona sea anormal y eso provoque que la demanda de agua de los productores sea menor, lo cual va en detrimento de la rentabilidad financiera del proyecto. Por otro lado, para éste proyecto se observa una función adicional que es el tratamiento de agua y la entrega del agua tratada al operador del proyecto APP para que éste a su vez la conduzca a través del acueducto y la ponga a disposición de los agricultores. Como se describió en la sección correspondiente, el proyecto incluye la construcción de un acueducto que canalice el agua tratada de las tres plantas de tratamiento y la conduzca hasta la presa de almacenamiento. Por lo tanto, es responsabilidad de cada planta de tratamiento entregar la cantidad de agua que se haya comprometido, bajo las condiciones de calidad acordadas. Si llegará a existir una desviación en la calidad y cantidad de agua tratada, entonces podría haber una desviación en la viabilidad financiera del proyecto.

- En la siguiente tabla se resumen los principales resultados de los 4 escenarios analizados

Resumen de los escenarios de viabilidad financiera del proyecto

Variable	Escenario Base	Escenario dos	Escenario tres	Escenario cuatro
Monto de inversión	$2,049.68	$2,049.68	$2,049.68	$2,049.68
Crédito	$1,562.20	$1,562.20	$312.44	$1,093.54
Costos financieros	$282.04	$282.04	$56.41	$197.43
Capital de Riesgo	$769.52	$769.52	$233.90	$568.66
Subvención del Gobierno	0%	0%	80%	30%
Subvención del Gobierno	$0.00	$0.00	$1,559.74	$584.90
Ingresos	$18,980.57	$15,065.03	$15,065.03	$18,980.57
Costos de operación y mantenimiento	$3,389.50	$3,389.50	$3,389.50	$3,389.50
Demanda de agua	Máxima	Mínima	Mínima	Máxima
TIR	10.6%	6.6%	11.9%	11.7%

Fuente: Elaboración propia

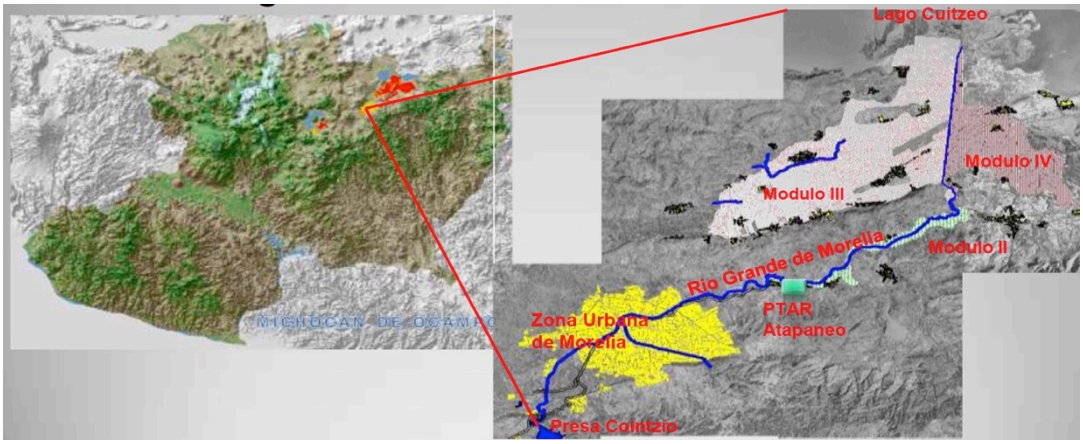
Proyecto "PTAR Atapaneo", Morelia, Michoacán

- El municipio de Morelia se ubica en la Zona Centro-Norte del Estado de Michoacán, específicamente en la región III Cuitzeo. Forma parte de la zona metropolitana de Morelia en conjunto con los municipios de Tarímbaro, Álvaro Obregón y Charo. Limita al norte con Tarímbaro, Chucandiro y Huaniqueo, al este con Charo y Tzitzio; al sur con Villa Madero y Acuitzio; y al oeste con Lagunillas, Coeneo, Tzintzuntzan y Quiroga. La cabecera municipal, la ciudad de Morelia, constituye el área urbana número uno de Michoacán, con 67.2 km^2, lo que representa 13% en relación con la superficie del Estado. La superficie destinada a la agricultura es de 393 km^2 y cuenta con 294 km^2 de bosque, lo que coloca al municipio en el 6° y 7° lugar en el Estado, respectivamente. El Río Grande, que atraviesa la ciudad de Morelia, conduce el agua desde la presa Cointzio hasta los módulos II, III y IV del Distrito de Riego 020. A su paso se encuentra la PTAR Atapaneo, construida en 2007 y que trata una parte de las aguas residuales de la ciudad de Morelia. Como se observa en la

figura, aguas debajo de la PTAR de Atapaneo se encuentran los módulos II, III y IV del Distrito de Riego 020 Morelia-Queréndaro que abarcan parte de los municipios de Morelia, Tarímbaro, Charo, Álvaro Obregón, Indaparapeo, Queréndaro y Zinapécuaro. Los tres módulos se encuentran en el trayecto del Río Grande de Morelia en donde el agua ya está mezclada entre los volúmenes que provienen de la Presa Cointzio, el agua tratada de la PTAR de Atapaneo y las aguas negras que no han sido tratadas por la PTAR. El agua que lleva el cauce del río es utilizada para el riego.

- El OOAPAS de Morelia cuenta con dos plantas de tratamiento de aguas residuales con una capacidad instalada total de 1,410 lps. La PTAR de Atapaneo que está diseñada para un gasto de 1,200 lps y la PTAR de Itzícuaros con un gasto de diseño de 210 lps. La PTAR Atapaneo inició operaciones en 2007 y su principal cuerpo receptor es el Lago de Cuitzeo; en ella se trata aproximadamente el 86% de las aguas generadas por la ciudad. La planta de tratamiento de aguas residuales Atapaneo, que actualmente opera y recibe las descargas de la cabecera municipal de Morelia, se encuentra asentada en un predio de 20 has y cuenta con 8 has de construcción, tiene una capacidad para tratar un gasto medio de 1,200 lps de aguas residuales, aplicados en un arreglo de dos módulos, con un gasto de 600 lps cada uno, además está diseñada para remover los contaminantes y para producir agua tratada que cumple con los requerimientos de la NOM-001-1996-SEMARNAT, NOM-003-SEMARNAT-1997 y NOM-004- SEMARNAT-2001.

Localización del PTAR Atapaneo, Morelia, Michoacán



Fuente: CONAGUA, 2013, Aprovechamiento del agua tratada de la PTAR Atapaneo.

- El proyecto consiste en ampliar la PTAR Atapaneo para incrementar su capacidad instalada a 1,800 lps aprovechando las instalaciones existentes. Con la ampliación de la planta se pretende atender las necesidades de tratamiento de agua residual de Morelia de mediano y largo plazo. La inversión que se estima para la ampliación de la PTAR es de $410 mdp. Además, el OOAPAS de Morelia plantea un programa de tecnificación y modernización de los sistemas de riego en área de los módulos II, III y IV del Distrito de Riego 020 para maximizar el uso del agua. Incluso se ha propuesto el entubamiento del agua tratada desde la descarga de la PTAR Atapaneo hasta el inicio de cada uno de los módulos y la red de distribución interparcelaria. Se estima que la línea de conducción principal tenga una longitud aproximada de 23 km. Se prevé que la inversión para tecnificar la zona de riego sea de $20 a $25 mil pesos por ha.

- El distrito de riego 020 se ve afectado actualmente por la condición de las aguas, las cuales no cuentan con la suficiente calidad que permita a los agricultores migrar de cultivos de bajo valor a cultivos de mayor valor como hortalizas y frutillas. La solución que ha planteado la autoridad es la de ampliar la PTAR de Atapaneo con la finalidad de mejorar la calidad del agua y permitir que los productores migren a otros cultivos que incrementen sus ingresos. Como se menciona en el punto anterior, el OOA-

PAS busca realizar una inversión para tecnificar y modernizar los sistemas de riego en áreas compactas de los módulos II, III y IV del Distrito de Riego 020 con la finalidad de que los productores reduzcan el consumo de agua y que se impulse la conversión del cultivo de granos básicos por cultivos más rentables como pueden ser jitomate, chile, cebolla, zanahoria, frutillas, entre otros.

- Finalmente, el OOAPAS de Morelia busca que la reducción en el consumo de agua en los módulos de interés genere un excedente de agua que los productores estén dispuestos a intercambiar, de tal forma que la disponibilidad de agua de la presa Cointizio se incremente para destinarla a uso urbano. Se estima que con la tecnificación y modernización de la zona de riego la eficiencia en el uso del agua se incremente de un 58% a un 80%.

- A continuación, se presenta el análisis detallado mediante el cual se determinó el potencial de participación privada en la ampliación de la PTAR Atapaneo y modernización y tecnificación de la zona de riego. Cada uno de los criterios se ha calificado y se ha establecido que el proyecto tiene un potencial "Medio" de participación privada. Los criterios que se utilizaron para determinar el potencial APP de un proyecto son los siguientes:

  a) **Tamaño del proyecto:** El monto de inversión supera los $500 mdp, lo cual se considera suficientemente grande para compensar los costos de transacción relacionados con la estructuración de un APP y su cierre financiero. Por lo anterior se asignó una calificación "Alta" para éste criterio. Sin embargo, si el proyecto no se evalúa de manera integral y se decide que la modernización y tecnificación de la zona de riego es un proyecto independiente de la ampliación de la PTAR, entonces el monto de inversión es menor a los $250 mdp y por lo tanto se le asignaría un potencial "Bajo".

  b) **Organización de la Asociación de Usuarios:** Los usuarios de los módulos II, III y IV están organizados en torno a Asociaciones de Usuarios (ASU) que están formalmente constituidas como Asociaciones Civiles. En dichas ASUs se recolectan las cuotas para la O&M de los canales y drenes de la zona de riego. El nivel de organización varía entre cada ASU y el compromiso en el pago de las cuotas también es diverso. Por lo anterior se ha asignado una calificación "Media" a este criterio.

  c) **Integración de la cadena de valor:** Los principales cultivos que se producen en el Distrito de Riego 020 son forrajes y son comercializados en la región. Son cultivos de bajo valor pero que encuentran cabida en los mercados locales y regionales. Por lo anterior, se asignó una calificación "Media" para este criterio.

  d) **Complejidad del diseño:** El proyecto incluye la ampliación de una planta de tratamiento, la construcción de un acueducto, líneas de distribución interparcelaria y la modernización y tecnificación de la zona de riego. Por la diversidad de obras que se pretenden llevar a cabo se ha asignado una calificación "Baja" para este criterio.

  e) **Capacidad para definir el alcance y medir la calidad de la infraestructura:** En este proyecto se puede definir con claridad el tipo de infraestructura que se debe utilizar para prestar el servicio. Se asignó una calificación "Alta".

  f) Capacidad para definir el alcance y medir la calidad de los servicios: Dada la diversidad de la infraestructura que se pretende desarrollar es complejo definir con claridad los servicios que debe prestar el privado. Se asignó una calificación "Media".

  g) **Integración de funciones**: Las funciones en la PTAR están claramente definidas conforme a los esquemas APP que se han utilizado en otros casos en México. Sin embargo, en la zona de riego es posible que las funciones de cobro y operación y mantenimiento del sistema de riego no se transfieran al privado. Por lo tanto, la calificación que se asigna a este criterio es "Alta".

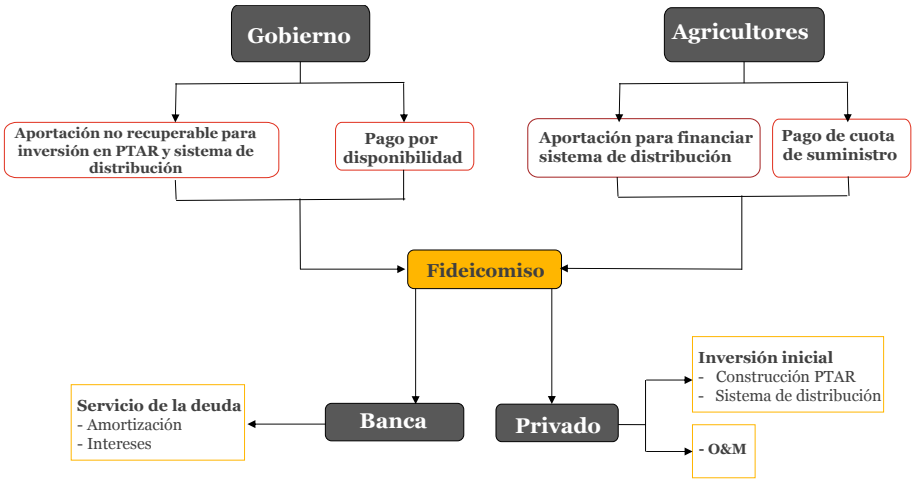
- Adicional a lo anterior, en la zona de influencia se han identificado los siguientes factores que favorecen la estructuración de un APP:

  - **Visión empresarial:** Existe el deseo de los productores de migrar a cultivos más rentables, lo que supone el desarrollo de capacidades y la búsqueda de nuevos mercados.
  - **Disponibilidad de agua:** El agua a la que tienen derecho los agricultores de los módulos II, III y IV del Distrito de Riego 020 no es suficiente para dar un riego óptimo a sus cultivos. Una de las soluciones que se ha planteado es reconvertir los cultivos, de forrajes a cultivos de mayor valor, que puedan utilizar menos agua. Además de modernizar y tecnificar el riego en la zona. A través de estas acciones se pretende disminuir el consumo de agua.

- Dadas las características del proyecto es factible que el proyecto se realice como un APP Combinado. En el APP Combinado, las fuentes de pago provienen de recursos presupuestarios o no presupuestarios y de los usuarios, en este caso los productores, los que complementan el pago al privado a través de una tarifa que paguen por el agua que reciban.

- El otro esquema que se revisó fue la Reutilización del agua, en donde existe un intercambio de agua limpia por agua gris entre los agricultores y un organismo operador[1]. Estos casos se han observado en algunas ciudades de México y en otras del mundo en donde existe escasez de agua, por lo que el gobierno local busca llegar a un acuerdo con los agricultores para que éstos cedan o vendan parte del agua que tienen concesionada y reciban o compren a la ciudad aguas tratadas. En la siguiente figura se sintetiza el esquema. En este tipo de esquemas es común que el gobierno municipal realice las inversiones en la infraestructura de tratamiento y distribución del agua gris. Se espera que el agricultor ceda parte del agua que tiene concesionada a cambio del agua gris y pague una compensación dado que el agua limpia tiene un valor más alto que el agua gris. Esta compensación adicional puede ser utilizada como una fuente de pago alterna en un esquema APP.

Reutilización/intercambio de agua gris por agua limpia



Fuente: Elaboración propia

- A continuación se presenta una tabla en donde se propone la distribución de riesgos y funciones entre los actores involucrados. Cuando se ha señalado a más de un actor para una determinada función o riesgo, implica que el riesgo/función podría ser compartido.

[1] Los organismos operadores se encargan de operar, conservar y administrar los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento de un municipio o de una entidad federativa.

Distribución de riesgos y funciones

Función/riesgo	Gobierno	Privado	Usuarios/SPR
Función de diseño		X	
Función de construcción		X	
Administración del agua	X		
Función de operación		X	
Función de mantenimiento		X	
Función de cobro		X	
Riesgo de financiamiento	X	X	
Riesgos de causa de fuerza mayor	X	X	
Riesgo comercial			X

Fuente: Elaboración propia

- Para este proyecto, que plantea el intercambio de agua entre los productores y el OOAPAS, se requiere que las partes establezcan un acuerdo de largo plazo que dé certidumbre al intercambio. Cabe mencionar que la tabla anterior se ha elaborado considerando que el esquema APP aplica para la ampliación de la PTAR Atapaneo y que uno de los beneficios que se deriven de este proyecto sea el uso de agua tratada para fines agrícolas, así como el intercambio de aguas. Finalmente, es importante señalar que la ampliación de la PTAR tendrá que ser licitada y contratada por el OOAPAS al amparo de la ley de prestación de servicio local.

- En la siguiente tabla se resumen los principales resultados de los 3 escenarios analizados:

Resumen de los escenarios de viabilidad financiera del proyecto

Variable	Escenario Base	Escenario dos	Escenario tres
Monto de inversión	$516	$567	$567
Crédito	70%	70%	70%
Capital de Riesgo	30%	30%	30%
Aportación no recuperable	49%	49%	49%
Hectáreas regadas	2,898	3,622	3,622
TIR	12.2%	12.1%	12.1%

SOBRE LA EVALUACIÓN DE MERCADO Y EL ANÁLISIS DEL CONTEXTO PROPICIO PARA LOS PROYECTOS DE APP EN EL SECTOR HIDRO-AGRÍCOLA

- Una vez que se concluyó el estudio de viabilidad de los tres proyectos seleccionados se convocó a un taller de trabajo al que asistieron los actores relevantes en el desarrollo y operación de proyectos en el sector hidro-agrícola. El objetivo del taller fue presentar los principales resultados de la iniciativa sobre Asociaciones Público-Privadas en el sector Hidroagrícola y discutir los elementos clave legales y financieros en la estructuración de los proyectos. También se adaptó la metodología "WIGI" desarrollada por la Corporación Financiera Internacional que permite determinar el nivel de madurez de los elementos de economía política sectorial que facilitan la participación de la inversión privada en el desarrollo de proyectos en el sector de agua potable. Cabe señalar que los resultados que se obtuvieron pueden ser tomados como el punto de partida para la aplicación de la metodología WIGI en un futuro.

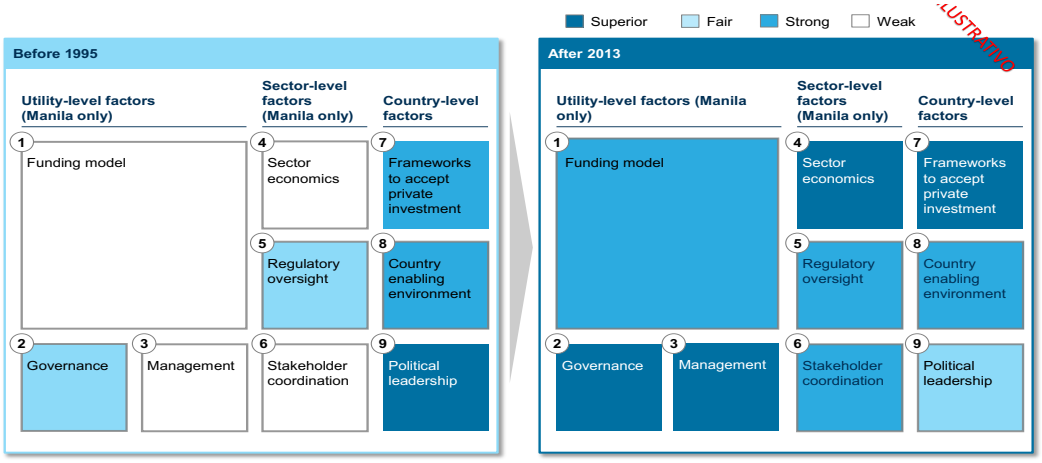
- El taller contó con la participación de varias instituciones gubernamentales como la CONAGUA, SAGARPA, BANOBRAS y FOCIR, miembros del Consejo Consultivo del Agua, el 2030WRG, el Banco Mundial, la Corporación Financiera Internacional, usuarios de distritos y unidades de riego, empresas

de tecnología, empresas constructoras de infraestructura, empresas que dominan las cadenas de valor como Grupo Modelo, fondos de inversión y consultores.

- La metodología WIGI puede utilizarse como una herramienta de diagnóstico del sector agua y puede ayudar a trazar la ruta de transformación del mismo. Es importante mencionar que la metodología se desarrolló para ser aplicada en diversos sectores económicos, por lo que para efectos del estudio, la metodología se adaptó a las consideraciones y temas relevantes del sector hidro-agrícola. Cabe aclarar que este fue solo un primer esfuerzo incipiente de adaptación de la metodología y no puede considerarse como un esfuerzo terminado o definitivo.

- La metodología está basada en tres pilares, los cuales a su vez contienen 9 criterios de alto nivel que ayudan a explicar los principales factores para el éxito de las inversiones. Para cada criterio se definen indicadores que son evaluados por expertos y especialistas que, con base en su experiencia, asignan un grado de fortaleza a cada criterio. Una vez que se ha definido un grado de fortaleza de cada criterio, es posible visualizar de manera clara cuales son los aspectos que representan un área de oportunidad para el sector y sobre los que hay que trabajar de manera más ardua para propiciar la inversión privada en las inversiones. Para fines ilustrativos, a continuación se muestra el resultado que se obtuvo de aplicar la metodología a un sector de la economía de Filipinas.

Ejemplo de la aplicación de la metodología del IFC



Fuente: Caso de estudio de un sector de la economía de Filipinas, Corporación Financiera Internacional

Aplicación de la metodología en el sector hidroagrícola en México

- Para identificar la situación actual del sector hidro-agrícola, así como los principales obstáculos que existen, durante el taller se utilizó como referencia la metodología WIGI y se adaptó al sector hidro-agrícola. Para ello se definieron 8 criterios con sus indicadores, los cuales se considera que representan los temas relevantes del sector. A continuación,se muestran los indicadores definidos.

Pilares e indicadores de la metodología para el sector hidroagrícola

Servicio Público	1	Modelo Financiero	1a. Involucramiento de diversos actores que apoyen el financiamiento del proyecto 1b. Entorno legal y participación gubernamental que proporcione mayor certidumbre a la recolección de pagos 1c. Participación de entidades gubernamentales para otorgar garantías y disminuir los riesgos presentes en el sector
	2	Gobernabilidad	2a. Existencia de una figura legal que aglutine a los usuarios y al sector privado 2b. Participación de los usuarios en el fideicomiso
Nivel Sector	3	Economía del sector	3a. Las tarifas reflejan los costos 3b. Clara priorización de los objetivos reflejados en la economía (por ejemplo, subsidios)
	4	Marco Regulatorio	4a. Existencia de un ente regulador independiente
	5	Coordinación de actores	5a. Coordinación interinstitucional que fomenta la eficiencia del sector 5b. Aplicación de las políticas locales y nacionales
Nivel País	6	Marco legal adecuado para inversión privada	6a. Existencia de marco regulatorio para inversiones bajo el esquema APP 6b. El marco regulatorio es claro y fomenta la inversión en proyectos con inversión privada
	7	Ambiente propicio para las inversiones	7a. Existe interés del sector privado en invertir en el sector 7b. Facilidad para hacer negocios, incentivos suficientes
	8	Liderazgo político	8a. Existencia de promotores políticos en posiciones de autoridad 8b. Capacidad para articular una ruta de transformación del sector

- La metodología sugiere que se evalúe cada indicador dependiendo de la experiencia de cada evaluador y/o experto, por lo que, para efectos del taller se formularon preguntas para cada indicador, las cuales fueron distribuidas entre los asistentes que a su vez se agruparon en mesas de trabajo. A continuación,se muestran las preguntas formuladas.

Cuestionario aplicado en el taller

Servicio Público	1	Modelo Financiero	• ¿Cómo se puede optimizar la participación de los diferentes actores (FNI, Gobierno Estatal, CONAGUA, Banca de desarrollo, otros) en el financiamiento de este tipo de infraestructura? • ¿Cómo reducir la incertidumbre en la fuente de pago (cuotas de los usuarios)? • ¿Qué tipo de riesgos se pueden mitigar a través de garantías? ¿Quiénes podrían aportar esas garantías?
	2	Gobernabilidad	• ¿Qué tipo de figura legal/asociativa que aglutine a los usuarios y al sector privado es la más adecuada para participar en esquemas APP? • En el fideicomiso del proyecto, ¿qué participación deberían tener los usuarios?
Nivel Sector	3	Economía del sector	• ¿De qué manera afecta la cultura de cobro-pago en el sector hidroagrícola la viabilidad de esquemas APP? • ¿De qué manera podría transformarse la cultura de cobro-pago en el sector? • ¿Cómo afecta la estructura de subsidios (Conagua, CFE-tarifa 09, Sagarpa) la realización de proyectos APP en el sector hidroagrícola?
	4	Marco Regulatorio	• ¿Qué facultades debería tener el regulador de las APPs en el sector hidroagrícola?
	5	Coordinación de actores	• ¿Cómo se puede fortalecer la coordinación inter-institucional para fomentar eficiencias en el proceso productivo y en el fortalecimiento de las cadenas de valor, que son dos factores clave para dar viabilidad a los esquemas APP?
Nivel País	6	Marco legal adecuado para inversión privada	• ¿Qué modificaciones al marco legal son necesarias para fomentar el uso de esquemas APP en el sector hidroagrícola?
	7	Ambiente propicio para las inversiones	• ¿Existe en México un sector privado dispuesto a participar en esquemas de APP en el sector hidroagrícola? • ¿Qué condiciones son necesarias para que el sector privado tenga incentivos para participar en esquemas APP en el sector hidroagrícola?
	8	Liderazgo político	• ¿De qué manera se podría articular una ruta de transformación del sector hidroagrícola para propiciar una mayor inversión privada? • ¿Quiénes deberían ser los promotores de ésta transformación?

- Los asistentes al taller respondieron las preguntas formuladas y de acuerdo con su experiencia y conocimiento del sector. A continuación, se muestra el resumen de las recomendaciones y respuestas de los asistentes. En la siguiente figura se muestran las respuestas textuales de los participantes.

Servicio Público

1 Modelo Financiero

1. ¿Cómo se puede optimizar la participación de los diferentes actores (FNI, Gobierno Estatal, CONAGUA, Banca de desarrollo, otros) en el financiamiento de este tipo de infraestructura?
   - Debe existir planeación bajo criterios estandarizados, por ejemplo fuente de pago, asignación de riesgos. A partir de la planeación se debería de definir una cartera de proyectos priorizada.
   - Generar contratos estandarizados
   - Crear un Comité interinstitucional encabezado por CONAGUA que coordine la planeación del sector
   - Que el APP incorpore acciones de mejora en la eficiencia de riego para tener cultivos más redituables
2. ¿Cómo reducir la incertidumbre en la fuente de pago (cuotas de los usuarios)?
   - Parte privada: una buena estructuración del esquema APP, certidumbre tarifaria, indexación, transparencia en el fideicomiso, garantías.
   - Mediante la incorporación de tractoras o comercializadoras para una introducción a la cadena de valor.
   - Evaluaciones de proyectos con proyecciones basadas en la mejora de la producción en las condiciones actuales
   - Pagos progresivos con base en la productividad
   - Visión integral en el diseño de las APPs en donde se inserte al prestador del servicio en la cadena de valor y que esto genere mayor ingreso para el usuario.
3. ¿Qué tipo de riesgos se pueden mitigar a través de garantías? ¿Quiénes podrían aportar esas garantías?
   - El principal riesgo es la fuente de pago del proyecto. Se recomienda la intervención del gobierno a través de garantías, o bien, que se contraten seguros en caso de que los usuarios no puedan enfrentar el pago de los servicios
   - Que los productores agrícolas se constituyan en una entidad jurídica capaz de proveer garantías de cumplimiento (Bolsa para cumplir faltantes de liquidez)
   - Riesgo de bancabilidad, de desempeño, de pago oportuno.

2 Gobernabilidad

1. ¿Qué tipo de figura legal/asociativa que aglutine a los usuarios y al sector privado es la más adecuada para participar en esquemas APP?
   - No se deben asociar usuarios con el sector privado
2. En el fideicomiso del proyecto, ¿qué participación deberían tener los usuarios?
   - Los usuarios deberían ser los fideicomitentes del fideicomiso

Nivel Sector

3 Economía del sector

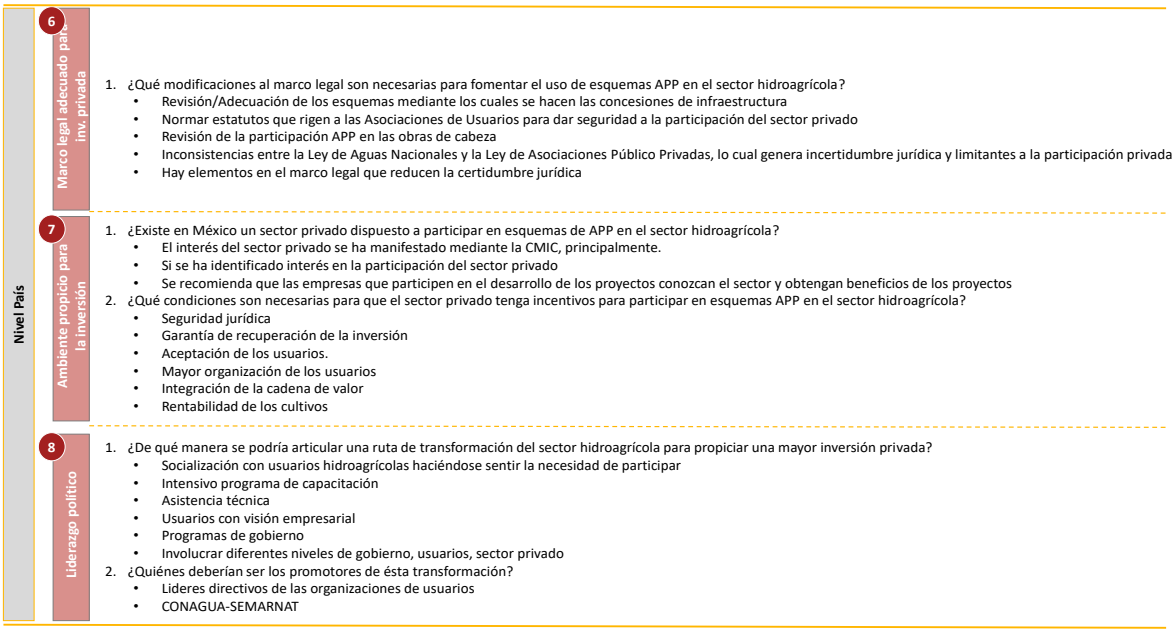
1. De qué manera afecta la cultura de cobro-pago en el sector hidroagrícola la viabilidad de esquemas APP?
   - La gente quiere pagar pero de acuerdo a su capacidad
   - Distintas regiones tienen distintas disposiciones y cultura Cobro Pago
   - Consideran que el agua asociada a la tierra es un derecho social ganado en México
   - La cultura de cobro pago produce incertidumbre en el sector privado en invertir, dada la comodidad del productor por los subsidios recibidos
2. ¿De qué manera podría transformarse la cultura de cobro-pago en el sector?
   - Para modificar la cultura se debe capacitar al usuario productor
   - Apoyo técnico-administrativo a las asociaciones de usuarios
   - A través de ejemplos de casos de éxito cercanos
   - Concientizar a los productores que al tecnificar obtendrán mejores rendimientos
3. ¿Cómo afecta la estructura de subsidios (Conagua, CFE-tarifa 09, Sagarpa) la realización de proyectos APP en el sector hidroagrícola?
   - De manera histórica, el sector se caracteriza por la presencia de subsidios, sin embargo debería existir la participación económica de los usuarios
   - Se confunde la "subsidiariedad" con la solidaridad y riesgo compartido.
   - Inhibe la inversión a largo plazo de los APPs e impide beneficios a corto plazo

4 Marco Regulatorio

1. ¿Qué facultades debería tener el regulador de las APPs en el sector hidroagrícola?
   - El regulador debería tener facultades de supervisión global de proceso de cada proyecto APP. Además debería tener la capacidad de sancionar a las partes que incumplan con lo establecido en el contrato, y debería poder dar recomendaciones técnicas y administrativas
   - Revisar los compromisos contractuales de los usuarios respaldado en un contrato

5 Marco Regulatorio

1. ¿Cómo se puede fortalecer la coordinación inter-institucional para fomentar eficiencias en el proceso productivo y en el fortalecimiento de las cadenas de valor, que son dos factores clave para dar viabilidad a los esquemas APP?
   - Para fortalecer las cadenas de valor se recomienda, de manera inicial, identificar a los actores relevantes. Crear un comité para analizar cada proyecto susceptible de desarrollarse como APP. Que cada institución involucrada tenga una estructura orgánica exclusiva para APPs. Convencer a los altos tomadores de decisiones para que apoyen a los APP.
   - A través de talleres y reuniones de integración y capacitación de productores e instituciones para que todos tengan el nivel de conocimiento y compromiso para lograr los objetivos



Conclusiones de la fase de evaluación de mercado y del análisis de contexto propicio

- El taller logró reunir a los principales actores del sector hidro-.agrícola en el país, los cuales tuvieron la oportunidad de conocer la posición del gobierno con respecto al uso del esquema APP en el sector y conocer los resultados de la iniciativa que se ha llevado a cabo para identificar proyectos con potencial de estructurarse como APPs.

- Con base en los comentarios realizados por los asistentes al taller se puede concluir que existe interés por parte de los actores involucrados en el sector para desarrollar proyectos bajo esquemas distintos al esquema tradicional bajo el cual se ha desarrollado la infraestructura hidro-agrícola en el país -inversión gubernamental directa- y debido a las condiciones presupuestales que dominan el escenario actual y que restringen la inversión gubernamental.

- Si bien existe interés en desarrollar proyectos bajo esquemas APP existen algunos puntos clave que deben considerarse como:

  a) **La necesidad de identificar situaciones en donde existan cultivos de alto valor y en donde exista una cadena de valor establecida.** En la medida en que se cumpla con ambas condiciones la fuente de pago tendrá menor incertidumbre. Lo anterior está alineado a la idea de que el esquema APP no pretende ser un mecanismo que resuelva las necesidades de construcción o rehabilitación de infraestructura en cualquier situación. Es necesario que se cumplan con ciertas condiciones para maximizar las probabilidades de éxito.

  b) **La incertidumbre de la fuente de pago que proviene de las cuotas de los usuarios puede mitigarse a través de garantía o de fondos de reserva.** También se mencionó que el marco legal existente permite establecer mecanismos que incentiven el pago puntal de las cuotas.

  c) **La organización de los usuarios es clave para asegurar el éxito del esquema comenzando por la disponibilidad a pagar una cuota a cambio de un servicio.**

  d) **El perfil de las empresas privadas que estén interesadas en el desarrollo de proyectos bajo esquemas APP difiere del perfil que usualmente se ve en APPs de otros sectores. Para el caso hidroagrícola las empresas que estén interesadas en integrarse a la cadena de valor serán las que puedan contribuir mas definitivamente al éxito del proyecto en mayor medida.** Por ejemplo, existen empresas interesadas

en que los agricultores de una región produzcan un cultivo de ciertas características y de determinada calidad porque esas empresas a su vez son las que consumen esos productos, ya sea porque son insumos para otros productos o porque los comercializan en mercados más rentables.

e) Es necesario que los proyectos se evalúen de manera integral y para lograrlo es indispensable que las dependencias como SAGARPA y CONAGUA colaboren de manera estrecha en la planeación y en evaluar la factibilidad de los proyectos.

f) **Finalmente, es necesario fortalecer la capacidad institucional de las dependencias de gobierno para evaluar la factibilidad de incorporar al sector privado en proyectos que se puedan desarrollar bajo esquemas APP.**

- Algunos de los puntos que se enlistaron deberán atenderse cuando se estructure el APP, tal es el caso de las garantías, de los servicios ofrecidos por el privado, de la participación de los usuarios en el proyecto, entre otros. Sin embargo, existen otros elementos que implican cambios de una magnitud distinta y que pueden tener un impacto mayor en el largo plazo como es el desarrollo de capacidades al interior de las dependencias, la coordinación inter-institucional y la definición de planes integrales de largo plazo que aborden el tema desde la óptica de la rehabilitación/construcción de infraestructura y de cómo incrementar la productividad del agua.

SOBRE LAS RECOMENDACIONES DE POLÍTICA PÚBLICA

- A continuación, se hace un recuento de las áreas de oportunidad -a manera de recomendaciones de política pública- que fueron identificadas durante la implementación de la iniciativa.

Portafolio de proyectos

- Unos de los retos de la iniciativa desde el primer momento- fue la identificación de proyectos, ya que se observa cierta dispersión en los mismos a través de las diferentes oficinas locales de la CONAGUA. Si bien existe un portafolio de proyectos en la CONAGUA, la calidad de la información y el nivel de detalle es heterogéneo y por otro lado existen necesidades -e inclusive proyectos estructurados- que las oficinas locales han identificado, pero que no se comunican de manera efectiva a las oficinas centrales. Es por ello que se recomienda integrar una cartera de proyectos en donde se facilite a las oficinas locales aportar las necesidades identificadas y las opciones de solución y proyectos que se proponen para atender dichas necesidades. Además, es necesario estandarizar la información de los proyectos a través de la definición de la información que resultaría relevante para la toma de decisiones. Es común que se integren fichas técnicas de proyectos en donde se incluye, entre otros, la siguiente información: nombre del proyecto, descripción del proyecto, ubicación, beneficios, inversión inicial, estatus de los elementos del proyecto, calendario de actividades y riesgos identificados. Sin embargo, es claro que esta información no es suficiente para una adecuada toma de decisiones y luego entonces es necesario establecer criterios claros de información sobre el potencial de APP de los proyectos.

Difusión del esquema APP

- Otro de los retos es que el esquema APP no ha sido utilizado en el sector hidro-agrícola en México por lo que algunos actores dudan de los beneficios del esquema y son a veces hasta resistentes a esta opción. Al respecto, se sugiere a la CONAGUA hacer una difusión del esquema APP entre los actores relevantes del sector (usuarios, oficinas locales, etc.) lo cual puede realizarse a través de talleres, eventos de difusión, capacitación, etc. Además, se sugiere llevar a cabo un proyecto piloto que pueda ser utilizado como referencia para hacer un uso más extensivo del esquema.

Capacidades institucionales

- A la par de hacer una difusión del esquema APP en el sector hidro-agrícola es necesario robustecer las capacidades institucionales de la CONAGUA en materia de APPs, lo cual implica destinar más recursos humanos y económicos a la identificación, evaluación y estructuración de proyectos en el sector hidro-agrícola. En la CONAGUA, el esquema APP es conocido y se hace uso del mismo en proyectos de agua potable y saneamiento y por lo tanto existen ciertas capacidades desarrolladas en ese sector. Sin embargo, esas capacidades deben permear al sector hidro-agrícola (y también a otros sectores de la administración y gestión de los recursos hídricos).

- Resulta muy relevante evaluar la posibilidad y viabilidad de establecer una oficina especializada en materia de integración y gestión de APPs dentro de la CONAGUA y que de servicio sobre la materia de manera transversal a todas las áreas de la institución. Esta oficina estaría también encargada de desarrollar una política integral de APP para la institución y de articularse con las entidades (públicas, privadas y de cooperación internacional) para impulsar los proyectos de APP.

Propuestas no solicitadas

- Por otro lado, en la Ley APP se regula la figura de la Propuesta No Solicitada (PNS), la cual puede ser un instrumento efectivo para incorporar al sector privado en la planeación, preparación y ejecución de proyectos. Sin embargo, para que la PNS sea un instrumento efectivo es necesario que la dependencia, en este caso la CONAGUA, determine el procedimiento que se debe seguir cuando se reciba una PNS y que además cuente con la capacidad institucional para evaluar, orientar e impulsar el desarrollo de las propuestas.

- Por lo anterior, se sugiere definir un procedimiento para la revisión de PNS de tal forma que el sector privado tenga claridad de los procesos a seguir. De igual forma se sugiere definir una ventanilla única encargada de recibir, evaluar y dictaminar las PNS, debido a que los privados pueden presentar PNS que atiendan necesidades de diferentes sectores como agua potable, saneamiento, infraestructura hidro-agrícola, etc. y resulta indispensable que la dependencia siga un procedimiento y criterios homogéneos para evaluar las propuestas.

Coordinación inter-institucional

- Para que un proyecto hidro-agrícola tenga probabilidades mayores de éxito es necesario que se conjuguen diversos factores como el correcto y oportuno desarrollo de la infraestructura, la maximización del ingreso gracias a la elección de cultivos rentables y propios de la región y a una adecuada comercialización de los productos. Para que estos elementos se conjuguen de manera efectiva es indispensable que exista una adecuada coordinación inter-institucional, ya que en los proyectos agrícolas participan la CONAGUA y diversos organismos, como la SAGARPA, FIRA, FOCIR, etc. Además, otro actor indispensable son los usuarios.

- Para mejorar la coordinación inter-institucional se observa en la práctica internacional la creación de organismos colegiados de coordinación en donde existan representantes de los diferentes sectores involucrados de tal manera que se garantice una evaluación multidisciplinaria de las necesidades y se articulen soluciones integrales.

Generación de proyecto pilotos como ejemplo y para derivar lecciones aprendidas

- El trabajo que se ha realizado como parte de la iniciativa y que se resume en este informe presenta un análisis de viabilidad desde la óptica ambiental, económica, financiera, técnica y de mercado para tres proyectos que mostraron tener el mayor potencial de participación privada. Los tres proyectos presen-

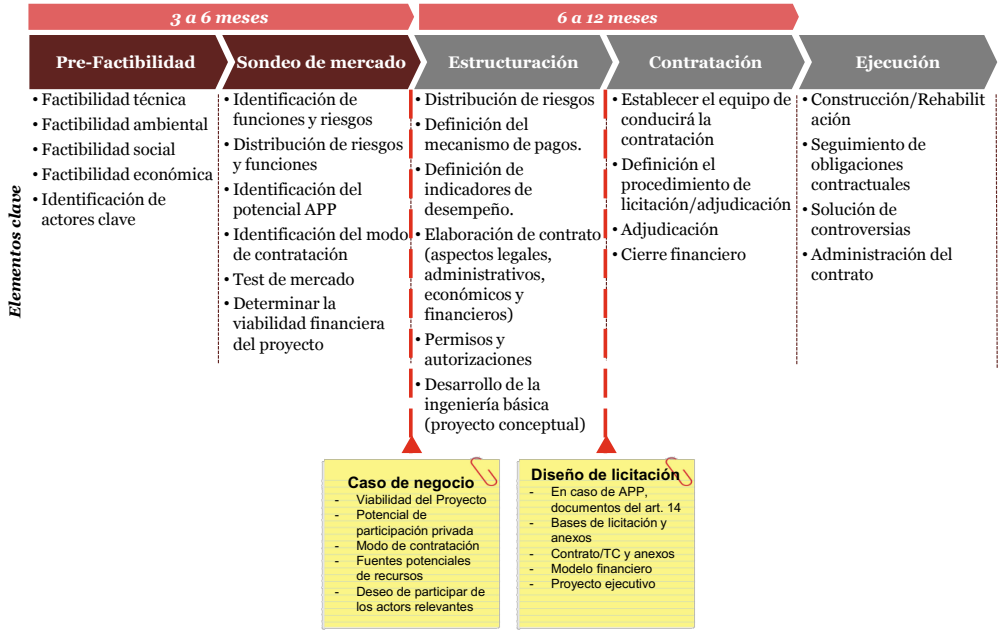
tan un potencial alto para estructurarse como APP y para poder llevarse a cabo como proyectos piloto para tomarlos como punto de referencia y difusión del esquema. Puede encontrarse otros proyectos - de ser el caso de una diferente alineación estratégica con las prioridades de las autoridades- pero lo importante sería mostrarle a los diferentes actores interesados que es posible la implementación de proyectos de infraestructura hidro-agrícola a través de la modalidad de APP.

OBJETIVOS Y ALCANCE DE LA INICIATIVA DE ASOCIACIONES PÚBLICO-PRIVADAS EN EL SECTOR HIDRO-AGRÍCOLA

1.1 Los objetivos principales de la iniciativa consisten en (i) entender cuáles son algunas de las barreras y oportunidades mas importantes para desarrollar proyectos de infraestructura hidro-agricola a través de la modalidad de asociaciones público-privadas (APPs), (ii) elaborar casos de negocio que contengan elementos técnicos, ambientales, sociales y económicos de los proyectos hidro-agrícolas pre-seleccionados y (iii) determinar el potencial de participación privada así como el modo de contratación más adecuado para el desarrollo de los mismos.

1.2 El alcance de la iniciativa incluye la elaboración de estudios que permitan evaluar la viabilidad de estructurar dichos proyectos a través de la modalidad de APP. Los casos de negocio y estudios de prefactibilidad que se realicen bien podrán ser utilizados como parte de la estructuración de los proyectos en una fase posterior, si el caso fuere de que las autoridades decidieran seguir adelente con ellos.

1.3 La siguiente figura resume el proceso de desarrollo de la iniciativa, que contempla desde la identificación hasta la ejecución de los proyectos y su prospectiva puesta en marcha. Como tal, la iniciativa pretende abarcar solamente las dos primeras etapas -pre-factibilidad y sondeo de mercado-, dejando la posibilidad de que en una segunda fase se pudiese pasar a las siguientes etapas -de estructuración, contratación y ejecución.



METODOLOGÍA Y RESUMEN DEL TRABAJO REALIZADO PARA LA INICIATIVA

1.4 El proceso metodológico que se siguió para la integración del reporte final se compuso de cinco etapas. La primera consistió en la identificación de proyectos o situaciones en donde es necesario desarrollar o rehabilitar infraestructura hidro-agrícola. A partir de la identificación de los proyectos o necesidades se recolectó información documental para conocer la situación actual y en algunos casos se llevó a cabo una visita de campo para conocer de primera mano el sitio del proyecto. Cabe mencionar que los proyectos

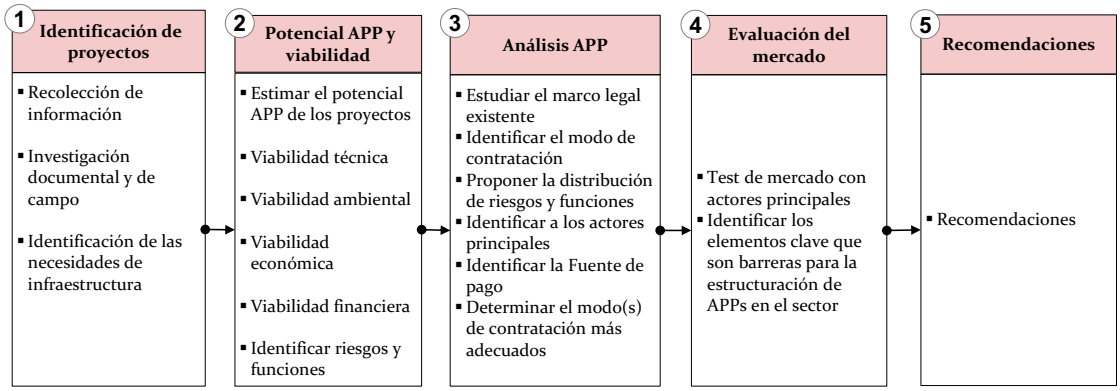
fueron pre-identificados en coordinación con la Subdriección General de Planeación -inicialmente- y posteriormente con la Subdirección de Infraestructura Hidro-agrícola de la CONAGUA.

1.5 Una vez que se identificaron los proyectos o necesidades en donde se identificó la necesidad de rehabilitar o desarrollar infraestructura, se definieron algunos criterios para filtrar y ponderar aquellos proyectos que contaban con características que incrementaban su potencial de participación privada. Con base en los criterios que se definieron se estimó el potencial de participación privada de los proyectos inicialmente seleccionados y para concluir con tres proyectos que mostraban el mayor potencial. Sobre esos tres proyectos que se seleccionaron se elaboró una viabilidad técnica, ambiental, económica y financiera, para lo cual se realizaron visitas a cada uno de los tres sitios seleccionados, se recolectó información adicional y se tuvieron entrevistas con los actores clave.

1.6 Una vez que se contó con los resultados de la viabilidad de los tres proyectos se analizó el marco legal bajo el cual se podrían estructurar los proyectos como APP, se identificaron tambien los modos de contratación viables -que regula la LAPP- y se propuso una distribución de riesgos y funciones.

1.7 En la fase cuatro, una vez que se contaba con la viabilidad del proyecto y la racionalidad para estructurar un proyecto a través de un APP, se realizó un taller al que se convocaron a los actores relevantes del sector. En dicho taller se presentaron los principales resultados de los estudios realizados para los tres proyectos seleccionados y se integraron mesas de trabajo para determinar las principales limitantes que limitan el uso del esquema APP en el sector hidroagrícola. También, se cuestionó a los participantes del taller sobre las recomendaciones que permitirían reducir los obstáculos existentes.

1.8 La siguiente figura muestra, de manera esquemática, la metodología.



ESTRUCTURA DEL INFORME

1.9 El presente informe consta de cinco secciones, adicionales a la introducción, a través de las cuales se presentan los resultados de los análisis que se realizaron en las cinco fases de la metodología.

1.10 Las secciones del informe son:

a) Identificación y selección de proyectos
b) Notas conceptuales de proyectos
c) Análisis del contexto y del entorno e identificación de actores principales
d) Viabilidad técnica, ambiental y económica-financiera
e) Evaluación del mercado
f) Recomendaciones

LAS ASOCIACIONES PÚBLICO-PRIVADAS EN MÉXICO

1.11 En México se ha hecho uso de esquemas de Asociación Público-Privada (APP) desde inicios de los años noventa en diversos sectores, principalmente en el sector transporte. En los últimos años el uso de estos esquemas se ha extendido al desarrollo de infraestructura social (seguridad y salud), infraestructura eléctrica, de telecomunicaciones y también en el sector de agua se han observado algunos casos para el desarrollo de acueductos, plantas de tratamiento y desalinizadoras.

1.12 A pesar del uso extensivo del esquema APP en los diferentes sectores en México es importante señalar que en el sector hidroagrícola no se ha utilizado el esquema a pesar de los rezagos y necesidades en materia de nueva infraestructura en dicho sector y obras/servicios de conservación y mantenimiento.

MARCO LEGAL

1.13 El 16 de enero de 2012, se expidió la Ley de Asociaciones Público Privadas (LAPP) la cual constituye un instrumento jurídico integral que ha impulsado la construcción de nueva infraestructura, así como proyectos tecnológicos y de innovación que se orientan al aprovechamiento de oportunidades que contribuyen al desarrollo económico de las regiones, de las entidades federativas y de los municipios, así como al incremento de la productividad y competitividad de los sectores productivos y de servicios.

1.14 En la LAPP se menciona que los proyectos de APP que regula son aquellos que se realizan con cualquier esquema para establecer una relación contractual de largo plazo, entre instancias del sector público y del sector privado, para la prestación de servicios al sector público, mayoristas, intermediarios o al usuario final y en los que se utilice infraestructura proporcionada total o parcialmente por el sector privado con objetivos que aumenten el bienestar social y los niveles de inversión en el país.

1.15 En los términos previstos en esta Ley, los proyectos de APP deberán estar plenamente justificados, especificar el beneficio social que se busca obtener y demostrar su ventaja financiera frente a otras formas de financiamiento.

A. IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE PROYECTOS

PROCESO PARA LA IDENTIFICACIÓN DE PROYECTOS

1.16 El proceso para la identificación de proyectos con potencial de participación privada inició con la elaboración de una lista larga de proyectos e iniciativas que los diferentes actores como la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el Consejo Consultivo del Agua (CCA), BANOBRAS y las direcciones locales de CONAGUA tienen en sus portafolios de inversiones.

1.17 Una vez que se elaboró una lista larga de proyectos, se definieron criterios que permitieron determinar si cada proyecto tenía potencial de participación privada o bien si debía estructurarse y ejecutarse bajo otro esquema de contratación, como lo es la obra pública tradicional.

1.18 A continuación se enlistan los proyectos que se identificaron de manera inicial como parte de la lista larga de proyectos:

a) Presa de almacenamiento y zona de riego "El Cararizo"; Jalisco (El Carrizo)

b) Presa de almacenamiento y zona de riego "Vista Hermosa", Jalisco (Vista Hermosa)

c) Acuífero "El Palmar", Zacatecas (El Palmar)

d) Invernaderos en Valles Centrales, Oaxaca (Valles Centrales)

e) Conducción de Agua Residual Tratada al Valle de Guadalupe, Baja California (Valle de Guadalupe)

f) Planta de tratamiento en Atapaneo, Morelia (Atapaneo)

g) Intercambio de aguas, Chihuahua (Chihuahua)

h) PNS conservación y mantenimiento, Sinaloa (PNS)

CRITERIOS DE SELECCIÓN DE PROYECTOS

1.19 Para seleccionar los proyectos fue necesario definir criterios con los cuales se puede determinar el potencial de participación privada de un proyecto. Los criterios permiten evaluar si las características propias del proyecto y del entorno se alinean con lo que el marco teórico y la experiencia establece como aceptable para estructurar un proyecto como APP.

1.20 Los criterios que se utilizaron para determinar el potencial APP de un proyecto son los siguientes:

a) **Tamaño del proyecto:** Se recomienda que el proyecto tenga un monto de inversión lo suficientemente grande para compensar los costos de transacción relacionados con la estructuración de un APP y su cierre financiero. Los montos suelen ser diferentes entre sectores aunque se ha observado en transacciones en otros sectores que el monto de inversión debiera ser en principio mayor a 500 millones de pesos (mdp). Esto no implica que proyectos con montos de inversión menores no puedan llevarse a cabo, sin embargo el potencial de participación privada irá en detrimento y seguramente otros métodos de financiamiento, como la obra pública, generarán mayor valor por dinero. Por lo anterior, se asignó una calificación "Alta" cuando el proyecto contemplaba una inversión mayor a 500 mdp, "Media" cuando es mayor a 200 mdp pero menor a 500 mdp y "Baja" cuando la inversión es menor a 200 mdp.

b) **Organización de la Asociación de Usuarios**: En el sector hidroagrícola los usuarios contribuyen con una cuota, la cual permite cubrir, al menos, la operación y mantenimiento del sistema de riego. Se espera que entre más segura sea la fuente de pago, más potencial APP tenga un proyecto, ya que el privado puede contar con un ingreso cierto en el largo plazo. Se asignó una calificación "Alta" cuando los usuarios están organizados y muestran solidaridad y una morosidad baja en el pago de las cuotas, "Media" cuando los usuarios están medianamente organizados y muestran faltas en el pago de las cuotas y "Baja" cuando los usuarios no están organizados y muestran alta morosidad en el pago de las cuotas.

c) **Integración de la cadena de valor**: Dado que en los proyectos de APPs del sector hidroagrícola los usuarios contribuyen con una cuota, es necesario que la fuente de pago provenga de cultivos preferentemente de alto valor y en donde exista una cadena de valor integrada. En la medida en que existan cultivos de bajo valor y que no exista una cadena de valor integrada, el ingreso disponible de los agricultores será menor y mas incierto para pagar la cuota que les corresponde y con ello habrá menos incentivos para que un inversionista privado este interesado en llevar a cabo el proyecto. Por lo anterior, se asignó una calificación "Alta" cuando se observan cultivos de alto valor y una cadena de valor integrada, "Media" cuando existen cultivos de mediano valor y una cadena de valor incipiente, y "Baja" cuando se observan cultivos de bajo valor y sin existencia de cadenas de valor en la zona.

d) **Complejidad del diseño**: Se asume que entre más complejo sea el diseño del proyecto, en términos del número de elementos de obra que deben converger o bien del tipo de solución tecnológica que se desea desarrollar, el potencial de participación privada será menor. Se asignó una calificación "Alta" cuando se tiene un diseño de ingeniería con una complejidad baja, "Media" cuando se observa cierta complejidad en el diseño y "Baja" cuando se tiene una complejidad alta en el diseño (por ejemplo, la construcción de una presa).

e) **Capacidad para definir el alcance y medir la calidad de la infraestructura**: Este criterio se refiere a la capacidad que tiene el promotor del proyecto para definir el tipo de infraestructura que se debe utilizar para prestar el servicio. Se asignó una calificación "Alta" cuando se puede definir claramente el alcance de la infraestructura a desarrollar, "Media" cuando no se puede definir claramente el alcance de la infraestructura a construir y "Baja" cuando no se puede definir el alcance de la infraestructura a desarrollar.

f) **Capacidad para definir el alcance y medir la calidad de los servicios**: Este criterio indica que entre mejor se pueda definir el alcance y calidad del servicio, mayor potencial APP se tendrá. Se asignó una calificación "Alta" cuando se puede definir claramente el alcance de los servicios que debe prestar el privado, "Media" cuando no se puede definir claramente el alcance de los servicios que debe prestar el privado y "Baja" cuando no se puede definir el alcance de los servicios que debe prestar el privado.

g) **Integración de funciones**: En este caso, entre más funciones se transfieran al privado más potencial APP tiene un proyecto. En el caso del sector hidroagrícola las funciones que pueden ser transferidas son: diseño, construcción, financiamiento, operación, cobro, mantenimiento y administración del agua. Se asignó una calificación "Alta" cuando el privado puede hacerse cargo de la mayoría de las funciones (diseño, construcción, cobro, O&M), "Media" cuando se pueden transferir algunas funciones al privado y "Baja" cuando el estado o los usuarios retienen la mayoría de la funciones que usualmente se transfieren al privado.

h) **Alienación estratégica**: Este criterio implica que el proyecto se encuentre alineado a las prioridades que haya definido la CONAGUA, ya que de esta forma se incrementa la posibilidad de que exista apoyo institucional para llevar a cabo el proyecto. Existen casos en los que los promoventes de proyectos (gobiernos estatales, municipios, asociaciones de usuarios, sector privado, etc.) someten a consideración de la autoridad proyectos que nos están alineados a las prioridades que están definidas en los programas sectoriales o planes especiales y por lo tanto difícilmente gozaran de apoyo institucional. Debido al proceso complejo que demanda la estructuración de un APP es deseable que los proyectos cuenten con apoyo institucional por lo tanto el potencial de participación privada se incrementará en la medida en que exista alineación del proyecto con las prioridades del sector.

1.21 Los criterios seleccionados fueron aplicados a los proyectos que se identificaron de manera inicial y posteriormente se elaboró una matriz con los resultados, identificándose el potencial APP de cada uno de ellos. La información que se utilizó para la aplicación de la metodología proviene de información proporcionada por la CONAGUA, el CCA, las direcciones locales y de información recolectada durante la visita a algunos de los sitios.

POTENCIAL APP DE LOS PROYECTOS IDENTIFICADOS

1.22 A continuación se presenta una tabla comparativa que muestra la calificación (alta, media, baja) que se otorgó a cada uno de los proyectos seleccionados. Se asignaron 2 puntos para una calificación "alta", 1 punto para una calificación "media" y 0 puntos para una calificación "baja". Se concluye el potencial de participación privada que se ha identificado para cada proyecto.

	Proyecto	Tamaño	Organización ASU	Cadena de valor	Diseño	Definición de infraestructura	Definición de servicios	Integración de funciones	Alineación estratégica	Potencial APP
1	El Carrizo	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	**15**
2	Vista Hermosa	Alto	Medio	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	**14**
3	El Palmar	Bajo	Baja	Baja	Alto	Alto	Medio	Bajo	Bajo	**7**
4	Valles Centrales	Bajo	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	Bajo	Bajo	**9**
5	Valle de Guadalupe	Alto	Alto	Alto	Medio	Alto	Alto	Alto	Alto	**15**
6	Atapaneo	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Alto	Medio	Medio	Medio	**8**
7	Chihuahua	Bajo	Medio	Medio	Bajo	Alto	Medio	Medio	Bajo	**6**
8	PNS	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Alto	Medio	**15**

1.23 Los resultados que se obtuvieron con la aplicación de la metodología para la identificación del potencial de participación privada indican que los proyectos: i) PNS de operación y mantenimiento, Sinaloa, ii) Presa el Carrizo, Jalisco, iii) Presa Vista Hermosa, Jalisco y iv) Conducción de agua tratada al Valle de Guadalupe son los que presentan mayor potencial de participación privada.

1.24 En segundo plano, se determinó que los proyectos: i) Atapaneo que presenta un potencial medio de participación privada.

1.25 Finalmente, un tercer grupo, compuesto por: i) El Palmar, ii) Valles Centrales y iii) Chihuahua presentan un potencial bajo de participación privada y no se recomienda llevarlos a la siguiente fase de la iniciativa.

1.26 De los proyectos que presentan un potencial alto o medio de participación privada y que eventualmente puede estructurarse a través de APPs, se sugiere continuar con los siguientes:

a) Presa el Carrizo, Jalisco

b) Conducción de agua tratada al Valle de Guadalupe, Baja California

c) El Palmar, Zacatecas

d) Valles Centrales, Oaxaca

e) Planta de tratamiento Atapaneo, Michoacán

1.27 Si bien el proyecto de PNS Sinaloa resultó con potencial "Alto" para ser desarrollado como APP, se decidió descartarlo de los proyectos a analizar por cuestiones de confidencialidad de los estudios elaborados y entregados por el promotor de la PNS.

1.28 Aun cuando la Presa Vista Hermosa presenta un potencial "Alto" de participación privada, la estructura del proyecto es prácticamente idéntica a la de la Presa El Carrizo. Es por ello que para fines de éste análisis se sugiere estudiar El Carrizo, considerando que las conclusiones que se obtengan para este proyecto pueden extrapolarse al proyecto Vista Hermosa. Además, ambos proyectos se encuentran en la misma zona de influencia y se prevé complicado que puedan estructurarse de manera simultánea.

1.29 También se sugiere continuar con el proyecto de la PTAR de Atapaneo y no incluir el proyecto de intercambio de aguas de Chihuahua. En ambos proyectos se plantea el intercambio de agua limpia por agua tratada entre los agricultores y la ciudad y en ambos existe la necesidad de desarrollar infraestructura para incentivar a los agricultores al intercambio del agua.

B. NOTAS CONCEPTUALES DE PROYECTOS

1.30 De acuerdo con el Banco Mundial, existen diversas razones por las cuales se han desarrollado proyectos APP en el sector hidroagrícola en otros países, a continuación se mencionan algunas:

a) **Incrementar la calidad de los servicios de irrigación**: Una de las razones más importantes por las cuales se han utilizados esquemas APP es para garantizar una provisión más regular y abundante de agua a las parcelas, así como un reparto más equitativo entre los productores. Mediante la mejora de la infraestructura de riego se garantiza la reducción de desperdicios y un uso más eficiente del agua, lo cual genera que el abasto sea regular y por otro lado permite la recarga de los acuíferos.

b) **Separar las funciones de administración del agua y la operación y mantenimiento (O&M) de las funciones de regulación**: El separar las funciones de administración del agua y O&M de las de regulación genera que la distribución del agua sea más equitativa entre los productores y que la injerencia política en el reparto del líquido sea menor.

c) **Hacer frente a recursos presupuestales limitados**: Los montos de inversión para construir sistemas de riego o bien para rehabilitarlos son altos y generalmente el gobierno no cuenta con los recursos presupuestales suficientes para enfrentar todas las necesidades en el sector hidroagrícola. Por lo anterior, el gobierno puede optar por permitir que un inversionista privado desarrolle o rehabilite la infraestructura y, además la opere y mantenga durante un periodo de tiempo determinado a cambio de un pago periódico que puede provenir del mismo gobierno o bien de los usuarios de la infraestructura.

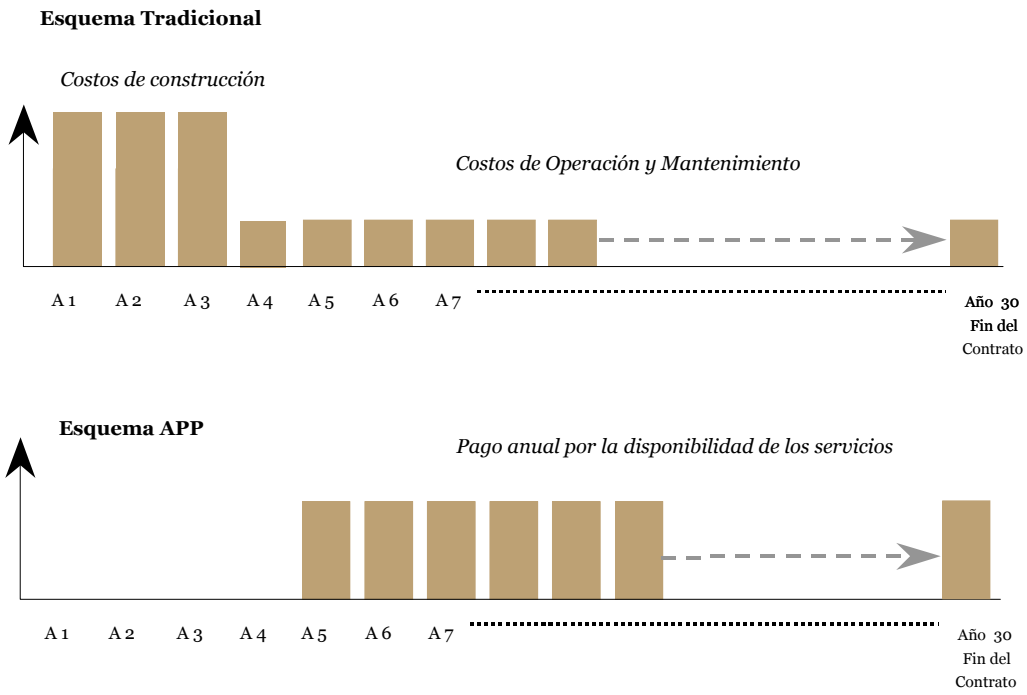
   En la siguiente figura se muestra el patrón que siguen los flujos cuando el gobierno desarrollo infraestructura a través de un esquema tradicional (obra pública) y cuando lo hace a través de un esquema APP. En el esquema tradicional el gobierno, de manera inicial, debe desembolsar dinero para la construcción o rehabilitación de la infraestructura la cual posteriormente deberá operar y mantener. Bajo un esquema APP, se espera que el privado realice el desembolso para financiar la construcción o rehabilitación de la infraestructura y posteriormente se haga cargo de la O&M del activo a cambio de un pago periódico que realiza el Estado.

   El esquema permite al Estado desarrollar infraestructura en el corto plazo y posteriormente pagar por la O&M, así como por la rentabilidad que demanda el privado, en los años subsecuentes.

d) **Establecer una cuota de riego y mejorar su recolección:** En la práctica se ha observado que los productores difícilmente pagan una cuota para cubrir los costos de O&M del sistema de riego por lo que generalmente las cuotas no cubren la inversión inicial. Existen diferentes razones por las cuales esto sucede con frecuencia, tales como la falta de efectividad de las instituciones para asegurar el cobro de las cuotas, la falta de cultivos de alto valor para cubrir las tarifas, la falta de mecanismos para forzar el pago de las tarifas, la falta de deseo de las instituciones de incrementar la cantidad de las tarifas o simplemente porque los productores asumen que debe existir un subsidio por parte del gobierno porque tradicionalmente así ha sucedido.

e) **Fomentar la administración de activos con una visión de largo plazo y de gran escala:** Cuando un inversionista privado es el encargado de construir infraestructura y de asumir la O&M de la misma lo hace con una visión de largo plazo por lo que buscará que el diseño de la infraestructura y los materiales le permitan minimizar los costos de O&M. Cuando el constructor no es responsable de la O&M del activo entonces no tiene un incentivo para optimizar el diseño en pro de menores costos de O&M.

Figura 1. Esquema tradicional vs Esquema APP



Fuente: Elaboración propia

1.31 En el caso de los 5 proyectos que se analizan en el presente informe, una de las razones por las cuales se está explorando un esquema APP es por la falta de recursos presupuestales, lo que ha provocado que la CONAGUA tenga que postergar las inversiones en el desarrollo o rehabilitación de la infraestructura. En casos como El Carrizo, el postergar la inversión para desarrollar la zona de riego implica que la inversión hundida que existe en la presa generará un beneficio cada vez menor para la sociedad, y por lo tanto se desviará de los beneficios sociales que inicialmente se habían proyectado. En Oaxaca y Zacatecas, el postergar las inversiones puede significar la pérdida de una oportunidad para desarrollar o consolidar una cadena de valor en la región.

1.32 Además, en los 5 casos que se estudian los productores demandan que el abasto de agua sea regular y abundante, de tal forma que los riegos que aplican a los cultivos puedan ser óptimos y por lo tanto su prodducíon sea mejor/mayor y su ingreso pueda incrementarse.

1.33 También, en los casos que se analizan es importante que se desarrolle la infraestructura con una visión de largo plazo de tal forma que se puedan minimizar los costos de O&M. Además, sería recomendable que la infraestructura que se desarrolle en el futuro incluya infraestructura para la medición del agua que se entrega a los productores, de tal forma que el esquema APP contribuya a garantizar la distribución equitativa del agua y la conservación del recurso.

1.34 Finalmente, en los 5 proyectos que se analizan se revisarán las fuentes de pago, siendo una de ellas las cuotas que el usuario debería pagar por el servicio que presta el privado para la O&M del sistema de riego. En el siguiente capítulo se revisarán a detalle las fuentes de pago disponibles para determinar en qué medida pueden contribuir a amortizar la inversión que haga el privado.

Características que incrementan el potencial APP de un proyecto

1.35 Además de los criterios que se desarrollaron en la sección anterior y que permitieron identificar el potencial APP de los proyectos, se distinguieron otras características que podrían incrementar su potencial. Dichas características son deseables, más no indispensables en los proyectos. Se buscará que en la medida de lo posible se justifique la existencia de estas características en los 5 proyectos seleccionados.

1.36 A continuación se describen las características que son deseables en un proyecto que se pretende estructurar como un APP:

a) **Latifundio:** Se busca que la propiedad de la tierra este concentrada en un número limitado de productores para simplificar el proceso de negociación y recolección de cuotas.

b) **Capacidad de pago:** Se busca que los productores cultiven productos de alto valor o bien productos con una demanda segura en las zonas de influencia. Lo anterior garantiza que el productor tenga capacidad de pago para enfrentar una cuota que cubra como mínimo el servicio de irrigación.

c) **Visión empresarial:** Se espera que los productores de la zona de influencia del proyecto busquen maximizar sus ganancias, ya sea a través de añadir valor a sus productos o de agruparse en torno a organizaciones de productores para mejorar su capacidad de negociación con los compradores, o incluso que busquen migrar a cultivos más rentables o mercados que brinden mayor margen de ganancia.

d) **Sobre-explotación de los acuíferos:** Uno de los propósitos de la iniciativa es maximizar el uso del agua, por lo tanto se han buscado proyectos en donde los acuíferos estén sobre-explotados y que a través de la construcción o rehabilitación de infraestructura la eficiencia en el uso del agua pueda incrementarse y con ello encaminar esfuerzos a reducir la sobre-explotar el acuífero.

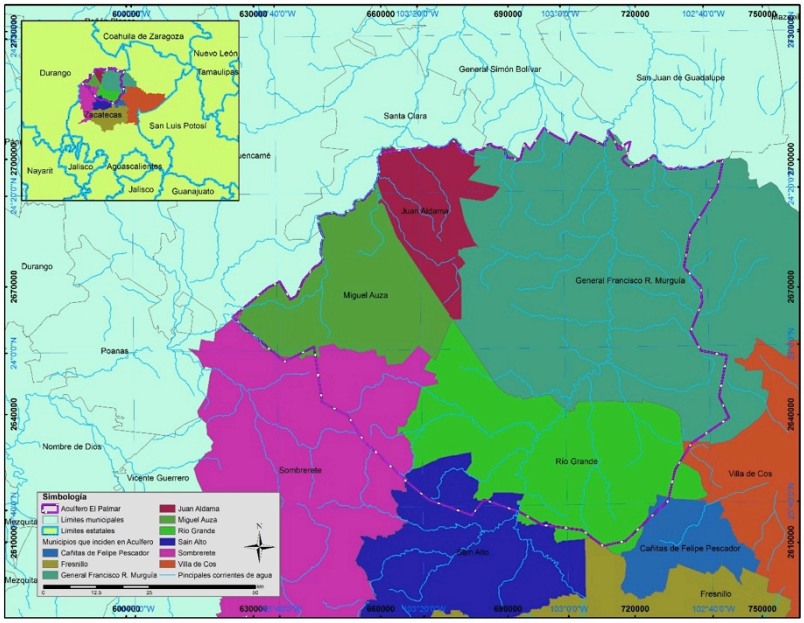
1.37 A continuación se describen los 5 proyectos identificados y se mencionan las razones por las que tienen un alto potencial APP.

PROYECTO 1. "ACUÍFERO EL PALMAR Y ACUÍFERO SAÍN ALTO, ESTADO DE ZACATECAS"

Ubicación y extensión

1.38 El área de interés es la que comprende el Acuífero El Palmar y Saín Alto, que se localiza en la parte noreste del estado de Zacatecas y comprende los municipios de Miguel Auza, Río Grande, General Francisco Murguía, Juan Aldama y una pequeña parte de Sombrerete, Saín Alto, Cañitas de Felipe Pescador y Villa de Cos; todos ellos en el estado de Zacatecas, como se muestra en la siguiente figura.

Figura 2. Ubicación geográfica del Acuífero el Palmar, Zacatecas



Fuente: CONAGUA

1.39 De acuerdo con la CONAGUA, el área que se establece como zona de influencia de la organización, viven alrededor de 218, 344 habitantes. Administrativamente, para la producción agrícola el área es parte del Distrito de Desarrollo Rural (DDR) de Río Grande de la SAGARPA, más el municipio de Cañitas de Felipe Pescador.

Cultivos establecidos

1.40 En total, el área de riego representa 452,066 has, de las cuales 325,151 son sembradas con frijol, 60,396 has con avena forrajera, 47,848 has con maíz de grano, 4,474 has con durazno, 4,245 has de trigo en grano, 2,119 has con chile verde, 995 has de alfalfa verde, 939 has de pastos, 429 has de tuna, 215 has de calabaza, 83 has de nopal forrajero, 55 has de membrillo, 47 has de perón, 37 has de jitomate, 35 has de manzana, al igual que de nopalitos, 1,870 has de maíz forrajero, 15 has de ajo y tomate verde, 13 has de pera, 10 has de sorgo forrajero, 3 has de uva y 1 ha de nuez. Del total de la superficie sembrada con maíz en grano se cosechan 32,242 has, con una producción de 87,528 toneladas con un rendimiento de 1.2 toneladas por hectárea. De maíz forrajero se obtiene una producción de 380 toneladas. Cabe mencionar que en la región la agricultura bajo riego representa el 2% del total de la superficie sembrada con 7,002 hectáreas de acuerdo con información proporcionada por los usuarios.

1.41 De acuerdo a lo que fue manifestado por los propios productores se identifican claramente dos tipos de técnicas de cultivo: i) tradicional y ii) semi-tecnificada.

1.42 En la primera, la única fuente de riego es el agua de lluvia durante la temporada de Primavera/Verano y consiste en el establecimiento del cultivo preferente en la zona: el fríjol, además de los de autoconsumo y consumo local, como el maíz. Asimismo se intercalan con cultivos con menor superficie como la alfalfa, la avena forrajera, la cebolla y el chile verde.

1.43 Mientras que, la semi-tecnificada tiene como principal fuente de riego el agua que se extrae de los pozos concesionados y en donde se ha implementado el uso de los pivotes para riego en superficies de mayores dimensiones para regar cultivos como la alfalfa o la avena. En cultivos más especializados y de menores tallas se instalan líneas de conducción de riego, que se derivan en cintillas a cada plántula, en donde además de agua se conducen fertilizantes diluidos en el agua.

1.44 En áreas donde se establecen cultivos como el chile verde se manejan técnicas adicionales como la colocación de acolchado en surcos individuales. Esta técnica tiene la finalidad de mantener las plántulas protegidas, además cumple con varios propósitos como el control de malezas, la evaporación del agua y su acoplamiento al uso de mejores técnicas de riego y manejo de cultivos, en particular el cultivo del chile serrano. Incluso el acolchado se utiliza en dos o tres ocasiones subsecuentes para el mismo cultivo u otros complementarios y menos exigentes y delicados como la cebolla.

1.45 Es importante mencionar que en general los productores cuentan con maquinaria agrícola, para realizar sus trabajos y bajo el esquema de las "uniones de usuarios" tienen acceso fácil a otros tipos de apoyos, uso de una bodega, auditorio, etcétera.

Situación del acuífero

1.46 En cuanto al rubro del abastecimiento de agua, la CONAGUA ha desarrollado la actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea en los acuíferos del país (DMA), en los cuales se detallan las condiciones en las que se encuentran los acuíferos, en este caso el del Palmar y Saín Alto en el Estado de Zacatecas. Todo lo cual ayuda a conformar un marco de referencia de las condiciones ambientales y de la condición de las aguas subterráneas.

1.47 De la información de hidrometría realizada durante el Censo, considerando las láminas de riego, las dotaciones de agua potable, entre otros, se determinó un volumen de bombeo de agua subterránea del orden de 5 hm^3/año y una descarga de manantiales del orden de 0.8 hm^3/año, haciendo un total de 5.8 hm^3/año, de este volumen aproximadamente el 32 % (1.9 hm^3/año) corresponde al uso en riego y el 47% (2.7 hm^3/año) al uso público urbano.

1.48 Por otro lado, de acuerdo a información oficial[2] se ha calculado que la extracción actual total del acuífero es del orden de 10.8 hm^3/año.

1.49 Para el caso de estudio, el COTAS realizó un estudio recientemente para evaluar la disponibilidad de agua en el acuífero y se concluyó que existe disponibilidad de agua. El estudio se presentó a la CONAGUA y determinó otorgar concesiones adicionales de pozos, mismos que están en proceso de ser construidos o bien recientemente han comenzado su explotación.

Infraestructura de riego construida

1.50 Mediante la realización de recorridos de prospección al Acuífero El Palmar y el Acuífero Saín Alto, se visitaron concesiones para la extracción de agua subterránea, en donde se puede distinguir un sistema

[2] Gerencia de Aguas Subterráneas, CNA, 2003. Citado en D.O.F. 20 de abril de 2015. Actualización de la disponibilidad media anual de agua subterránea en el acuífero Saín Alto (3216), Estado de Zacatecas. CONAGUA, Gerencia de Aguas Subterráneas.

de producción agrícola que se distingue y agrupa en 2 condiciones basado en la instalación o no del sistema de riego, a saber:

a) Pozos en operación y con sistemas de riego, con áreas agrícolas de entre 20 a 50 has en donde se establecen cultivos perennes y cíclicos.

b) Pozos nuevos pendientes de equipar y sin sistemas de riego, con áreas agrícolas con distintas superficies en donde se establecen cultivos de temporal.

1.51 El primer caso consta de pozos que ya fueron construidos y actualmente se encuentran en operación, son concesiones que tienen alrededor de 15 años y que a la fecha están siendo aprovechados por los usuarios correspondientes. En dichos predios se ha establecido por lo general un sistema de riego de pivote de avance frontal de distintas dimensiones, según los predios. Dentro de estas superficies se establecen cultivos perennes como la alfalfa forrajera (con una longevidad de hasta 7 años), avena forrajera y frijol, este último se establece en temporal y solamente se realizan riegos de auxilio en caso necesario.

1.52 Cabe señalar que además se han establecido otros sistemas de riego, como el riego por goteo, usando líneas de conducción principal y la distribución hasta las plantas con cintillas de polietileno, dicha técnica es funcional en la zona especialmente para el sustento de cultivos como el chile.

1.53 Por tanto, en esta situación las necesidades de los productores consisten en dos vertientes: i) el mantenimiento de las instalaciones del sistema de extracción de agua y ii) actualizar los sistemas de riego que a la fecha utilizan, que permita el establecimiento de cultivos rentables.

1.54 En el segundo caso se agrupa a aquellos usuarios que no han iniciado el proceso de construcción de un pozo o que en su caso solamente han realizado la perforación, siendo necesario aún determinar los volúmenes y niveles de extracción, instalaciones para la extracción (bomba hidráulica, medidor, electrificación, tubería, etcétera) para dejar paso a las instalaciones menores que conduzcan el agua hasta la parcela y la propia planta (tubería central y de distribución, conexión de pivotes para riego, etcétera). Por tanto no existen sistemas de riego y los cultivos presentes son únicamente de temporal.

1.55 De tal forma que en este último grupo las necesidades de los productores consisten en construir y habilitar, tanto el pozo para la extracción de agua subterránea, así como la instalación de un sistema de riego, con el que se puedan provechar las tierras durante todo el año.

1.56 Siendo de manera general las etapas del Proyecto a desarrollar para la perforación y puesta en marcha de un pozo,[3] las siguientes:

a) **Diseño y exploración del pozo:** diámetro del ademe, tipos de materiales del ademe, sección de admisión, filtros, estabilizadores y protección sanitaria;

b) **Perforación del pozo:** colocación de contrademe, ademe y cedazos, registros de penetración y muestreos;

c) Terminación, desarrollo y desinfección de pozos: entubado, filtro de grava, cementación;

d) Pruebas de aforo y de bombeo;

e) **Equipamiento e instrumentación:** instalación del equipo de bombeo, instalación del equipo eléctrico, dispositivos hidrométricos y dispositivos para observar el nivel del agua;

f) Operación y mantenimiento;

[3] Comisión Nacional del Agua, 2007. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Manual de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento.

g) **Rehabilitación de pozos y equipo de bombeo:** diagnóstico, tratamiento para rehabilitar los pozos, desazolve, cepillado, pistoneo del pozo, sustitución de arena por grava, encamisado de pozo y reparación del equipo electromecánico.

Usuarios

1.57 El alcance del proyecto incluye a 93 productores en una superficie total de 2,833 has, es decir en promedio cada productor tiene una superficie de 30 has.

1.58 En total, los 93 productores tienen concesionadas actualmente 9 millones de m^3 de agua al año.

1.59 Los usuarios en su mayoría (65%) se encuentran ubicados en el acuífero del Palmar y el resto en el acuífero de Saín Alto y zonas aledañas.

Problemática

1.60 Estos predios por tradición pertenecen a la región frijolera del estado de Zacatecas, que han cultivado por más de 50 años. En la actualidad reportan rendimientos de productividad baja, en donde a pesar de ser una zona amplia no logran satisfacer la demanda de la región.

1.61 La principal fuente de agua en ambos ciclos de cultivo (Primavera / Verano y Otoño / Invierno) es el agua de lluvia, el riego proveniente del agua de los pozos lo secunda, con la finalidad de mantener y permitir dar buen término a los cultivos establecidos. El mantenimiento de los pozos es casi nulo, en general en más de 15 años no se les ha provisto de ningún o muy bajo mantenimiento a los pozos concesionados de la "unión de usuarios" de acuerdo a la información provistas por los propios usuarios.

1.62 En años recientes el COTAS de El Palmar y Saín Alto ha gestionado ante la CONAGUA concesiones para la extracción de agua a través de pozos debido a que la situación del acuífero se encuentra en condiciones de sub-explotación, esto con el objeto de impulsar la producción agrícola de riego.

1.63 Sin embargo, existen productores que han invertido en la perforación del pozo pero que no cuentan con el dinero suficiente para el equipamiento, instalación de la línea eléctrica y tecnificación del riego que les permita explotar de manera óptima la concesión otorgada.

1.64 En otros casos, los productores que actualmente cuentan con el equipo necesario para la extracción del agua requieren realizar inversiones adicionales para la tecnificación del riego y existen otros productores cuyo objetivo es rehabilitar la infraestructura para la extracción de agua y mejora de sus sistemas de riego.

1.65 De los 93 productores que de manera inicial han sido considerados para el proyecto, 78 manifestaron la necesidad de realizar inversiones para el equipamiento e instrumentación del pozo o bien para la rehabilitación del pozo y de los equipos de bombeo. La inversión total que se cuantificó para este concepto asciende a $54.6 mdp. El monto que se cuantificó se obtuvo de un censo que elaboró el equipo de consultores.

1.66 Por otro lado, los 93 productores manifestaron la necesidad de realizar inversiones en la tecnificación del riego, ya sea que por primera vez vayan a incurrir en el gasto o bien que requieran modernizar o rehabilitar sus sistemas actuales. La inversión total que se cuantificó para éste concepto asciende a $98.3 mdp.

1.67 Finalmente, de los 93 productores 73 manifestaron la necesidad de realizar inversiones en la línea eléctrica para poder operar sus pozos. La inversión total que se cuantificó para éste concepto asciende a $33.9 mdp. Por lo tanto la inversión total que se ha previsto el proyecto es de $186.8 mdp. Los montos se estimaron a partir de una encuesta que elaboró el equipo de consultores a los 93 productores que forman la población objetivo.

1.68 Un elemento que también contribuye a la problemática es la falta de integración de la cadena de valor y que hace que los productores tengan que recurrir invariablemente a intermediarios dado el volumen que producen, por lo que en su mayoría no tienen acceso directo a los clientes finales. También, la falta de maquinaria para corte y de infraestructura para el empacado y almacenamiento provoca que los productores tengan que recurrir a intermediarios. Los intermediarios usualmente les financian la semilla y el fertilizante e incluso cubren el flete. Los intermediarios se quedan con un margen de entre 10% y 15% libre de todos los gastos de acuerdo con los propios usuarios.

Descripción del proyecto

1.69 El proyecto consiste en dotar de infraestructura para el equipamiento de pozos, rehabilitar la infraestructura electromecánica de los pozos, instalación de líneas eléctricas y tecnificación del sistema de riego. En algunos casos también se ha contemplado incluso la perforación del pozo.

1.70 Para determinar las necesidades de infraestructura se levantó un censo de los 93 productores que formarían parte del proyecto y se solicitó proveer el detalle del estado actual de su infraestructura y la infraestructura que sería necesaria para explotar de manera adecuada la concesión de agua que le otorgó la CONAGUA.

1.71 El total de inversión en el proyecto asciende a $186.9 mdp, de los cuales un 29% corresponde al equipamiento y rehabilitación de los pozos, un 53% a la tecnificación del riego y un 18% a la instalación de las líneas eléctricas.

Oportunidad de negocio

1.72 La zona en donde se pretende llevar a cabo el proyecto es eminentemente frijolera. Esto es evidente si se revisa el área destinada a este cultivo, ya que del total del área cultivable, el frijol representa el 72%. Sin embargo, existe interés por parte de los productores a migrar a cultivos más rentables como la alfalfa o el maíz.

1.73 Según se pudo documentar a partir de las entrevistas realizadas, el interés de los productores a migrar a forrajes, en específico a la alfalfa, es porque se identifica claramente un mercado potencial que no ha sido atendido y que se encuentra a 178 kilómetros de distancia del municipio de Miguel Auza, en la zona de la Laguna, en los estados de Durango y Coahuila. En esta zona la producción agropecuaria es una de las actividades económicas preponderantes y en donde están establecidas dos de las principales productoras de lácteos en el país, Lala y Alpura.

1.74 Si bien los productores de La Laguna han buscado una integración vertical del negocio de la producción de lácteos para minimizar los riesgos de desabasto y variación en la calidad de los forrajes, la realidad es que la demanda ha superado a la oferta al grado de que han buscado proveedores de forrajes de otros estados como Sonora, Chihuahua, Zacatecas e incluso Baja California Norte.

1.75 El hecho de estar a poco más de 2 horas de distancia de un sitio que consume forraje hace que los productores de la región en donde se desarrollaría el proyecto cuenten con una ventaja comparativa en relación a productores forrajeros de otros estados del país.

1.76 Además, los productores tienen la intención de agruparse en torno a una sociedad productora, lo cual puede brindarles beneficios sustanciales ya que podrían hacer frente a compras consolidadas de insumos a precios menores y realizar ventas por contrato de largo plazo con los consumidores finales sin la necesidad de acudir con intermediarios.

1.77 En las visitas al sitio se pudo documentar que han existido acercamientos iniciales con potenciales clientes en La Laguna para determinar la demanda potencial y requerimientos de calidad del producto.

Cadena de valor

1.78 La vocación de la zona es hacia la producción de forraje y, en particular, la alfalfa es un cultivo que a algunos productores les interesaría introducir ya que identifican una demanda amplía en la región, además de que tienen una ventaja competitiva en relación a sus potenciales competidores.

1.79 En específico se han identificado clientes potenciales en La Laguna, así como en la localidad, ya que existe una comunidad menonita que produce alfalfa para autoconsumo. Por su parte, el negocio agropecuario ha crecido en los últimos años y en la visita se pudo constatar que se están realizando inversiones para ampliar la capacidad actual, lo cual demandará cantidades adicionales de forraje que bien podrían ser cubiertos a través del proyecto hidroagrícola que se pretende desarrollar.

1.80 Sin embargo, los productores del acuífero el Palmar consideran que la Laguna puede ser un mercado más atractivo ya que el precio de venta es mayor, aunque también la calidad y forma de empaquetamiento de la alfalfa es diferente y demanda de maquinaria especializada en comparación con lo que demanda la comunidad menonita. En su caso, dentro del esquema APP se recomienda considerar si el prestador de servicios puede proveer el servicio de empacado como un servicio adicional para tener una fuente de pago adicional.

1.81 Para maximizar los ingresos se debe considerar que es necesario establecer esquemas de proveeduría con la finalidad de vincular la producción a la agroindustria, es decir, los productores deberán ajustarse a los estándares de calidad solicitados por el cliente y a la programación de entregas que requiera.

1.82 Para lograrlo es necesario que los 93 productores se agrupen en sociedades de producción rural que permita organizar a los productores en torno a las necesidades de los clientes en cuanto a fechas de entrega, estándares de calidad y volumen.

Potencial APP del proyecto

1.83 A continuación se presenta el análisis detallado mediante el cual se determinó el potencial de participación privada del proyecto. El análisis incluyó la definición de criterios para evaluar si las características del proyecto y del entorno se alinean con lo que el marco teórico y la experiencia establecen como aceptable para estructurar un proyecto como APP.

1.84 Cada uno de los criterios se ha calificado y se ha establecido que el proyecto tiene un potencial "Medio" de participación privada. Los criterios que se utilizaron para determinar el potencial APP de un proyecto son los siguientes:

a) **Tamaño del proyecto**: El monto de inversión de $186.9 mdp no es lo suficientemente grande para compensar los costos de transacción relacionados con la estructuración de un APP y su cierre financiero, sin embargo es un monto que puede generar economías de escala para los contratistas interesados. Por lo anterior se asignó una calificación "Baja" para este criterio.

b) **Organización de la Asociación de Usuarios**: Los usuarios están organizados en torno a una figura que se denomina COTAS, que es una Asociación Civil que cuida la explotación del acuífero y que organiza a los productores. Además, existe evidencia de que los productores se han organizado en sociedades de producción rural para la obtención de créditos que se utilizaron en el desarrollo de infraestructura de riego. Se asignó una calificación "Media" para este criterio.

c) **Integración de la cadena de valor**: El proyecto plantea la mejora de la infraestructura de riego y por consiguiente la migración hacia cultivos de mayor valor a los que actualmente se producen. Además, existe un centro de consumo de alfalfa a aproximadamente 200 km del área de interés, por lo que existen ventajas comparativas en la zona que pueden resultar benéficas para el proyecto. Por otro lado, en la zona de interés existe consumo de alfalfa, ya que está establecida una industria local de producción de lácteos que puede ser un cliente directo de los productores. Se asignó una calificación "Media" para este criterio.

d) **Complejidad del diseño**: La opción tecnológica que se propone para el proyecto no implica mayor complejidad en su diseño, ya que los equipos de bombeo y riego son del dominio de los proveedores de equipos de la región. Es por ello que se asignó una calificación "Alta" para este criterio.

e) **Capacidad para definir el alcance y medir la calidad de la infraestructura**: En este proyecto se puede definir con claridad el tipo de infraestructura que se debe utilizar para prestar el servicio. Se asignó una calificación "Alta".

f) **Capacidad para definir el alcance y medir la calidad de los servicios**: Dada la heterogeneidad en la infraestructura que se debe desarrollar en este proyecto, se considera que la definición de los servicios que debe prestar el privado no es lo suficientemente clara, es por ello que se asignó una calificación "Media".

g) **Integración de funciones**: En este caso, entre más funciones se transfieran al privado más potencial APP tiene un proyecto. Se considera que algunas de las funciones como: operación, gestión del agua y cobro, podrían no ser transferidas al privado. Por lo tanto, esto implica que la calificación que se asigna a este criterio es "Baja".

1.85 Después de hacer un recuento de las calificaciones asignadas a cada criterio se concluye que el proyecto tiene un potencial APP "Medio". Esto implica que el proyecto podría estructurarse a través de un APP, o bien se podrían considerar otras opciones de financiamiento.

1.86 En caso de que el proyecto se estructure a través de un APP, se recomienda que se estructure mediante un APP combinado, en el que existan fuentes de pago que provengan de recursos presupuestarios o no presupuestarios y que los usuarios complementen el pago al privado a través de una cuota.

Retos para la estructuración de un APP

1.87 En la zona que se visitó se pueden identificar claramente necesidades de infraestructura que podrían potenciar la productividad de los cultivos que se siembran actualmente. Aunque cabe mencionar que las necesidades de infraestructura son heterogéneas a lo largo de la Unidad de Riego y que a priori se establece que no todos los miembros de la Unidad de Riego tendrían el deseo de incorporarse a un esquema de APP.

1.88 Lo anterior representa un reto para la estructuración de un proyecto APP, ya que en función de cada productor existe una necesidad particular de infraestructura, lo cual a su vez depende del nivel actual de tecnificación de sus sistemas de riego y de las áreas que cada productor decida destinar a los diferentes cultivos en sus parcelas. Aunque un elemento que favorece el esquema APP, a pesar de la diversidad de las necesidades, es que la concentración de las tierras es mayor en comparación a los Distritos de Riego. En los sitios que se visitaron los productores tienen extensiones de tierra que oscilan entre 50 y 100 has.

1.89 En su caso, se recomienda que el mecanismo de pago que se diseñe para el esquema APP este en función de la inversión en infraestructura que se realice en cada parcela y de los servicios que brinde el prestador de servicios, adicionales a la propia operación y mantenimiento de los activos. Por lo tanto, se su-

giere que la tarifa sea diferente para cada usuario, lo cual se puede convertir en un ejercicio complejo si el número de usuarios es alto.

1.90 Algunos productores que actualmente ya cuentan con la infraestructura necesaria para realizar el riego, no ven la necesidad de que una empresa privada se encargue de la O&M del sistema, aunque es posible que el proveedor de servicios amplíe la prestación de los servicios de O&M y provea servicios adicionales.

1.91 Otro punto a considerar en la estructuración del esquema APP es la vigencia de las concesiones para el aprovechamiento de las aguas subterráneas, ya que es indispensable asegurar que el productor cuente con concesiones de pozos con plazos semejantes al plazo del contrato APP, incluso es necesario que la cantidad de agua concesionada no se reduzca una vez que se solicite la prórroga, de otra forma existe un riesgo adicional que tendría que ser evaluado para determinar el responsable de su mitigación.

1.92 También, otro de los elementos que resulta clave en la estructuración de proyectos APP es la capacidad institucional de quien estructura el APP y de quien participa en este tipo de esquemas. En el caso de El Palmar se ha identificado que no existe conocimiento ni experiencia previa en este tipo de esquemas, por lo que en su momento esto podría significar un impedimento para llevar a cabo el proyecto. Por ende, se recomienda capacitar a los productores para que conozcan el esquema, sus ventajas y desventajas, y con base en la información proporcionada, evalúen la conveniencia de participar en dicho esquema.

Conclusión

1.93 El proyecto de "El Palmar" presenta un potencial "Medio" de participación privada, ya que algunas características del entorno y propias del proyecto imponen retos importantes para su estructuración. Por lo tanto, se recomienda explorar dos vías para financiar el proyecto.

1.94 Una de las opciones que se recomienda es evaluar con mayor detalle la distribución de riesgos y funciones que plantearía un proyecto APP y evaluar la postura de la CONAGUA con respecto a esta opción.

1.95 La segunda opción que se plantea es explorar un financiamiento bancario que se pueda otorgar a una o varias sociedades de producción rural. Para ello se ha identificado que organismos como el Fondo de Capitalización e Inversión del Sector Rural (FOCIR) pueden otorgar financiamiento a sociedades de producción rural que cuenten con un plan de negocios, además de apoyarlos a constituir un gobierno corporativo y proveer capacitación para el manejo de sus recursos.

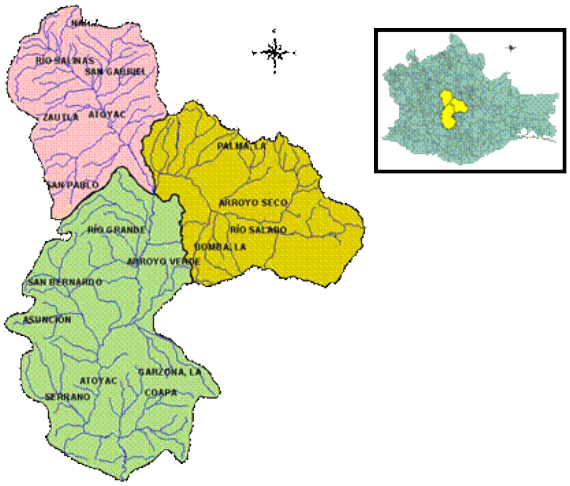
1.96 De manera complementaria, se proponer evaluar los programas que la SAGARPA tiene disponibles para el desarrollo de cadenas de valor.

PROYECTO 2. "ACUÍFERO CUICATLÁN, ACUÍFERO TEHUANTEPEC Y ACUÍFERO VALLES CENTRALES, OAXACA"

Ubicación y extensión

1.97 La región de los Valles Centrales de Oaxaca está conformada por los valles de Etla, Tlacolula, Zimatlán y Ocotlán y tienen un área del orden de 376,471 has. En ellos se tiene una población estimada de 913,708 habitantes, destacando la ciudad de Oaxaca de Juárez y su zona conurbada. Abarca parcial o totalmente 103 municipios, con 791 localidades, de estas 46 con poblaciones mayores a 2,500 habitantes y el resto con poblaciones menores a 2,500 habitantes.

Figura 3. Ubicación geográfica de Valles Centrales de Oaxaca



Fuente: CONAGUA

Cultivos establecidos

1.98 En el área de interés, que abarca actualmente 200 has en los Valles Centrales, los cultivos que actualmente se producen bajo los invernaderos son i) tomate de dos tipos Saladette o Roma (variedad italiana para conserva de tomate pelado, fruto pequeño bi o triclocular, forma de pera, tamaño homogéneo de los frutos) y Beef (fruto de gran tamaño y bajo consistencia, producción precoz y agrupada) y; ii) pepino europeo o inglés. La producción de ambos cultivos se enfoca principalmente a la exportación a Estados Unidos de América, sin embargo el tomate Saladette se consume y se vende en la región.

Pepino europeo

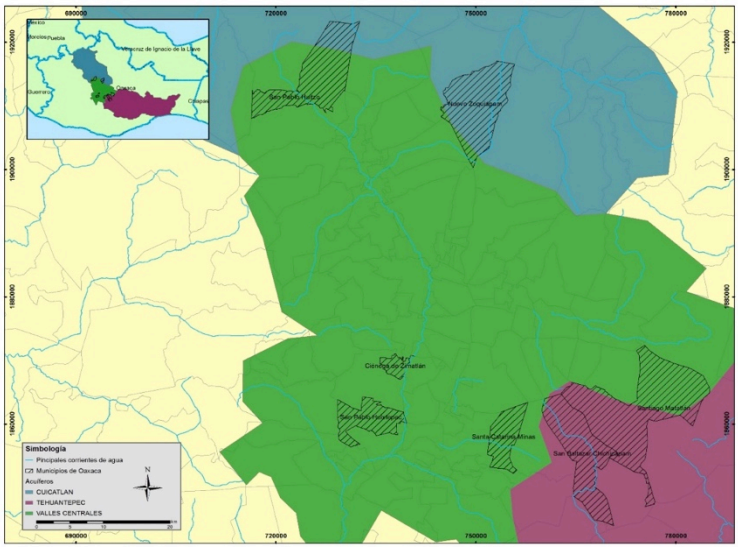
Tomate Beef

Situación del acuífero

1.99 Los acuíferos donde se encuentran ubicados los municipios del Proyecto propuesto en el Estado de Oaxaca son: i) Acuífero Cuicatlán: San Pablo Huitzo, Nuevo Zoquiapam; ii) Acuífero Valles centrales: Ciénega de Zimatlan, San Pablo Huixtepec, Santa Catarina minas; y iii) Acuífero Tehuantepec: San Baltazar Chichicapam, Santiago Matatlán; todos en el Estado de Oaxaca.

1.100 El requerimiento hídrico es de 7,000 m^3/ha, por lo que la demanda anual es del orden de 1.4 millones de m^3 y proyectados a 5 años es de 7 millones de m^3, el cual representa el 46.7% del volumen de la disponibilidad media anual.[4]

Figura 4. Acuíferos donde se ubican los municipios del proyecto



Fuente: CONAGUA

1.101 De acuerdo a un informe sobre el estado actual del acuífero de los Valles Centrales emitido por la CONAGUA en 2017 se menciona que en la zona conocida con el nombre de Valle de Oaxaca, se ha incrementado el alumbramiento de aguas del subsuelo. Con los estudios realizados, se ha llegado a la conclusión de que dichos alumbramientos se han efectuado en forma desordenada y en algunos casos se han hecho obras muy próximas unas de otras y que de continuar haciéndose en esa forma se correrá el riesgo de afectar los aprovechamientos existentes, así como de sobrepasar la capacidad explotable en los acuíferos, lo que redundaría en perjuicio de la economía de la regíon. Por lo tanto, con el objetivo de evitar que se continúen extrayendo en esa forma aguas subterráneas en la zona indicada y de prevenir los perjuicios señalados, así como para procurar la conservación de los acuíferos en condiciones de explotación racional y controlar las extracciones de los alumbramientos existentes y los que en el futuro se realicen se expidió un decreto que contiene los siguientes puntos:

a) Se establece veda por tiempo indefinido para el alumbramiento de aguas del subsuelo en la zona conocida como Valle de Oaxaca.

b) Las autoridades relevantes concederán permiso únicamente en los casos en que en los estudios realizados se advierta que no se causarán los perjuicios que con el establecimiento de la veda tratan de evitarse.

[4] Fuente: Informe Organismo de Cuenca Pacífico Sur CONAGUA, Mayo 2017.

c) Las obras existentes y las que se autoricen quedarán sujetas a disposiciones que dicte la autoridad para controlar y regular el mejor aprovechamiento de las aguas del subsuelo. Si las extracciones fueran mayores que las recuperaciones, se reglamentarán todos los aprovechamientos existentes.

Infraestructura de riego construida

1.102 De acuerdo a la Coordinadora Estatal de Productores de Hortalizas A.C. (CEPHAC), actualmente existen 51.3 has de invernaderos construidos así como un área para la selección, empacado y refrigeración de las hortalizas cosechadas.

1.103 El grado de tecnificación de cada invernadero es diverso, así como el equipo que se ha instalado para el riego. Sin embargo, se puede establecer que el grado de tecnificación de los invernaderos es bajo.

1.104 Por otro lado, en algunos de los invernaderos se han construidos reservorios para la captación de agua de lluvia, mismos que han permitido a los usuarios garantizar la disponibilidad de agua a lo largo de los ciclos de cultivo. Cabe mencionar que son pocos los invernaderos que cuentan con un reservorio.

Usuarios

1.105 La CEPHAC se encuentra conformada por 14 asociaciones integradas, de las cuales una es una comercializadora y las otras son sociedades de producción rural, integrando en su totalidad a 128 unidades económicas de hortalizas bajo ambiente protegido, con un beneficio directo a 600 productores en cuatro regiones del estado. De los cuales, en la región de Valles Centrales: Zimatlán, Tlacolula, Ocotlán y Etla; se localizan 105 unidades económicas, que benefician a 600 productores y se cuantifican 200 has bajo agricultura protegida.

Tabla 1. Integración de municipios y productores en la CEPHAC

Valles	Número de localidades	Número de productores	Total de superficie (ha)
Zimatlan	9	156	62
Tlacolula	1	150	40
Ocotlan	6	170	59
Etla	6	124	39
Total	**22**	**600**	**200**

Fuente: Informe Organismo de Cuenca Pacífico Sur - CONAGUA, Mayo 2017.

Problemática

1.106 Se ha identificado la necesidad de rehabilitar y modernizar los sistemas de riego existentes con la finalidad de optimizar el uso del agua y de incrementar el rendimiento de los cultivos. También, se ha identificado la necesidad de rehabilitar la infraestructura de los invernaderos actuales, lo cual puede incluir modificar las estructuras, reforzarlas, cambiar la cubierta plástica, uso de acolchado, etc.

1.107 También es necesario mejorar las capacidades técnicas de los productores, lo cual se puede hacer a través de asistencia técnica especializada. El beneficio de proveer asistencia técnica significa un incremento en los rendimiento de los cultivos, así como un incremento en la calidad de los productos y un manejo óptimo de la producción, lo cual aumenta la vida de anaquel de los productos y que es sumamente apreciado por las empresas de comercialización.

Disponibilidad de agua

1.108 La producción de hortalizas en invernaderos supone un consumo intensivo de agua por lo que es necesario garantizar una fuente confiable del recurso para evitar que las plantas sufran de cualquier tipo de estrés y que los rendimientos por planta y la calidad de los frutos pueda verse afectada.

1.109 Actualmente el agua proviene de los pozos propios o comunales. En el punto visitado la profundidad de extracción es de 4 metros, sin embargo en otras localidades aledañas llega a ser de hasta 38 metros de profundidad. En el caso en que no se cuente con un pozo propio, el agua tiene que ser trasladada hasta el sitio del invernadero con una pipa y conforme a lo que se acuerde solamente se podrá cubrir el costo del combustible.

1.110 En promedio cada planta requiere de un litro por día. El consumo de agua es tan importante que incluso se debe de contar con un equipo de bombeo adicional, que podrá ser utilizado en caso de que el equipo instalado falle en cualquier momento a lo largo del ciclo de producción.

1.111 Como se documentó en una sección anterior, existe una restricción a ampliar las concesiones para extraer agua del acuífero por lo que es necesario evaluar otras opciones.

Descripción del proyecto

1.112 Ante la restricción de utilizar más agua de la que se tiene concesionada actualmente y con la intención de evitar una sobre-explotación del acuífero, se han planteado dos opciones de solución para garantizar la disponibilidad de agua.

1.113 Por un lado se ha propuesto dar tratamiento a las aguas residuales que están siendo vertidas a las aguas superficiales de los Ríos Atoyac y el Río Salado, o bien aprovechar el agua de lluvia a través de la captación por medio de las cubiertas plásticas de los invernaderos y conducción hacia reservorios.

1.114 La primera opción implica ciertas restricciones para producir y comercializar el producto, ya que como se señaló anteriormente, los cultivos que se producen están certificados como orgánicos y su destino es la exportación.

1.115 La segunda opción es más consistente con el tipo de cultivo y destino de los mismos. El tipo de infraestructura propuesta para la recolección de agua plantea una recuperación de hasta 7,000 m^3 al año por hectárea. Además de los reservorios se plantea un proyecto en dos etapas. La etapa 1 consiste en rehabilitar y modernizar 51.3 has de invernadero que actualmente se encuentran en producción y en una segunda etapa se plantea construir 150 has de nuevos invernaderos para contar con 200 has de invernadero al final del proyecto. Las dos etapas estarán acompañadas de la construcción de sus respectivos reservorios de agua. Esta opción requiere una inversión de $224 mdp para las dos etapas del proyecto. A continuación se muestra un resumen de las inversiones a realizarse para esta opción:

Tabla 2. Resumen de inversiones para el proyecto de Oaxaca

Etapa	Superficie (has)	Infraestructura & Equipamiento (mdp)	Reservorios (mdp)	Total (mdp)	Tiempo de construcción (meses)
Etapa 1	51	$ 46	$ 112	$ 158	12
Etapa 2	191	$ 245	$ 112	$ 357	12
Total	242	$ 291	$ 224	$ 515	24

Fuente: Elaboración propia

1.116 La modernización y adopción de tecnologías que se propone en este proyecto y la construcción de reservorios resulta necesario debido a la escasez de agua en la zona.

Oportunidad de negocio

1.117 Actualmente la CEPHAC cuenta con un contrato con una empresa comercializadora para la venta del 25% de la producción total cuyo destino es Estados Unidos. El contrato se revisa cada año y en él se actualiza el precio de la producción, el cual está en función de las condiciones prevalecientes en el mercado de Estados Unidos. Por el clima de la zona es posible producir a lo largo del año, lo que favorece una oferta constante del producto. Sin embargo, los productores han identificado algunas ventanas en las cuales los precios son mejores y por lo tanto buscan enfocarse en ellas.

1.118 Otro tipo de contrato que han convenido los productores con la empresa comercializadora para el pepino es un contrato anual en donde existe un precio que no puede rebasar un máximo ni un mínimo que se pacten.

1.119 Cuando se entrevistó a los productores se cuestionó sobre el mercado potencial para la producción adicional que se tendrá al modernizar los invernaderos actuales y construir los nuevos. Al respecto, comentaron que existe demanda para sus productos tanto con la comercializadora actual como con otra comercializadora, la cual tiene convenios en Estados Unidos con una cadena de supermercados.

1.120 También, los productores están considerando la posibilidad de diversificar sus cultivos, por ejemplo, introducir la fresa con la intención de maximizar las opciones de comercialización.

1.121 Cabe mencionar que los cultivos que se exportan son orgánicos lo cual agrega valor y por lo tanto se pueden vender a un precio mayor. Además, los productores que no cuentan con las certificaciones están en proceso de tramitarlas.

Potencial APP del proyecto

1.122 A continuación se presenta el análisis detallado mediante el cual se determinó el potencial de participación privada del proyecto. El análisis incluyó la definición de criterios para evaluar si las características del proyecto y del entorno se alinean con lo que el marco teórico y la experiencia establecen como aceptable para estructurar un proyecto como APP.

1.123 Cada uno de los criterios se ha calificado y se ha establecido que el proyecto tiene un potencial "Medio" de participación privada. Los criterios que se utilizaron para determinar el potencial APP de un proyecto son los siguientes:

a) **Tamaño del proyecto:** El monto de inversión de $150 mdp (primera etapa) no es lo suficientemente grande para compensar los costos de transacción relacionados con la estructuración de un APP y su cierre financiero, sin embargo es un monto que puede generar economías de escala para los contratistas interesados. Por lo anterior se asignó una calificación "Baja" para este criterio.

b) **Organización de la Asociación de Usuarios:** Los usuarios están organizados en torno a una Coordinadora Estatal de Productores de Hortalizas, que es una asociación civil que aglutina a diversas organizaciones de productores y concentra los esfuerzos de comercialización y negociación ante clientes y autoridades gubernamentales. Se asignó una calificación "Alta" para este criterio.

c) **Integración de la cadena de valor:** Gracias a la existencia de contratos de comercialización de largo plazo que actualmente tienen los productores y al compromiso verbal de sus clientes de comprar los excedentes de producción, se asignó una calificación "Alta" para este criterio.

d) **Complejidad del diseño:** La opción tecnológica que se propone para el proyecto no implica mayor complejidad en su diseño ya que los equipos de riego y modernización de los invernaderos son del dominio de los proveedores de equipos de la región. Es por ello que se asignó una calificación "Alta" para este criterio.

e) **Capacidad para definir el alcance y medir la calidad de la infraestructura:** En este proyecto se puede definir con claridad el tipo de infraestructura que se debe utilizar para prestar el servicio. Se asignó una calificación "Alta".

f) **Capacidad para definir el alcance y medir la calidad de los servicios:** Dada la heterogeneidad en la infraestructura que se debe desarrollar en este proyecto, se considera que la definición de los servicios que debe prestar el privado no es lo suficientemente clara, es por ello que se asignó una calificación "Media".

g) **Integración de funciones:** En este caso, entre más funciones se transfieran al privado más potencial APP tiene un proyecto. Para este proyecto se considera que algunas de las funciones como: operación, mantenimiento, gestión del agua y cobro, podrían no ser transferidas al privado. Por lo tanto, esto implica que la calificación que se asigna a este criterio es "Baja".

1.124 Después de hacer un recuento de las calificaciones asignadas a cada criterio se concluye que el proyecto tiene un potencial APP "Medio". Esto implica que el proyecto podría estructurarse a través de un APP o bien se podrían considerar otras opciones de financiamiento.

1.125 Adicional a lo anterior se ha identificado las siguientes características que podrían incrementar el potencial APP del proyecto.

a) **Capacidad de pago**: Los cultivos que se producen son hortalizas, las cuales están catalogadas como cultivos de alto valor. Si se agrega el hecho de que una parte de la producción se destina a la exportación entonces el escenario es aún mejor. Esto supone que la capacidad de pago de los agricultores es alta y pueden destinar una parte de sus ingresos a cubrir la inversión inicial.

b) **Visión empresarial:** Los productores están organizados en sociedades de producción rural que a su vez están aglutinadas en una asociación civil, la cual negocia acuerdos de largo plazo con los compradores para que exista un precio y una cantidad mínima de compra. Además, los productores buscan invertir para incrementar el grado de tecnificación de sus invernaderos ya que eso redituará en mayor calidad y cantidad de producción.

c) **Sobre-explotación de los acuíferos:** Como se ha documentado, en la zona de influencia del proyecto el acuífero esta sobre-explotado por lo que mejoras en las técnicas de riego pueden reducir el consumo de agua por hectárea.

Retos para la estructuración de un APP

1.126 El proyecto de los invernaderos en Valles Centrales de Oaxaca plantea retos similares a los que se observaron en el caso de El Palmar.

1.127 Uno de los retos es la heterogeneidad de la infraestructura que se debe desarrollar, ya que está en función de las necesidades de cada productor. En su caso, se recomienda que el mecanismo de pago que se diseñe para el esquema APP este en función de la inversión en infraestructura que se realice en cada parcela y de los servicios que brinde el prestador de servicios, adicionales a la propia operación y mantenimiento de los activos. Por lo tanto, la tarifa podría ser diferente para cada usuario, lo cual se puede convertir en un ejercicio complejo si el número de usuarios es alto.

1.128 Otro reto es que los productores parecen no estar dispuestos a que un privado brinde el servicio de O&M de sus sistemas de riesgo y de los invernaderos, ya que ello supone la transferencia de una parte importante de las funciones que ellos mismos pueden y están dispuestos a realizar.

1.129 Por otro lado está presente el tema que indica la Ley APP sobre la reversión de los activos a la propiedad del estado una vez que se concluya la vigencia del contrato.

Conclusión

1.130 Tanto el proyecto de "El Palmar" como éste proyecto plantean requerimientos de infraestructura que a su vez demandan que se opere y mantenga en buenas condiciones para brindar el servicio de riego a los productores. Bajo esta premisa, se decidió estudiar ambos proyectos bajo la óptica de una APP y se planteó un arreglo mediante el cual pudieran estructurarse como tal. Además, cabe recordar que cuando se aplicó la metodología para la selección de proyectos con participación privada, ambos tuvieron una calificación "Media".

1.131 Sin embargo, derivado del análisis, se encontraron retos que imponen ciertas limitantes para que los proyectos se estructuren como una APP. Algunos de esos retos están relacionados con lo que la propia Ley APP estipula en cuanto a que la infraestructura se debe revertir al Estado cuando concluya la vigencia del contrato, lo cual parece complicado en el caso de los invernaderos, ya que la infraestructura que se desarrolle sería para el uso y beneficio del productor.

1.132 Otro aspecto que limita la estructuración del APP es que las funciones de gestión del agua y operación de la infraestructura difícilmente podrán ser transferidas al privado ya que hay agricultores que se pronunciaron por mantener la operación de la infraestructura, lo que a su vez limita la administración del agua.

1.133 Por otro lado, la heterogeneidad en las necesidades de infraestructura que tienen los usuarios plantea un reto importante para desarrollar un mecanismo de pagos que pueda satisfacer las diferentes particularidades. Finalmente, el monto de la transacción es relativamente bajo para justificar todos los costos de transacción asociados a una APP. Por lo anterior, se decidió explorar otras alternativas de financiamiento, como la deuda bancaria.

1.134 En la búsqueda de alternativas de financiamiento se identificó el FOCIR, con el que se han tenido diversas reuniones , en donde se ha presentado el caso de negocio y la información recolectada del proyecto. A su vez el FOCIR ha comunicado con los productores para establecer contacto y desarrollar un plan de negocio mediante el cual puede aplicar y acceder al financiamiento.

1.135 Para los proyectos que se han desarrollado en este informe, la alternativa de financiamiento que ofrece FOCIR es la vía más ágil y la que se ajusta a las necesidades de los agricultores. Sin embargo, también se debe plantear una matriz de riesgos y una estructura APP para ambos proyectos con la finalidad de analizarlos bajo esquemas APP. Para ello es necesario ampliar la información que se ha presentado en éste informe.

PROYECTO 3. "EL CARRIZO", TAMAZULA DE GORDIANO, JALISCO

1.136 Los componentes del proyecto "El Carrizo", ubicado en el municipio de Tamazula de Gordiano, Jalisco, consisten en una presa de almacenamiento sobre el río Camichín; una presa derivadora, así como línea de conducción y distribución, para beneficiar con riego a 3,177 has, tanto del régimen ejidal, como de pequeños propietarios de varias localidades del municipio de Tamazula.

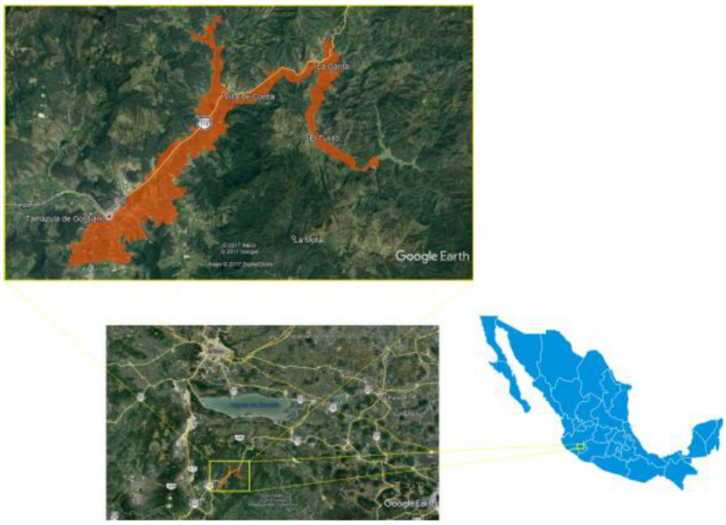
1.137 La presa de almacenamiento El Carrizo fue concluida en agosto de 2008, en tanto que la construcción de la presa derivadora y la zona de riego se encontraban programadas para ejecutarse durante los años 2012 y 2013. Sin embargo, debido a restricciones presupuestales las obras no han sido ejecutas por lo que el proyecto integral de riego que se había planteado de inicio no se ha podido concluir.

1.138 Cabe señalar que la presa de almacenamiento El Carrizo demandó durante el periodo 2005-2009 una inversión de $254 mdp (a precios de 2012, sin incluir IVA). Esta inversión no ha resultado en los beneficios sociales esperados debido a que es necesario construir la presa derivadora y la zona de riego para que la inversión resulte productiva.

Ubicación y extensión

1.139 La Presa de Almacenamiento y Zona de Riego "El Carrizo" se ubican al sureste del Estado de Jalisco, en el municipio de Tamazula de Gordiano, sobre el Arroyo El "Camichín" a una altura media de 1,220 metros sobre el nivel del mar y a una distancia de 171 km al sureste de la ciudad de Guadalajara, Jal.

Figura 5. Ubicación de la zona de riego El Carrizo, Jalisco



Fuente: CONAGUA

Cultivos establecidos

1.140 De acuerdo al estudio costo-beneficio elaborado por la CONAGUA, los cultivos principales son el maíz, la caña y los cítricos, de los cuales la caña de azúcar es la que representa el 95% de la producción total. A pesar de que en años recientes se ha incrementado la producción de otros cultivos como las hortalizas, la superficie sembrada aún resulta poco significativa.

Tabla 3. Principales cultivos en la zona de riego El Carrizo.

Cultivo	Superficie (has)	Rendimiento (ton/ha)	Producción (ton)	PMR ($/ton)	Valor de producción (miles $)
Maíz Elote	143	16	2,317	1,100	2,548
Caña de Azúcar	3,018	80	241,440	800	193,152
Cítricos	16	14	224	2,806	628.544
Suma	3,177		243,981		196,329

Fuente: CONAGUA

Fuentes de agua

1.141 El agua proviene de tres fuentes que son:

a) Agua de lluvia

b) Del río Camichín

c) Pozos profundos

1.142 A pesar de existe una presa de almacenamiento, no se puede considerar como una fuente de abastecimiento, ya que no se han desarrollado las obras para poder aprovechar el agua almacenada.

1.143 Actualmente, los productores dependen principalmente del agua de lluvia y del agua del río Camichín, sin embargo estas fuentes son intermitentes y resultan insuficientes para atender la demanda de los agricultores. Cabe señalar que en la época de estiaje el río se seca totalmente, justo cuando los cultivos requieren de agua ya que se encuentran en su etapa de desarrollo y producción.

1.144 También existen pozos profundos, operados con bombas eléctricas, sin embargo esta situación encarece los costos de producción debido al consumo de energía para regar los cultivos. Además, de acuerdo a observaciones realizadas durante el periodo 1993 a 2004, de pozos de la zona, existe un abatimiento de los niveles freáticos, que denotan una sobreexplotación del acuífero. Esta situación podría prevenirse con el establecimiento de una zona de riego y el aprovechamiento del agua almacenada en la presa El Carrizo.

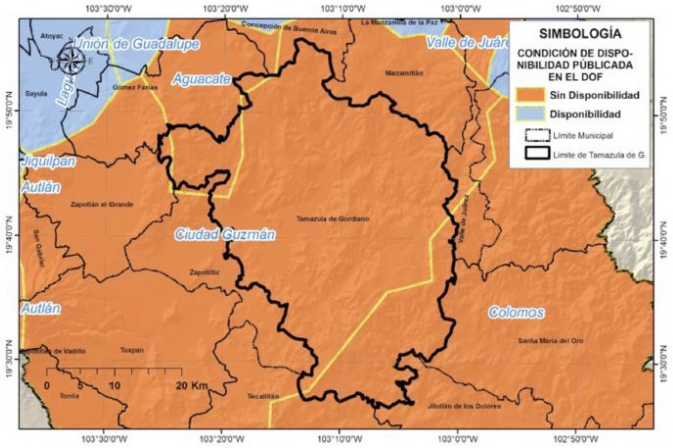
Situación del acuífero

1.145 El municipio de Tamazula de Gordiano se encuentra en su mayor parte en el Acuífero Ciudad Guzmán, sin embargo se ubica también sobre los acuíferos Colomos y Aguacate, los cuales se encuentran localizados al Sur del Estado de Jalisco.

1.146 El Acuífero Ciudad Guzmán ocupa el 76% del total del territorio municipal; mientras que el Acuífero Aguacate ocupa el 7% y Colomos el 17% restante. Según el Registro Público de Derechos de Agua de la CONAGUA, existen 457 aprovechamientos de Aguas Subterráneas en el municipio de Tamazula de Gordiano, de los cuales el 84% es destinado al uso agrícola.

1.147 En la Ficha Técnica Hidrológica del Municipio de Tamazula de Gordiano elaborado por la Comisión Estatal del Agua del Estado de Jalisco, en 2015 se estableció que existe un déficit de aguas subterráneas de 0.76 millones de m^3 por año, por lo que actualmente no existe volumen disponible para nuevas concesiones.

Figura 6. Disponibilidad de aguas subterránea del municipio de Tamazula de Gordiano



Fuente: Ficha Técnica Hidrológica del Municipio de Tamazula de Gordiano elaborado por la Comisión Estatal del Agua del Estado de Jalisco en 2015

Infraestructura de riego construida

1.148 En la zona de influencia del proyecto, existen 47 pozos profundos según se hacía constar en la actualización del Estudio Costo Beneficio preparado por la CONAGUA en 2012. Dichos pozos proporcionan riego a una buena parte de la superficie cultivada de la zona, y además proveen el líquido para abrevadero y uso doméstico de varios poblados.

1.149 También existen derivaciones del río Camichín y del arroyo Zapatero; y diversas norias, que son utilizadas para riego y en algunos casos para uso doméstico. También se encuentran tomas y derivaciones rústicas del río Tamazula, para regar precariamente terrenos que comprende el proyecto.

1.150 Además, a finales de agosto de 2008 se concluyó la presa de almacenamiento El Carrizo, que tiene una capacidad de almacenamiento de 41 millones de m^3.

Usuarios

1.151 El proyecto beneficiará una superficie de 3,177 has que es eminentemente cañera y cuya producción es procesada en el Ingenio Tamazula, que también recibe la producción cañera de otros siete municipios de Jalisco, que se encuentran en la misma zona geográfica.

1.152 Los 13 ejidos beneficiados son: El Tulillo, La Cuesta de San Lázaro, La Garita, La Rosa, San Francisco, Naranjitos, Tamazula, San Vicente, Apatzingán, Contla, Palmillas, El aguacate y El Atascozo.

Problemática

1.153 La problemática que presenta la zona en cuestión es la falta de agua durante la etapa de desarrollo y producción de los cultivos. Si bien existen tres fuentes de agua actualmente (pozos, lluvia y el río), su disponibilidad es intermitente o bien encarece los costos de producción debido a que se tiene que extraer del acuífero con bombas eléctricas.

1.154 Lo anterior causa que la productividad de los cultivos sea menor a la esperada y que los costos de producción sean mayores, reduciendo el margen de utilidad de los productores.

1.155 Por otro lado, existe una sobreexplotación del acuífero debido a que una fuente primordial de agua son los pozos que se encuentran concesionados. Dicha sobreexplotación genera problemas de disponibilidad en el mediano y largo plazos y supone un riesgo mayor para la actividad agrícola que se desarrolla en la región.

1.156 También, el hecho de utilizar pozos provoca que los costos de producción se incrementen sustancialmente. Cabe mencionar que el costo de la electricidad para operar las bombas de los pozos es uno de los componentes principales de los costos de producción.

Descripción del proyecto

1.157 Ante la problemática que enfrentan los productores de esta región, la solución planteada es la construcción de las obras que demanda la zona de riego, que permitan aprovechar cabalmente los volúmenes de agua que actualmente almacena la presa El Carrizo.

1.158 Se han considerado dos opciones para solucionar la problemática, la primera es la construcción de una zona de riego basada en canales revestidos a cielo abierto. Esta opción supone una inversión de $554.2 mdp, sin incluir IVA y que la tecnificación de la zona a través de sistemas de riego por goteo y aspersión tenga una inversión de $96.4 mdp. El monto total de la inversión ascendería a $650.7 mdp. Se plantea un plazo de dos años para realizar los trabajos. Esta opción propone que los agricultores hagan uso de bombas para generar la presión suficiente para regar por aspersión o a través de cinta de riego.

1.159 La segunda solución sería que la zona de riego se construya a través de tubería de alta resistencia, lo cual podría reducir los desperdicios de agua que se originan durante la conducción del recurso hídrico, desde la presa hasta las parcelas. Además, con la tubería se aprovecha la presión que genera la altura a la que está la presa y permite que los productores hagan uso de sistemas de riego como aspersores o cintas de riego sin necesidad de bombear el agua, lo que a su vez crea ahorros en los costos de producción. Sin embargo éste sistema de riego tiene un costo de entre $1,500 y $1,700 mdp.

1.160 Con cualquiera de los dos sistemas descritos se incrementaría de manera sustancial el ingreso de los productores, ya que se consolidaría una zona productora de 3,177 has, en su mayoría de caña de azúcar. Además, el proyecto evitaría el uso de los pozos y con ello la sobreexplotación del acuífero.

Oportunidad de negocio

1.161 Como se mencionó anteriormente, la zona en donde se pretende llevar a cabo el proyecto es eminentemente cañera y la producción es procesada en el Ingenio Tamazula. Cabe señalar que la capacidad de molienda del Ingenio excede a la producción actual. Además, se ha observado que algunos productores están optando por cultivar productos más rentables, como las hortalizas. De llevarse a cabo el proyecto, se podría dar un impulso significativo a los productores que pretenden dirigirse hacia cultivos más rentables pero que actualmente están limitados por la falta de agua.

1.162 En el ACB se estimó un incremento en la productividad para el maíz del 54%, para la caña de entre 48% y 77%, dependiendo del tipo de sistema de riego y para los cítricos de 28%. De acuerdo con dicho estudio, el incremento en productividad resultaría en un incremento del ingreso de $24,221 pesos por ha.

Cadena de valor

1.163 Por lo que respecta a la caña de azúcar, actualmente la comercialización se realiza en su totalidad con el Ingenio de Tamazula y el maíz elote se vende en la región o en las poblaciones cercanas demandantes, como son Ciudad Guzmán y Guadalajara, ocasionalmente se observa la presencia de intermediarios que compran los productos directamente en el campo.

1.164 Una vez que se corta la caña, se lleva de inmediato a los patios del Ingenio Tamazula por lo que no existen áreas para el almacenamiento y tampoco se requiere inversión en las mismas.

1.165 Cabe mencionar que en la zona del proyecto existe poca maquinaría agrícola e implementos para realizar las prácticas de labranza necesarias en la explotación agrícola, por lo que la mayor parte de los productores pagan maquila para la preparación de los suelos, siembra y escarda, así como el transporte de los productos agrícolas a los centros de consumo.

1.166 El crédito y el seguro son proporcionados por el ingenio azucarero, el que posteriormente retiene parte del pago de los productores para cobrar el financiamiento provisto.

1.167 El maíz elote y cítricos se distribuyen en los mercados de la región, siendo los principales el de Ciudad Guzmán y Guadalajara. La producción de maíz en su mayor parte se destina para elote, aprovechándose la parte vegetativa como forraje para la alimentación del ganado. En cuanto a la producción de los cítricos, la mayor parte es consumida localmente.

Potencial APP del proyecto

1.168 A continuación se presenta el análisis detallado mediante el cual se determinó el potencial APP del proyecto. Cada uno de los criterios se ha calificado y se ha establecido que el proyecto tiene un potencial "Alto" de participación privada. Los criterios que se utilizaron para determinar el potencial APP de un proyecto son los siguientes:

a) **Tamaño del proyecto**: El monto de inversión, en cualquiera de las opciones tecnológicas, supera los $500 mdp, lo cual se considera suficientemente grande para compensar los costos de transacción relacionados con la estructuración de un APP y su cierre financiero. Por lo anterior se asignó una calificación "Alta" para este criterio.

b) Organización de la Asociación de Usuarios: Los usuarios están organizados en torno a una sociedad de productores rurales que aglutina a la mayoría de los productores de caña de azúcar de la región y que tiene poder de negociación tanto con el ingenio como con las autoridades gubernamentales. Por lo tanto se asignó una calificación "Alta" para este criterio.

c) Integración de la cadena de valor: El proyecto plantea la construcción de una zona de riego que reduciría los costos de producción al evitar el uso de bombas, además de garantizar el abasto de agua a lo largo del ciclo de cultivo. Lo anterior incrementaría los márgenes de ganancia para los productores debido a la reducción de los costos de producción y al incremento en la productividad de sus cultivos. Además, la cadena de comercialización está establecida y se sabe que el Ingenio Tamazula tiene capacidad ociosa, por lo que podría comprar los excedentes que provengan del incremento en productividad. Se asignó una calificación "Alta" para este criterio.

d) Complejidad del diseño: La opción tecnológica que se propone, al menos en el caso del entubado, implica un diseño medianamente complejo y que solo se ha observado en el Distrito de Riego 01 en Aguascalientes. Es por ello que se asignó una calificación "Media" para este criterio.

e) Capacidad para definir el alcance y medir la calidad de la infraestructura: En este proyecto se puede definir con claridad el tipo de infraestructura que se debe utilizar para prestar el servicio. Se asignó una calificación "Alta".

f) Capacidad para definir el alcance y medir la calidad de los servicios: En este proyecto se pueden definir con claridad los servicios que debe prestar el privado. Se asignó una calificación "Alta".

g) Integración de funciones: Excepto por las funciones de cobro y probablemente la función de gestión del agua, el resto de las funciones que comúnmente se transfieren al privado en un APP se transferirían al licitante ganador. Por lo tanto la calificación que se asigna a este criterio es "Alta".

1.169 Después de hacer un recuento de las calificaciones asignadas a cada criterio se concluye que el proyecto tiene un potencial APP "Alto". Esto implica que el proyecto puede estructurarse a través de un APP ya que es muy probable que haya valor por dinero.

1.170 Adicional a lo anterior las siguientes características incrementarían el potencial APP del proyecto:

a) **Latifundio:** Los productores que buscan beneficiarse del proyecto cuentan con extensiones de tierra que van de las 10 a las 50 has por agricultor. A diferencia de los Distritos de Riego, en las Unidades de Riego la propiedad de la tierra está más concentrada, lo que favorece que se pueda estructurar un APP ya que reduce el riesgo de cobro y facilita la negociación con los usuarios.

b) **Visión empresarial:** Los productores de la región han experimentado con diferentes cultivos, como el chile y la alfalfa. Incluso hay evidencia de que se experimenta con la vid y la cebada. Esto supone que los productores buscan migrar de cultivos de bajo valor como el forraje y el frijol a productos que incrementen sus ingresos, lo cual favorece la estructuración de un APP.

Retos para la estructuración de un APP

1.171 La estructuración del proyecto "El Carrizo" como una APP presenta retos importantes. Uno de los principales es determinar la disponibilidad de los usuarios a pagar una cuota determinada por la prestación del servicio de riego y por la amortización de parte de la infraestructura. Además, otro reto importante es identificar el mecanismo mediante el cual se asegura el pago puntual y completo de los usuarios.

1.172 Por otro lado es necesario definir las garantías que son necesarias para dar viabilidad al proyecto y que cubran principalmente los riesgos de cobro y los comerciales.

Conclusiones

1.173 El proyecto "El Carrizo" presenta un potencial APP "Alto" y por lo tanto se recomienda continuar con el estudio del proyecto bajo el esquema APP para determinar la distribución óptima de riesgos y funciones entre el privado y el gobierno.

1.174 Se recomienda determinar la opción tecnológica óptima, ya que la diferencia en el monto de inversión inicial es sustancial y tiene implicaciones directas en las fuentes de pago. Esta definición incluso trasciende el proyecto mismo, ya que la decisión puede ser un parteaguas para los proyectos que se decidan llevar a cabo en un futuro en el sector hidroagrícola en México.

PROYECTO 4. "ABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA EL VALLE DE GUADALUPE"

Ubicación y extensión

1.175 El Valle de Guadalupe está situado a 25 km al norte de la ciudad de Ensenada, en el Estado de Baja California, a 85 km al sur de la ciudad de Tecate y a 15 km del Océano Pacífico aproximadamente, y colindada de forma vecina con las ciudades de Rosarito, Tijuana y con la frontera con Estados Unidos, en una extensión de zona rocosa-montañosa de 66 mil has sobre los márgenes del Arroyo Guadalupe con una elevación sobre el nivel del mar de 1,100 pies.

Figura 7. Localización del Valle de Guadalupe en Baja California

Fuente: Amey, R. L. (2003). Wines of Baja California: Touring and Tasting México's Undiscovered Treasures, p. 39.

1.176 El clima en esta zona es de tipo Mediterráneo, con una temperatura mínima media de 8° Centígrados y una máxima media de 21° Centígrados con pocas lluvias durante los meses de noviembre y marzo, caracterizada como una región única en México por su excelente estado de conservación y tradición agrícola basada en el cultivo de la vid y la producción de vino de mesa.

1.177 En este valle se asientan los poblados Francisco Zarco, El Porvenir, El Tigre y San Antonio de Las Minas, lugar donde se concentran alrededor de 47 empresas dedicadas al cultivo de la vid y producción de vino, entre las que se encuentran L.A. Cetto, Bodegas Santo Tomás, Bibayoff, Casa Pedro Domecq, Adobe Guadalupe, Chateau Camou, Monte Xanic, entre otras.

Cultivos establecidos

1.178 La vid es el principal cultivo en el Valle de Guadalupe y se estima que en la región se produce el 45% del vino en el país. Además de la vid, otro cultivo importante es el olivo, y, en menor proporción el cultivo de algarrobo, ciruela, chabacano, durazno, mandarina, membrillo, nogal y toronja. La agroindustria de la vid conforma cuatro sistemas productivos: uva pasa, jugo concentrado, aguardiente y vinos de mesa. Entre las variedades mayormente utilizadas se encuentran: Sauvignon Blanc, Cabernet Sauvignon, Chenin Blanc y Thompson, las cuales ocupan el 50% de la superficie plantada. En relación al tipo de riego de la superficie cultivable, 65%corresponde a irrigación y 35% a temporal.

Situación del acuífero

1.179 En Baja California existe un problema importante de escasez de agua que ha restringido algunas de las actividades económicas de la región y que puede llegar a representar un problema mayúsculo en el mediano plazo. Esto ha provocado que en el Estado se observen las tarifas más altas por m^3 de agua en el país.

1.180 En específico, en el Valle de Guadalupe, la escasez de agua ha generado que la actividad primordial de la región, la vinicultura, haya decrecido en los últimos años a pesar de que la demanda se ha incrementado. Algunas de las razones de la falta de agua en la región se debe a la sobreexplotación de los acuíferos, a pesar de que no se han otorgado nuevas concesiones para la extracción de agua.

1.181 La demanda de agua es abastecida por el acuífero del Valle de Guadalupe, el cual de acuerdo con cifras del Registro Público de Derechos de Agua del año 2009, tiene un volumen anual concesionado de 42 millones de m^3, de los cuales 21 millones de m^3 son para uso agrícola. De acuerdo con un estudio de la CONAGUA, la recarga media anual del acuífero es de 24 millones de m^3, por lo que se presenta un déficit de 18 millones de m^3.

1.182 Históricamente, el acuífero ha presentado condiciones de sobreexplotación. Desde 1965 en el Diario Oficial de la Federación se decretó "una veda por tiempo indefinido para el libre alumbramiento de aguas subterráneas en todo el Estado de Baja California". Derivado de ello, desde hace varios años la CONAGUA no ha otorgado nuevas concesiones para extraer agua.

Infraestructura de riego construida

1.183 En el Valle de Guadalupe existen diferentes niveles de tecnificación de los sistemas de riego, aunque por el tipo de cultivo la mayoría de los productores presenta cierto nivel de tecnificación. Como se ha comentado con anterioridad, la principal fuente de abastecimiento de agua es el acuífero, por lo que los productores cuentan con bombas para realizar el riego.

1.184 En el caso de la plantas de tratamiento, actualmente existen 3 plantas de tratamiento en Tijuana identificadas con los nombres "La Morita", "Monte de Olivos" y "Cueros de Venado", las cuales aportan 700, 300 y 200 lps respectivamente.

Usuarios

1.185 La estructura empresarial en el Valle de Guadalupe está constituida fundamentalmente por pequeñas y medianas empresas, por sus siglas, PyMes, con un 77% del total, las cuales tienen una producción anual menor a 50,000 cajas de vino y generan un aproximado de 1,500 empleos temporales en la temporada de la vendimia, o bien, de la cosecha, con una estrategia dirigida a la creación de sociedades capitalistas y a la búsqueda de nuevos mercados; y por el otro lado, las grandes empresas, represen el 23% restante de las empresas, con un total de 1,000 trabajadores o más durante el periodo de la pizca, y con una pro-

ducción anual mayor a 50,000 cajas de vino, enfocados a públicos muy específicos, a la apertura de nuevos mercados y a la innovación de nuevas marcas y productos.

Problemática

1.186 La sobre-explotación del acuífero ha generado escasez de agua, lo que ha limitado el crecimiento de la actividad económica de la región, sobretodo la asociada a la producción agrícola. Tanto en el Valle de Guadalupe como en Tecate se pueden encontrar superficies sin sembrar debido a la falta de disponibilidad de agua para regarlas, mientras que las superficies de cultivo existentes cuentan con cantidades de riego sub-optimo, lo que afecta su productividad.

1.187 Por ejemplo, la producción de uva para vino de mesa es uno de los cultivos más afectados por la escasez de agua, ya que además de tener una producción sub-optima, no ha sido capaz de ir a la par con el crecimiento de la demanda nacional. En el periodo 2003-2014, el consumo de vino se duplicó, mientras que en el Valle de Guadalupe la producción se incrementó solo 23.7%.

1.188 Se estima que el consumo nacional de vino seguirá creciendo a tasas similares durante los próximos 30 años, es decir, 5% promedio anual. Por lo que, si se continúa la tendencia de crecimiento de la producción de 2% anual, se tendría una disminución de la participación de la producción nacional en el consumo de vino.

1.189 Con el objetivo de evitar una sobre-explotación del acuífero y de aprovechar el potencial de producción agrícola en la zona del Valle de Guadalupe, se ha planteado el reúso del agua residual tratada en plantas de tratamiento localizadas en el Sureste de la Ciudad de Tijuana para irrigar las tierras de cultivo del Valle de Guadalupe.

1.190 Se estima que en el año 2030, estas plantas serán capaces de producir hasta 1,200 lps (aproximadamente 38 millones de m^3/año), lo cual es suficiente para recuperar el manto friático del acuífero y aumentar la producción del olivo y vid, en una primera etapa.

1.191 Un beneficio adicional de la reutilización de agua tratada por parte de los agricultores es que esta podría intercambiarse por derechos de extracción de agua potable para reducir la sobreexplotación del acuífero.

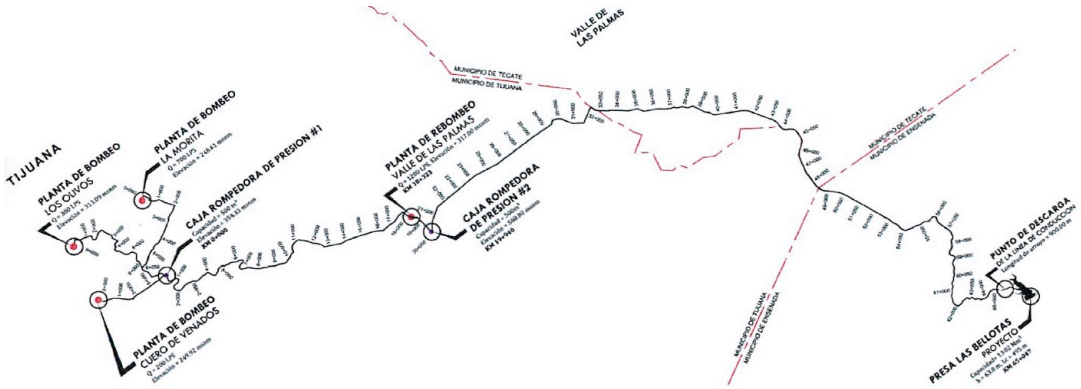
Descripción del proyecto

1.192 El proyecto consiste en construir y operar un acueducto de 73 km para llevar las aguas residuales tratadas de Tijuana hasta el Valle de Guadalupe desde tres plantas de tratamiento que se ubican a las afueras de Tijuana. El agua disponible en estas plantas se considera apta para uso agrícola, para los cultivos de vid, olivos y frutales, principalmente. Las plantas de tratamiento de donde se pretende llevar el agua tratada son: Monte de los Olivos, Cuero de Venados y La Morita.

1.193 La disponibilidad de agua de estas plantas en el año 2013 era de 681 lps, equivalente a 21.5 millones de m^3/año. Se espera que para el año 2030 la capacidad de las plantas se incremente a 1,202 lps equivalente a 37.9 millones de m^3 al año. Lo cual representa una capacidad de riego de hasta 7,580 has/año.

1.194 El sistema de conducción consta de 3 líneas de impulsión, las cuales inician en las plantas de tratamiento referidas, ubicadas en las afueras de la Ciudad de Tijuana. Las líneas se unen en una conducción común hasta una estación de rebombeo. Posteriormente, la conducción será por gravedad hasta la zona del vaso de la presa, tal como se muestra en la siguiente figura.

Figura 8. Trazo del proyecto



Fuente: Información tomada del documento "Proyecto para la conducción de agua residual tratada con un gasto de 1200 lps del afluente de las PTARS de Tijuana para reuso en riego en el Valle de Guadalupe".

1.195 El proyecto incluye la construcción de una presa de almacenamiento con capacidad de hasta 15.6 millones de m^3, la cual se ubicará en las Bellotas. Se considera la construcción de una cortina de 64.2 m de altura, con una longitud de 480 m.

1.196 El costo del proyecto se estima entre $1,800 y $2,200 mdp. Lo anterior sin considerar los costos por liberación de derecho de vía y asumiendo que el tipo de tratamiento que actualmente dan las tres plantas es terciario y por lo tanto el agua tratada tiene la calidad suficiente para ser utilizada para riego de la vid y olivo.

Oportunidad de negocio

1.197 La zona en donde se pretende llevar a cabo el proyecto es eminentemente vitivinícola. El Valle de Guadalupe que es considerado como la zona de mayor producción de vinos en el país y con una reputación de vinos de alta calidad, cultiva actualmente 2,800 has.

1.198 El incremento en la disponibilidad de agua permitirá el incremento de área cultivable, así como incrementar el riego a niveles óptimos, los cuales derivarán en un incremento en la productividad de los cultivos.

1.199 Los principales productores han planteado un crecimiento de hasta 5,611 has en el año 2023. La ampliación de superficie cultivable para vid aumentaría el volumen de producción en 41,880 toneladas al año.

1.200 Por otra parte, el incremento de la disponibilidad de agua posibilitaría el desarrollo de los diferentes valles aledaños aptos para la agricultura, ya que se garantizará el suministro de agua en ellos. Los Valles que podrían beneficiarse consideran una superficie de 2,580 has, aproximadamente.

1.201 Adicional a la actividad agrícola en la región es importante resaltar que ésta actividad ha fomentado el desarrollo del turismo, actividad que puede llegar a generar ingresos para los productores de la región igual de importantes que la producción de la vid. Se ofrecen, por ejemplo, una amplia gama de restaurantes, sitios para acampar, balnearios, hoteles boutique, galerías de arte, tiendas de vinos, cultura indígena, sitios naturales y actividades al aire libre.

1.202 Por lo tanto el proyecto no solo busca tener un impacto en la actividad vitivinícola sino también en incrementar el turismo que visita la región.

Cadena de valor

1.203 Los vinos que se producen en el Valle de Guadalupe se comercializan en su mayoría en esta área o zonas aledañas, o bien otra parte de la producción se va hacia el centro del país. La venta a nivel nacional se

hace indirectamente por medio de agentes externos, empresas que compran el producto y se dedican a venderlo a otras tiendas especializadas, restaurantes, hoteles, ya que la mayor venta del vino se realiza por la cadena *horeca*.

1.204 En relación a la expansión internacional, se sabe que son pocas las casas que han exportado, esto se debe principalmente a la poca producción existente y a los trámites burocráticos que se tienen que realizar. Las pocas casas que exportan lo hacen con menos del 2% de su producción y a ciudades cercanas a la frontera como San Diego, CA. y solo a tiendas especializadas.

1.205 Por otra parte, la mayoría de las empresas existentes en el Valle de Guadalupe, a excepción de *LA Cetto y Pedro Domecq*, son microempresas que no tienen promoción comercial bien establecida, ya que la promoción de sus productos es por medio del programa PROVINO y solo algunas casas tienen el apoyo de PROMEXICO.

1.206 La forma más común de hacer conocer sus productos es a través de ferias, eventos relacionados al tema, y maridajes organizados por las propias casas. En relación a su distribución, esta se hace en su mayoría por vía terrestre en camiones especializados para este tipo de carga. La distribución se hace principalmente a nivel nacional.

Potencial APP del proyecto

1.207 A continuación se presenta el análisis detallado mediante el cual se determinó el potencial de participación privada del proyecto. Cada uno de los criterios se ha calificado y se ha establecido que el proyecto tiene un potencial "Alto" de participación privada. los criterios que se utilizaron para determinar el potencial APP de un proyecto son los siguientes:

a) **Tamaño del proyecto**: El monto de inversión supera los $500 mdp, lo cual se considera suficientemente grande para compensar los costos de transacción relacionados con la estructuración de un APP y su cierre financiero. Por lo anterior se asignó una calificación "Alta" para este criterio.

b) **Organización de la Asociación de Usuarios**: Los usuarios en su mayoría son pequeñas y medianas empresas que están organizados en torno a asociaciones de productores. También existen dos empresas de gran tamaño como LA Cetto y Pedro Domecq que producen más del 50% de la producción de vinos en la región y que cuentan con un importante poder de negociación. Por lo tanto se asignó una calificación "Alta" para este criterio.

c) **Integración de la cadena de valor**: Si bien la mayor parte de la producción se destina al mercado local, el tipo de producto es de alto valor y la cadena para comercializar los productos está bien establecida. Además, la oferta está por debajo de la demanda y las perspectivas a futuro muestran que la oferta crecerá a un ritmo menor que la demanda por lo que no se estima que la comercialización del producto sea un problema. Se asignó una calificación "Alta" para este criterio.

d) **Complejidad del diseño**: El proyecto incluye la construcción de un acueducto y una presa de almacenamiento lo cual supone complejidad en el diseño, es por ello que se asignó una calificación "Media" para este criterio.

e) **Capacidad para definir el alcance y medir la calidad de la infraestructura**: En este proyecto se puede definir con claridad el tipo de infraestructura que se debe utilizar para prestar el servicio. Se asignó una calificación "Alta".

f) **Capacidad para definir el alcance y medir la calidad de los servicios**: En este proyecto se pueden definir con claridad los servicios que podría prestar el privado. Se asignó una calificación "Alta".

g) **Integración de funciones**: Excepto por las funciones de cobro, el resto de las funciones que comúnmente se transfieren al privado en un APP se transferirían al licitante ganador. Por lo tanto la calificación que se asigna a este criterio es "Alta".

1.208 Después de hacer un recuento de las calificaciones asignadas a cada criterio se concluye que el proyecto tiene un potencial APP "Alto". Esto implica que el proyecto puede estructurarse a través de un APP ya que es muy probable que haya valor por dinero.

1.209 Adicional a lo anterior, en la zona de influencia se han identificado las siguientes características que favorecen la estructuración de un APP:

a) **Latifundio:** Como se ha documentado, la propiedad de la tierra en la zona está concentrada en grandes productores y PyMES. Lo anterior favorece los esfuerzos para estructurar un APP ya que reduce el riesgo de cobro y facilita la negociación con los productores.

b) **Capacidad de pago:** Debido al tipo de cultivo y producto de la zona, la capacidad de pago es alta. Incluso se podría evaluar la posibilidad de que el proyecto sea autofinanciable.

c) **Visión empresarial:** De los cinco proyectos seleccionados, éste se distingue por contar con usuarios que tienen una visión empresarial amplia. No solo por el tipo de productos que se generan en la zona sino porque la producción de vid y vino de mesa se ha complementado con la actividad turísticas y gastronómica.

d) **Sobre-explotación de los acuíferos:** Al igual que en los casos anteriores, el Valle de Guadalupe experimenta una sobre-explotación de acuífero que pone en jaque la continuidad de la actividad económica de la región.

Retos para la estructuración de un APP

1.210 El principal reto para la estructuración del proyecto "El Valle de Guadalupe" como una APP es determinar la disponibilidad de los usuarios a pagar una cuota determinada por la prestación del servicio de riego y por la amortización de parte de la infraestructura.

1.211 También es necesario determinar la demanda del proyecto en el mediano y largo plazo y para ello es necesario verificar si los productores están dispuestos a utilizar aguas tratadas para el cultivo de la vid y si esto no modifica el sabor de sus productos.

1.212 Por otro lado, es necesario garantizar que la calidad del agua tratada que provenga de las plantas de tratamiento sea de la calidad que requieren los productores. Esta responsabilidad recae directamente en las plantas de tratamiento.

Conclusiones

1.213 El proyecto presenta un potencial APP "Alto" y por lo tanto se recomienda continuar con el estudio del proyecto bajo el esquema APP para determinar la distribución óptima de riesgos y funciones entre el privado y el gobierno.

1.214 Es necesario que el gobierno busque compartir algunos de los riesgos como la demanda y el cobro para imponer incentivos al privado a que realice actividades adicionales a la mera conducción y almacenamiento del agua.

1.215 También es importante validar con los productores su disposición a comprar agua tratada para establecer los ingresos potenciales del proyecto y estimar si el proyecto puede ser autofinanciable. Finalmente, el resultado del análisis financiero deberá contrastarse con la otra opción tecnológica viable que es la construcción de una planta desalinizadora.

PROYECTO 5. "PTAR ATAPANEO", MORELIA, MICHOACÁN

Ubicación y extensión

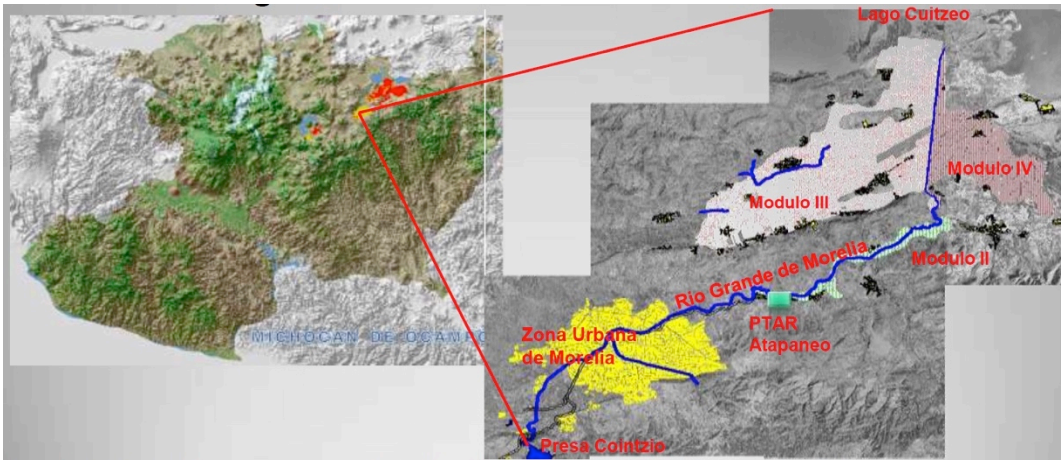
1.216 El municipio de Morelia se ubica en la Zona Centro-Norte del Estado de Michoacán, específicamente en la región III Cuitzeo. Forma parte de la zona metropolitana de Morelia en conjunto con los municipios de Tarímbaro, Álvaro Obregón y Charo. Limita al norte con Tarímbaro, Chucandiro y Huaniqueo, al este con Charo y Tzitzio; al sur con Villa Madero y Acuitzio; y al oeste con Lagunillas, Coeneo, Tzintzuntzan y Quiroga. La cabecera municipal, la ciudad de Morelia, constituye el área urbana número uno de Michoacán, con 67.2 km^2, lo que representa 13% en relación a la superficie del Estado. La superficie destinada a la agricultura es de 393 km^2 y cuenta con 294 km^2 de bosque, lo que coloca al municipio en el 6° y 7° lugar en el Estado, respectivamente.

1.217 En específico, la planta de tratamiento de Atapaneo (PTAR Atapaneo), que es objeto de éste análisis, se localiza en la Avenida Francisco I. Madero Oriente No. 11,995 en la localidad de Atapaneo, municipio de Morelia, Estado de Michoacán. Sus coordenadas geográficas son 101°06'19'' de longitud oeste y 19°44'17'' de latitud norte, a una altitud de 1,876 metros sobre el nivel del mar.

1.218 El Río Grande, que atraviesa la ciudad de Morelia, conduce el agua desde la presa Cointzio hasta los módulos II, III y IV del Distrito de Riego 020. A su paso se encuentra la PTAR Atapaneo, construida en 2007 y que trata una parte de las aguas residuales de la ciudad de Morelia.

1.219 Como se observa en la figura, aguas debajo de la PTAR de Atapaneo se encuentran los módulos II, III y IV del Distrito de Riego 020 Morelia-Queréndaro que abarcan parte de los municipios de Morelia, Tarímbaro, Charo, Álvaro Obregón, Indaparapeo, Queréndaro y Zinapécuaro. Los tres módulos se encuentran en el trayecto del Río Grande de Morelia en donde el agua ya está mezclada entre los volúmenes que provienen de la Presa Cointzio, el agua tratada de la PTAR de Atapaneo y las aguas negras que no han sido tratadas por la PTAR. El agua que lleva el cauce del río es utilizada para el riego.

Figura 9. Localización del PTAR Atapaneo, Morelia, Michoacán



Fuente:CONAGUA, 2013, Aprovechamiento del agua tratada de la PTAR Atapaneo.

Cultivos establecidos

1.220 En los módulos II, III y IV del Distrito de Riego 020 Morelia-Queréndaro se cultivan principalmente forrajes, ya que el agua que se utiliza para el riego no puede ser utilizada para regar cultivos que pudieran generar mayor rentabilidad para los productores como hortalizas o frutillas.

1.221 En el ciclo Primavera-Verano el principal cultivo es el maíz seguido del sorgo. En el ciclo Otoño-Invierno el principal cultivo es el trigo seguido de la avena forrajera.

1.222 El tipo de cultivos en los módulos del área de influencia no ha cambiado sustancialmente en los últimos años debido a las restricciones que impone la calidad y disponibilidad de agua.

Situación del acuífero

1.223 De acuerdo con información publicada en 2015 por el OOAPAS, el agua potable de la ciudad de Morelia proviene de cuatro fuentes, i) la presa Cointizio que aporta un 22%; ii) del manantial la Mintzita de donde proviene el 36%, iii) de pozos profundos que aportan el 38%, y; iv) de otros manantiales que aportan el 4% restaste. El agua potable se conduce a dos plantas potabilizadoras que a su vez bombean el agua a los usuarios finales.

1.224 A pesar de que las fuentes de agua están diversificadas se estima que el Estado de Morelia podría enfrentar problemas de disponibilidad de agua potable en un lapso no mayor a cinco años de continuar con los patrones de consumo que se observan en la población, de acuerdo al Director de OOAPAS. Además, de acuerdo con el Director, hubo una disminución general del 20% del agua que proviene de la zona de la Mintzita.

1.225 Por otro lado, la presa Cointizio tiene una capacidad de almacenamiento de 68.5 millones de m^3, de los cuales 35 millones de m^3 están cedidos para uso agrícola, 20 millones de m^3 al organismo operador y 10 millones de m^3 representa volumen muerto.

Infraestructura construida

1.226 El OOAPAS de Morelia cuenta con dos plantas de tratamiento de aguas residuales con una capacidad instalada total de 1,410 lps. La PTAR de Atapaneo que está diseñada para un gasto de 1,200 lps y la PTAR de Itzícuaros con un gasto de diseño de 210 lps. La PTAR Atapaneo inició operaciones en 2007 y su principal cuerpo receptor es el Lago de Cuitzeo; en ella se trata aproximadamente el 86% de las aguas generadas por la ciudad.

1.227 La planta de tratamiento de aguas residuales Atapaneo, que actualmente opera y recibe las descargas de la cabecera municipal de Morelia, se encuentra asentada en un predio de 20 has y cuenta con 8 has de construcción, tiene una capacidad para tratar un gasto medio de 1,200 lps de aguas residuales, aplicados en un arreglo de dos módulos, con un gasto de 600 lps cada uno, además está diseñada para remover los contaminantes y para producir agua tratada que cumple con los requerimientos de la NOM-001-1996-SEMARNAT, NOM-003-SEMARNAT-1997 y NOM-004- SEMARNAT-2001.

1.228 En cuanto al Distrito de Riego, la infraestructura de riego existente comprende las presas de Cointizio y Malpaís además de canales y drenes.

Usuarios

1.229 La superficie total del Distrito de Riego 020 es de 19,646 has de las cuales el 69.2% corresponden a los módulos II, III y IV. El distrito cuenta con 5,510 usuarios de los cuales el 80% son ejidatarios y el 20% restante, pequeños propietarios.

Tabla 4. Módulos de riego en el Distrito de Riego 020

Módulo	Superficie (has)	Usuarios
Módulo I	1,289	395
Módulo II	1,135	386
Módulo III	8,813	2,287
Módulo IV	3,651	900
Módulo V	4,758	1,342
Total	19,646	5,510

Fuente: Godínez, R. (2007). Evaluación Socioeconómica del Saneamiento de Aguas Residuales de Morelia, Mich., OOAPAS, p. 16.

Problemática

1.230 Desde hace años, los agricultores han reclamado que se traten las aguas negras que provienen de la ciudad de Morelia y que no son tratadas debido a que la capacidad de las plantas de tratamiento no es suficiente para tratar la totalidad de las aguas residuales de la ciudad. Esto provoca que parte de las aguas negras que provienen de la ciudad sean canalizadas al río sin tratamiento alguno lo que provoca que la calidad del agua del Río Grande sea mala y limita la producción de cultivos de mayor valor. Además, las aguas sin tratar contaminan los cauces naturales y representa una fuente potencial de enfermedades.

1.231 Tal como se señala en el Estudio Costo-Beneficio que elaboró la OOAPAS de Morelia en 2017, la capacidad de la PTAR Atapaneo es rebasada 4 meses al año y la ocurrencia de esto será cada vez más frecuente, lo que provoca que el excedente se desvíe a través de un libramiento hacia el cauce del Río Grande. Este excedente sigue el cauce del río sin tratamiento alguno lo que además provoca que el agua tratada se mezcle nuevamente con las aguas negras.

1.232 Además de la falta de capacidad de la PTAR de Atapaneo, la ciudad de Morelia presenta un problema de disponibilidad de agua potable. Sin bien la cobertura de agua potable es mayor al 95% de la población, más del 70% de los usuarios sufren de falta de continuidad en el servicio las 24 horas del día los 365 días del año.

Descripción del proyecto

1.233 El proyecto consiste en ampliar la PTAR Atapaneo para incrementar su capacidad instalada a 1,800 lps aprovechando las instalaciones existentes. Con la ampliación de la planta se pretende atender las necesidades de tratamiento de agua residual de Morelia de mediano y largo plazo. La inversión que se estima para la ampliación de la PTAR es de $410 mdp.

1.234 Además, el OOAPAS de Morelia plantea un programa de tecnificación y modernización de los sistemas de riego en área de los módulos II, III y IV del Distrito de Riego 020 para maximizar el uso del agua. Incluso se ha propuesto el entubamiento del agua tratada desde la descarga de la PTAR Atapaneo hasta el inicio de cada uno de los módulos y la red de distribución interparcelaria. Se estima que la línea de conducción principal tenga una longitud aproximada de 23 km. Se prevé que la inversión para tecnificar la zona de riego sea de $20 a $25 mil pesos por ha.

Oportunidad de negocio

1.235 El distrito de riego 020 se ve afectado actualmente por la condición de las aguas, las cuales no cuentan con la suficiente calidad que permita a los agricultores migrar de cultivos de bajo valor a cultivos de mayor valor como hortalizas y frutillas. La solución que ha planteado la autoridad es la de ampliar la PTAR de Atapaneo con la finalidad de mejorar la calidad del agua y permitir que los productores migren a otros cultivos que incrementen sus ingresos.

1.236 Adicional a lo anterior, el OOAPAS busca realizar una inversión para tecnificar y modernizar los sistemas de riego en áreas compactas de los módulos II, III y IV del Distrito de Riego 020 con la finalidad de que los productores reduzcan el consumo de agua y que se impulse la conversión del cultivo de granos básicos por cultivos más rentables como pueden ser jitomate, chile, cebolla, zanahoria, frutillas, entre otros.

1.237 Finalmente, el OOAPAS de Morelia busca que la reducción en el consumo de agua en los módulos de interés genere un excedente de agua que los productores estén dispuestos a intercambiar, de tal forma que la disponibilidad de agua de la presa Cointizio se incremente para destinarla a uso urbano.

1.238 Se estima que con la tecnificación y modernización de la zona de riego la eficiencia en el uso del agua se incremente de un 58% a un 80%.

Potencial APP del proyecto

1.239 A continuación se presenta el análisis detallado mediante el cual se determinó el potencial de participación privada en la ampliación de la PTAR Atapaneo y modernización y tecnificación de la zona de riego. Cada uno de los criterios se ha calificado y se ha establecido que el proyecto tiene un potencial "Medio" de participación privada. Los criterios que se utilizaron para determinar el potencial APP de un proyecto son los siguientes:

a) **Tamaño del proyecto**: El monto de inversión supera los $500 mdp, lo cual se considera suficientemente grande para compensar los costos de transacción relacionados con la estructuración de un APP y su cierre financiero. Por lo anterior se asignó una calificación "Alta" para éste criterio. Sin embargo, si el proyecto no se evalúa de manera integral y se decide que la modernización y tecnificación de la zona de riego es un proyecto independiente de la ampliación de la PTAR, entonces el monto de inversión es menor a los $250 mdp y por lo tanto se le asignaría un potencial "Bajo".

b) **Organización de la Asociación de Usuarios**: Los usuarios de los módulos II, III y IV están organizados en torno a Asociaciones de Usuarios (ASU) que están formalmente constituidas como Asociaciones Civiles. En dichas ASUs se recolectan las cuotas para la O&M de los canales y drenes de la zona de riego. El nivel de organización varía entre cada ASU y el compromiso en el pago de las cuotas también es diverso. Por lo anterior se ha asignado una calificación "Media" a este criterio.

c) **Integración de la cadena de valor**: Los principales cultivos que se producen en el Distrito de Riego 020 son forrajes y son comercializados en la región. Son cultivos de bajo valor pero que encuentran cabida en los mercados locales y regionales. Por lo anterior, se asignó una calificación "Media" para este criterio.

d) **Complejidad del diseño**: El proyecto incluye la ampliación de una planta de tratamiento, la construcción de un acueducto, líneas de distribución interparcelaria y la modernización y tecnificación de la zona de riego. Por la diversidad de obras que se pretenden llevar a cabo se ha asignado una calificación "Baja" para este criterio.

e) **Capacidad para definir el alcance y medir la calidad de la infraestructura**: En este proyecto se puede definir con claridad el tipo de infraestructura que se debe utilizar para prestar el servicio. Se asignó una calificación "Alta".

f) **Capacidad para definir el alcance y medir la calidad de los servicios**: Dada la diversidad de la infraestructura que se pretende desarrollar es complejo definir con claridad los servicios que debe prestar el privado. Se asignó una calificación "Media".

g) **Integración de funciones**: Las funciones en la PTAR están claramente definidas conforme a los esquemas APP que se han utilizado en otros casos en México, sin embargo en la zona de riego es posible que las funciones de cobro y operación y mantenimiento del sistema de riego no se transfieran al privado. Por lo tanto la calificación que se asigna a este criterio es "Alta".

1.240 Después de hacer un recuento de las calificaciones asignadas a cada criterio se concluye que el proyecto visto de manera integral tiene un potencial APP "Medio". Esto implica que el proyecto podría estructurarse a través de un APP aunque su estructuración plantea retos importantes. Si el proyecto no se evalúa de manera integral y se decide evaluarlo en diversos proyectos, entonces es evidente que la ampliación de la PTAR se puede estructurar a través de un APP tal y como se ha hecho en diversos casos en México. El otro proyecto, la modernización y tecnificación de la zona de riego, podría estar sujeta a otro esquema de financiamiento como subsidios o crédito bancario.

1.241 Adicional a lo anterior, en la zona de influencia se han identificado las siguientes características que favorecen la estructuración de un APP:

a) **Visión empresarial:** Existe el deseo de los productores de migrar a cultivos más rentables, lo que supone el desarrollo de capacidades y la búsqueda de nuevos mercados.

b) **Disponibilidad de agua:** El agua a la que tienen derecho los agricultores de los módulos II, III y IV del Distrito de Riego 020 no es suficiente para dar un riego óptimo a sus cultivos. Una de las soluciones que se ha planteado es reconvertir los cultivos, de forrajes a cultivos de mayor valor, que puedan utilizar menos agua. Además de modernizar y tecnificar el riego en la zona. A través de estas acciones se pretende disminuir el consumo de agua.

1.242 Se recomienda explorar las distintas opciones de APP que permite la Ley APP en México y determinar las funciones y riesgos que deberán ser trasladadas al privado.

Retos para la estructuración de un APP

1.243 El proyecto que se pretende desarrollar no solo incluye la ampliación de la PTAR de Atapaneo, que se recomienda ser estructurada a través de un APP y para lo cual existen múltiples casos de referencia en México, sino que además involucra la tecnificación y modernización de una zona de riego para que los productores reduzcan su consumo de agua y puedan liberar parte del recurso hídrico concesionado para que sea utilizado para uso urbano. Por lo tanto el proyecto, visto de manera integral, implica riesgos que deberán ser resueltos previo a continuar con el mismo. Los riesgos que se identifican se presentan a continuación.

1.244 El primer riesgo que se identifica es que los productores no podrían ampliar el área de cultivo, a pesar de que existiera un menor consumo de agua por hectárea, ya que el agua excedente tendría que ser cedida al OOAPAS para uso urbano. Esto supone que el gobierno debe limitar el área de cultivo, de tal forma que los productores cedan sus excedentes de agua para uso urbano.

1.245 En segundo lugar, se debe considerar que los productores tienen derechos sobre las aguas residuales aguas abajo, por lo que el OOAPAS no puede partir del supuesto de que dispone del 100% de las aguas tratadas para intercambiar.

1.246 En tercer lugar, se debe considerar que, de ser exitoso el intercambio de aguas, el OOAPAS de Morelia tendrá que invertir en la ampliación de la planta potabilizadora ya que con el excedente de agua se estima que las dos plantas potabilizadoras existentes no den abasto. La inversión en la ampliación de las plantas potabilizadoras no ha sido considerada como parte integral del proyecto.

1.247 Otro riesgo que se identifica es que no existe un mercado de agua desarrollado en el país, por lo tanto el marco regulatorio es deficiente para normar los intercambios de agua y para establecer intercambios de largo plazo. Tampoco existe una base legal adecuada para cobrar a los usuarios agrícolas la utilización de agua tratada, dado que la ciudad debe tratar sus aguas residuales, se reutilicen posteriormente o no.

1.248 Además, en función de la calidad del agua trata que provenga de la PTAR Atapaneo se podrán plantear los programas de modernización y tecnificación de la zona de riego, así como la reconversión de cultivos. En función del tipo de tratamiento que se dé a las aguas residuales de Morelia se deberán plantear los esquemas de reconversión de cultivos, lo cual podría continuar imponiendo una restricción a los productores sobre el tipo de cultivos que pueden producir, en caso de que el tratamiento no sea suficiente para migrar a cultivos de alto valor como las frutillas.

1.249 Actualmente, el tratamiento que da la PTAR Atapaneo genera agua tratada que no puede ser utilizada para cultivar hortalizas. Para plantear una migración a cultivos de alto valor como hortalizas y frutillas sería necesario un tratamiento terciario, lo cual supone que la inversión en la planta de tratamiento se incremente.

1.250 Finalmente, hay dos cuestionamientos que plantean los ciudadanos de Morelia con respecto al proyecto. En primer lugar cuestionan porque el OOAPAS debe realizar una inversión adicional en la PTAR para dar un tratamiento terciario a las aguas residuales y que solo beneficiaría a algunos agricultores del Distrito de Riego 020. Y en segundo lugar, cuestionan los futuros incrementos en la tarifas para hacer frente a la falta de agua siendo que el organismo operador podría ser más eficiente en su operación (pérdidas en la red de distribución, falta de medidores, cultura del agua, etc.)

Conclusiones

1.251 Se recomienda que el proyecto de la PTAR Atapaneo se evalúe como un proyecto integral, que no solo incluya la ampliación de la PTAR bajo un esquema APP, sino que contemple desde su diseño el tipo de cultivos a los cuales se desea migrar en la zona de riego de influencia y el tipo de técnicas de riego que se desean implementar.

1.252 También se debe revisar el marco regulatorio para evaluar la factibilidad de establecer compromisos de largo plazo, tales como las cantidades de agua que los productores deberán ceder a la ciudad y las restricciones que se deberían imponer sobre la superficie cultivada, la cual no debería crecer a lo largo del tiempo.

1.253 De manera alternativa, se puede evaluar la posibilidad de determinar un precio por metro cúbico de agua y ofrecer el agua a los productores. Lo anterior supondría el desarrollo de un mercado de agua que actualmente es incipiente en México.

1.254 También se deberán contrastar las inversiones que se pretendan realizar para modernizar y tecnificar la zona de riego y compararlas con otras opciones como la modernización de la red de distribución y sistemas de medición del agua.

C. ANÁLISIS DEL CONTEXTO Y DEL ENTORNO E IDENTIFICACIÓN DE ACTORES PRINCIPALES

TIPOS DE APP

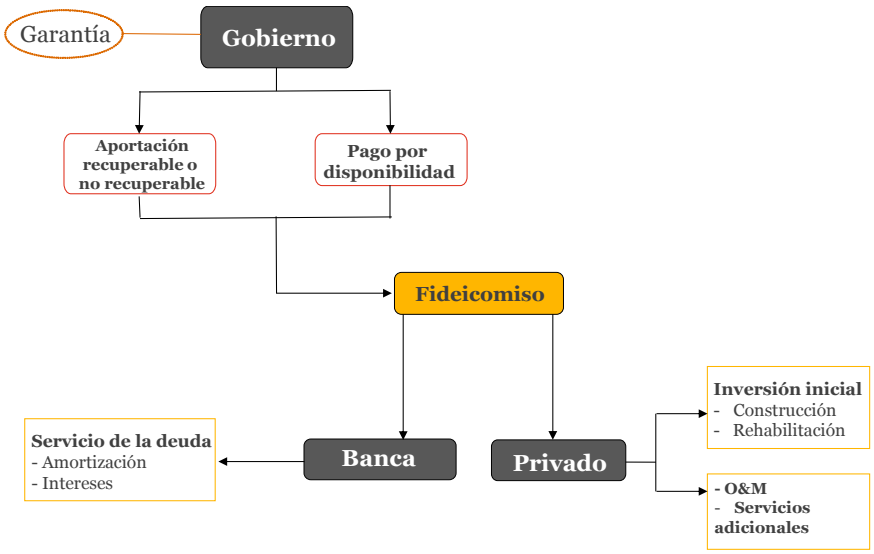
1.255 En la LAPP expedida el 16 de enero de 2012 se menciona que los proyectos de APP que regula son aquellos que se realizan con cualquier esquema para establecer una relación contractual de largo plazo, entre instancias del sector público y del sector privado, para la prestación de servicios al sector público, mayoristas, intermediarios o al usuario final y en los que se utilice infraestructura proporcionada total o parcialmente por el sector privado con objetivos que aumenten el bienestar social y los niveles de inversión en el país.

1.256 En los términos previstos en esta Ley, los proyectos de APP deberán estar plenamente justificados, especificar el beneficio social que se busca obtener y demostrar su ventaja financiera frente a otras formas de financiamiento.

1.257 Asimismo en el reglamento de la LAPP se definen tres modos de APP que se describen a continuación:

a) APP Puro: Se considerará que un proyecto de APP es un proyecto puro, cuando los recursos para el pago de la prestación de los servicios al sector público o al usuario final y los costos de inversión, operación, mantenimiento y conservación de la infraestructura, provengan en su totalidad de recursos federales presupuestarios o del Fondo Nacional de Infraestructura (FNI) u otros recursos públicos federales no presupuestarios.

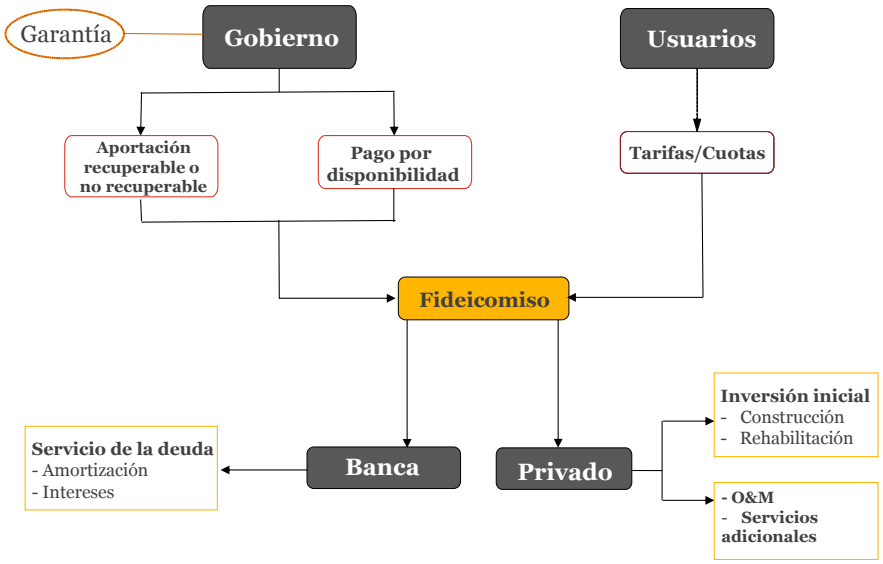
Figura 10. APP Puro



Fuente: Elaboración propia

b) APP Combinado: Se entenderá que un proyecto de APP es un proyecto combinado, cuando los recursos para el pago de la prestación de servicios al sector público o al usuario final y los costos de inversión, operación, mantenimiento y conservación de la infraestructura, provengan del sector público, ya sea a través de recursos federales presupuestarios o del FNI u otros recursos públicos federales no presupuestarios, y de una fuente de pago diversa a las anteriores, que en el caso del sector hidroagrícola puede ser una tarifa que pague el usuario de la infraestructura de riego.

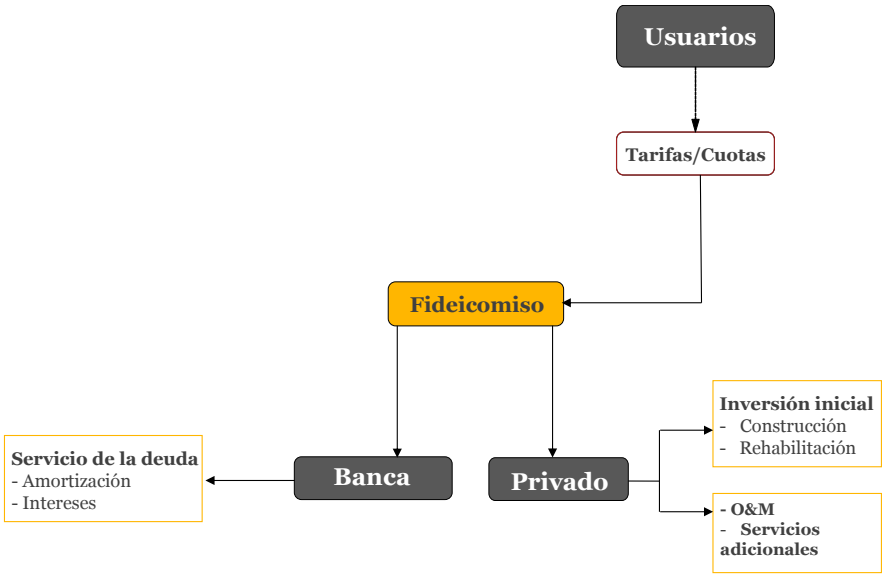
Figura 11. APP Combinado



Fuente: Elaboración propia

c) APP autofinanciable: Se considerará que un proyecto de APP es autofinanciable cuando los recursos para su desarrollo y ejecución provengan en su totalidad de aportaciones distintas a recursos presupuestarios, no presupuestarios o del FNI; recursos de particulares, o ingresos generados por dicho proyecto.

Figura 12. APP Autofinanciable



Fuente: Elaboración propia

ESQUEMAS ALTERNOS

1.258 Además de los esquemas APP que describe la LAPP se estudiaron dos esquemas que pueden ser complementarios a un APP, ya sea que diversifican las fuentes de pago o bien incrementan la certidumbre de los ingresos por parte de los productores en el mediano plazo.

a) Agricultura por contrato y el financiamiento para la tecnificación del riego

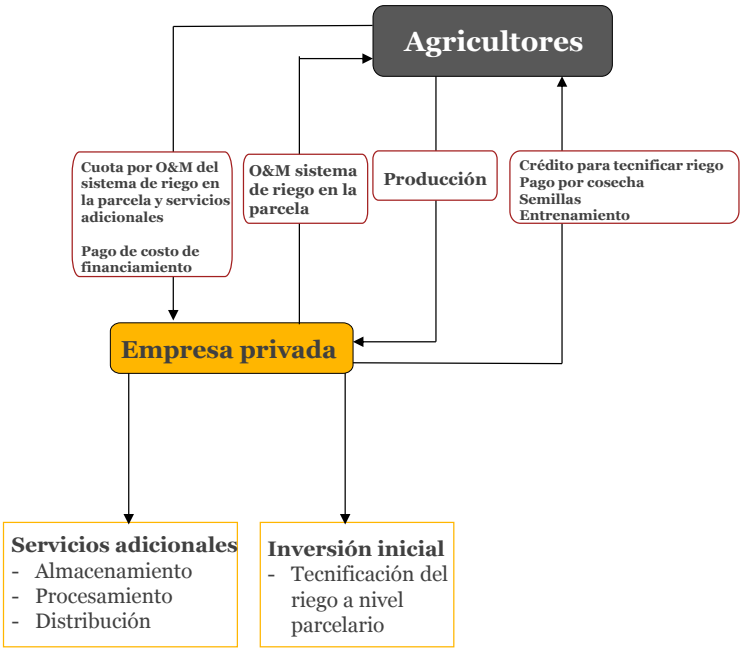
b) Reutilización del agua

Agricultura por contrato y el financiamiento para la tecnificación del riego

1.259 En la siguiente figura se sintetiza el esquema, en donde participa una empresa que puede ser un intermediario, o bien un consumidor final y que provee financiamiento a los agricultores para que utilicen insumos de calidad, como semillas mejoradas y fertilizantes e incluso puede proveer asistencia técnica y financiamiento para la tecnificación del sistema de riego. El interés principal de la empresa que financia a los agricultores es obtener un producto con determinadas características para, a su vez, colocarlo en el siguiente eslabón de la cadena de valor (cadenas comerciales, restaurantes, plantas procesadoras, etc.).

1.260 A continuación se presenta una figura que sintetiza el esquema de "Agricultura por contrato".

Figura 13. Agricultura por contrato



Fuente: Elaboración propia

1.261 Bajo el esquema de *Agricultura por Contrato*, los productores pueden formar Sociedades de Producción Rural para facilitar la interacción con la empresa, así como para asegurar que su producción es continua a lo largo del año y para mantener el mismo estándar de calidad. Se sabe que algunas empresas que tienen este tipo de contratos son Grupo Modelo, Bimbo y Alpura.

1.262 En este esquema el agricultor obtiene ciertos beneficios; la empresa patrocinadora introduce tecnología, capacita al agricultor y le provee semillas de alta calidad. Asimismo, existe una reducción en la volatilidad en los precios dado que por lo general se especifica un precio en los contratos que pueden ir de 1 a 5 años. Por otro lado, el agricultor tiene acceso a servicios de asesoría, distribución, almacenamiento, que antes no tenía.

1.263 Por otro lado, los riesgos para el agricultor son: i) el riesgo de mercado y de producción, ii) riesgo de que no toda la producción sea adquirida por el patrocinador, iii) riesgo de abusos por parte del patrocinador dada su posición monopólica, y iv) riesgo de no generar suficientes ingresos para cubrir los costos financieros.

1.264 El patrocinador por su parte tiene el beneficio de acceder a extensiones de tierra de cultivo amplías, por lo que se reduce la restricción de la tierra, además se reduce la volatilidad de la producción en relación a compras en el mercado y se incrementa la consistencia en la calidad del producto.

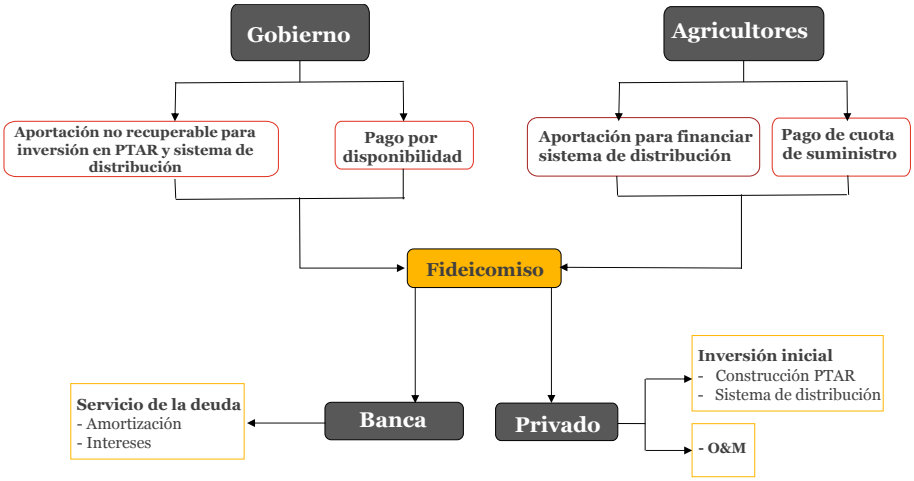
1.265 Los riesgos que corre el patrocinador son: i) riesgo de que el agricultor no cumpla con los estándares de calidad acordados, ii) ventas del agricultor realizadas fuera del acuerdo establecido, iii) riesgo de que el agricultor utilice el crédito para invertir en otros activos, y iv) riesgo de que no se repague el crédito.

1.266 Un contrato de mediano o largo plazo con una empresa privada para la compra de la cosecha puede generar certidumbre sobre la fuente de pago para un esquema APP. De igual forma, este tipo de contrato representa por si solo un mecanismo mediante el cual se transfiere conocimiento y tecnología, así como certidumbre para las partes; por lo que, ya sea que tengan o no conexión bajo un esquema APP, por si solos generan beneficios para el sector y deberán de seguir siendo fomentados, tal y como lo hace la SAGARPA a través de sus programas correspondientes.

Reutilización del agua servida

1.267 El otro esquema que se revisó fue la *Reutilización del agua*, en donde existe un intercambio de agua limpia por agua gris entre los agricultores y un organismo operador[5]. Estos casos se han observado en algunas ciudades de México y en otras del mundo en donde existe escasez de agua, por lo que el gobierno local busca llegar a un acuerdo con los agricultores para que éstos cedan o vendan parte del agua que tienen concesionada y reciban o compren a la ciudad aguas tratadas. En la siguiente figura se sintetiza el esquema.

Figura 14. Reutilización/intercambio de agua gris por agua limpia

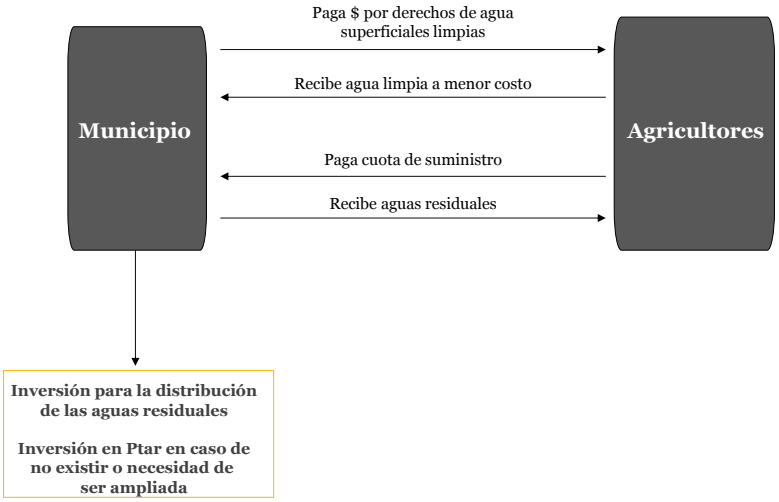


Fuente: Elaboración propia

1.268 En este tipo de esquemas es común que el gobierno municipal realice las inversiones en la infraestructura de tratamiento y distribución del agua gris. Se espera que el agricultor ceda parte del agua que tiene concesionada a cambio del agua gris y pague una compensación dado que el agua limpia tiene un valor más alto que el agua gris. Esta compensación adicional puede ser utilizada como una fuente de pago alterna en un esquema APP.

[5] Los organismos operadores se encargan de operar, conservar y administrar los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento de un municipio o de una entidad federativa.

Figura 15. Reutilización/intercambio de agua gris por agua limpia



Fuente: Elaboración propia

1.269 El esquema plantea algunos beneficios para el agricultor, como la reducción en el uso de fertilizantes dada la materia orgánica presente en las aguas tratadas. Pero también existen desventajas como el hecho de tener restricciones a cierto tipo de cultivos en donde las normas aplicables permiten el uso de aguas tratadas.

1.270 Para el municipio el esquema presenta beneficios sustanciales, ya que puede ser un medio efectivo de resolver la escasez de agua en una ciudad, sin embargo este tipo de proyectos supone inversiones en la planta de tratamiento e infraestructura de conducción.

1.271 La reutilización del efluente en agricultura parece ser viable en todos los lugares, sujeta a restricciones de productos según las condiciones operacionales requeridas por razones de salud pública y ambiental. También existe una dificultad relacionada al marco regulatorio, ya que no existe una base legal adecuada para cobrar a los usuarios agrícolas la utilización de aguas tratadas, dado que la ciudad debe tratar sus aguas residuales, se reutilicen posteriormente o no.

FUNCIONES Y RIESGOS EN ESQUEMAS APP

1.272 Para determinar qué tipo de APP es el más adecuado para cada proyecto es necesario evaluar los riesgos, funciones y las fuentes de pago.

1.273 Las funciones y riesgos que generalmente se identifican en un proyecto APP y que deberán distribuirse entre los actores involucrados son las siguientes:

a) **Función de diseño**: Esta función incluye el diseño de la opción de solución, en este caso del sistema de riego y sus diferentes componentes. La inversión inicial estará en función del diseño final de la opción de solución. Aquél actor que sea responsable de esta función tendrá a su cargo la elaboración del proyecto ejecutivo y del costeo de sus componentes y además será responsable de cualquier falla o deficiencia en la prestación del servicio que derive de un diseño inadecuado.

b) **Función de construcción**: Esta función implica la construcción de la infraestructura y de las actividades pre-operativas. Dentro de esta función también se incluyen los sobre costos y sobre plazos que pudieran resultar de procesos constructivos inadecuados. El responsable de esta función se hará responsable de retrasos y de sobre costos en la construcción.

c) **Función de administración del sistema de riego**: Esta función implica la operación del sistema de riego, por lo tanto el responsable debe cuidar que el agua que se distribuya entre los productores sea acorde a las cantidades que le corresponden a cada productor y que haya definido el regulador en el caso de distritos de riego, o bien cuidar que no se extraiga más agua de lo que cada productor tiene concesionado.

d) **Función de operación**: Esta función implica la operación del sistema de riego y el compromiso de prestar el servicio de acuerdo a los estándares de desempeño establecidos. Aquel que tenga esta función deberá cubrir las deducciones por faltas a los estándares de desempeño y llevar a cabo las acciones necesarias para corregir las deficiencias.

e) **Función de mantenimiento**: Esta función implica que el responsable debe de dar mantenimiento a la infraestructura del sistema de riego. En este caso se ha planteado que el mantenimiento incluya la infraestructura de cabeza, así como la del sistema de riego.

f) **Función de cobro**: Esta función implica la recolección de las cuotas de riego de los productores, a través de las cuales se hará el pago por la O&M de los activos y de la amortización de la inversión inicial.

g) **Riesgo de financiamiento**: Aquel actor que asuma el riesgo de financiamiento deberá asumir el cambio en el costo integral de financiamiento, sea favorable o en detrimento de su rentabilidad.

h) **Riesgo de causas de fuerza mayor**: Aquel actor que retenga este riesgo asumirá los costos que generen eventos de fuerza mayor que pueden ser de tipo sociales, políticos, económicos, eventos naturales, etc. en función de cómo se definan en el contrato.

i) **Riesgo de escasez de agua**: Aquel actor que asuma este riesgo será responsable de asumir los costos que conlleve la falta de prestación del servicio ante un evento de escasez de agua.

j) **Riesgo comercial:** El riesgo está asociado con la posibilidad de que no exista suficiente mercado para la producción o bien que la comercialización se realice a precios que no permitan una recuperación de los costos. También existe el riesgo de que no se logre la productividad estimada, por lo que los productores corren el riesgo de no tener suficiente flujo para hacer frente al pago de las cuotas de riego. El que asuma este riesgo tendrá que hacer frente a las variaciones de precios y de la demanda de los cultivos producidos.

ACTORES PRINCIPALES

1.274 En términos generales, se identificaron los actores relevantes para el desarrollo de un proyecto APP en el sector hidroagrícola. A continuación se describe cada uno de ellos:

Instituciones gubernamentales

a) **Comisión Nacional del Agua (CONAGUA):** es un organismo administrativo desconcentrado de la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), cuya responsabilidad es administrar, regular, controlar y proteger las aguas nacionales. Entre sus funciones se encuentran: programar, estudiar, construir, operar, conservar y mantener las obras hidráulicas federales directamente o a través de contratos o concesiones con terceros, y realizar acciones que correspondan al ámbito federal para el aprovechamiento integral del agua, su regulación y control y la preservación de su cantidad y calidad; además participa en la concertación de créditos y otros mecanismos financieros, incluso sobre la participación de terceros en el financiamiento de obras y servicios, que apoyen la construcción y el desarrollo de las obras y servicios federales hidráulicos. En específico, su participación en el sector agrícola incluye la regulación de los servicios de riego en distritos y unidades de riego en el territorio nacional, e integrar, junto con los Organismos de Cuenca, los censos de infraestructura, los volúmenes entregados y aprovechados, así como los padrones de usuarios, el estado que guarda la infraestructura y los servicios.

b) **Secretaría de Hacienda y Crédito Público (SHCP):** Es una secretaría de estado de la Administración Pública Federal a cuyo encargo se encuentra todo lo relacionado a la recaudación tributaria, administración financiera y fiscalización de recursos del gasto público. Su participación en el sector agrícola se relaciona principalmente con la definición del presupuesto que es asignado a las instituciones vinculadas al sector hidráulico y la calendarización correspondiente; y en su caso autorizar los proyectos de APP y programas multianuales de inversión.

c) **Banco Nacional de Obras y Servicios Públicos (BANOBRAS):** Es una institución de banca de desarrollo mexicana cuya labor es financiar obras para la creación de servicios públicos.

d) **Fondo Nacional de Infraestructura (FNI):** Es el vehículo de coordinación del país para el desarrollo de infraestructura en los sectores de comunicaciones, transporte, agua, medio ambiente y turismo. El Fondo apoya en la planeación, diseño, construcción y transferencia de proyectos de infraestructura con impacto social o rentabilidad económica, en los que participe el sector privado.

e) **Nacional Financiera (Nafin):** Es una institución de banca de desarrollo en México encargada de promover el ahorro y la inversión a través de la gestión de proyectos, el establecimiento de programas de financiamiento, la coordinación de inversiones de capitales y el incremento de la productividad.

f) **Fondo de Capitalización e Inversión del Sector Rural (FOCIR):** La función del fondo es la de apoyar y complementar la capacidad económica de los productores rurales y de sus organizaciones económicas, para fomentar el desarrollo y consolidación de empresas rurales y agroindustriales, mediante inversiones, inversión de largo plazo, en forma temporal y minoritaria, que detonen proyectos de alto potencial y beneficio social.

Oficinas locales en los estados

a) **Organismos de cuencas:** son unidades técnicas, administrativas y jurídicas especializadas. Dentro de sus atribuciones se encuentra programar, estudiar, construir, operar, conservar y mantener las obras hidráulicas federales directamente o a través de contratos o concesiones con terceros; apoyar, concesionar, contratar, convenir y normar las obras de infraestructura hídrica; regular los servicios de riego en distritos y unidades de riego y llevar actualizados los censos de infraestructura, los volúmenes de agua entregados y aprovechados, así como los padrones de usuarios; acreditar, promover y apoyar la organización de los usuarios para mejorar la explotación, uso o aprovechamiento del agua y la conservación y control de su calidad; realizar periódicamente los estudios sobre la valoración económica y financiera del agua para apoyar el diseño de tarifas de cuenca y derechos de agua.

b) **Organismos Operadores:** los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento, también conocidos como organismos operadores, se encargan de operar, conservar y administrar y los sistemas de agua potable, alcantarillado y saneamiento, con el objeto de dotar estos servicios a los habitantes de un municipio o de una entidad federativa. A estos organismos también se les puede conocer como: sistemas de agua, direcciones, comisiones, juntas locales, departamentos y/o comités de acuerdo a la estructura orgánica a la que pertenezcan.

Entidades del sector privado

a) **Inversionistas:** se refiere a aquellas personas o empresas que aportan recursos técnicos, humanos y financieros para el desarrollo, operación y mantenimiento de infraestructura.

Usuarios de agua

a) **Agricultores:** se refiere al grupo de personas o empresas que se dedican a labrar o cultivar la tierra.

b) **Asociaciones de Usuarios:** es una persona moral constituida como asociación civil en Distritos de Riego[6], sin fines de lucro destinada a prestar servicios y apoyos a sus miembros para mejorar el riego agrícola, canalizar sus inquietudes o propuestas y facilitar la administración de los sistemas e infraestructuras de irrigación, así como ampliar la participación en el desarrollo hidráulico y rural del país.

c) **Comités Técnicos de Aguas Subterráneas (Cotas):** son órganos auxiliares del Consejo de Cuenca, donde están representados los usuarios de aguas nacionales subterráneas (Unidad de Riego[7]) de un determinado acuífero o grupo de acuíferos. El objeto de los COTAS es la formulación, promoción y seguimiento de la ejecución de programas y acciones que contribuyan a la preservación, estabilización o recuperación en la cantidad y calidad de las aguas subterráneas.

1.275 Para cada uno de los tres proyectos, derivado del análisis que se ha realizado y presentado en informes anteriores, muestran el mayor potencial APP, se presentan los actores que se identificaron y el(los) esquema (s) APP a través de los cuales se puede estructurar el proyecto.

Actores relevantes en los proyectos seleccionados

1.276 A continuación se detallan los roles principales de los actores identificados para los tres proyectos seleccionados comenzando por el proyecto "El Carrizo".

a) **CONAGUA:** En primer lugar, el rol de CONAGUA es regular el uso del agua del acuífero y del agua almacenada en la presa. En segundo término, CONAGUA es la entidad responsable de dar mantenimiento y operar la presa El Carrizo, aunque esta responsabilidad podría ser transferida a un privado. También la CONAGUA podría proveer un pago que retribuya a una empresa privada por construir, operar y mantener la infraestructura, sin embargo lo anterior está sujeto al esquema APP que se defina.

b) **SHCP:** Su rol es el de autorizar el análisis costo-beneficio y el análisis de conveniencia que demanda la LAPP. Además, la SHCP debe incluir en el Proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación el pago anual que deberá hacerse al privado, en caso de que el análisis financiero y el esquema seleccionado así lo justifiquen.

c) **BANOBRAS:** BANOBRAS puede proveer garantías y otorgar crédito.

d) **Fondo Nacional de Infraestructura:** El FNI puede otorgar una aportación no recuperable para que el proyecto sea financieramente viable.

e) **Gobierno del Estado:** El gobierno estatal puede proveer apoyo no recuperable para que el proyecto sea financieramente viable, o bien puede otorgar garantías para mitigar los mayores riesgos del proyecto. De igual forma, puede fungir como la entidad que organice a los productores de la región y que gestione apoyos de las entidades federales para incrementar la viabilidad del proyecto.

f) **Inversionistas:** Se refiere a aquellas entidades del sector privado interesadas en invertir en la infraestructura necesaria para la prestación de servicio de riego. El ente inversionista se encargaría del financiamiento, operación y administración de la infraestructura necesaria para el riego.

g) **Productores:** Se refiere a los productores de la región que serán beneficiados por el proyecto, y que eventualmente, tendrán que pagar una cuota por los servicios que preste el privado.

[6] Distritos de Riego: el distrito de riego está conformado por una o varias superficies previamente delimitadas y dentro de cuyo perímetro se ubica la zona de riego, el cual cuenta con las obras de infraestructura hidráulica, aguas superficiales y del subsuelo, así como con sus vasos de almacenamiento, su zona federal, de protección y demás bienes y obras conexas, pudiendo establecerse también con una o varias unidades de riego.

[7] Unidades de Riego: área agrícola que cuenta con infraestructura y sistemas de riego, distinta de un distrito de riego y comúnmente de menor superficie que aquél; puede integrarse por asociaciones de usuarios u otras figuras de productores organizados que se asocian entre sí libremente para prestar el servicio de riego con sistemas de gestión autónoma y operar las obras de infraestructura hidráulica para la captación, derivación, conducción, regulación, distribución y desalojo de las aguas nacionales destinadas al riego agrícola.

h) **Asociaciones de productores:** Se refiere a las asociaciones que aglutinan a los productores y que podrían jugar un rol fundamental en el cobro de las cuotas de sus asociados, así como la negociación de las condiciones de compra-venta de los cultivos producidos en la región.

i) **Ingenio azucarero Tamazula:** En la región donde se ubica el proyecto está establecido desde hace varias décadas un ingenio azucarero, el cual compra la producción de caña de azúcar la región. Se ha identificado que este actor puede jugar un rol relevante facilitando el cobro de las cuotas a los usuarios. Incluso, el ingenio podría estar interesado en asociarse con un privado para concursar por el proyecto.

1.277 A continuación se detallan los roles principales de los actores identificados para el proyecto del "Valle de Guadalupe":

a) **CONAGUA:** En primer lugar, el rol de CONAGUA es regular el uso del agua del acuífero y en su caso de la presa que se construya para almacenar el agua proveniente de las plantas de tratamiento. Por otro lado la CONAGUA podría proveer un pago que retribuya a una empresa privada por construir, operar y mantener la infraestructura, sin embargo lo anterior está sujeto al esquema APP que se defina.

b) **SHCP:** Su rol es el de autorizar el análisis costo-beneficio y el análisis de conveniencia que demanda la LAPP. Además, la SHCP debe incluir en el Proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación el pago anual que deberá hacerse al privado en caso de que el análisis financiero y el esquema seleccionado así lo justifiquen.

c) **Banobras:** BANOBRAS puede proveer garantías y otorgar crédito.

d) **Fondo Nacional de Infraestructura:** El FNI puede otorgar una aportación no recuperable para que el proyecto sea financieramente viable.

e) **Gobierno del Estado:** El gobierno estatal puede proveer apoyo no recuperable para que el proyecto sea financieramente viable o bien puede otorgar garantías para mitigar los mayores riesgos del proyecto. De igual forma, puede fungir como la entidad que organice a los productores de la región y que gestione apoyos de las entidades federales para incrementar la viabilidad del proyecto. También puede proveer una garantía sobre la demanda de agua en la región.

f) **Comisión Estatal del Agua (CEA):** La CEA es responsable de garantizar que el agua que provenga de las plantas de tratamiento sea la calidad y en la cantidad que se haya acordado.

g) **Inversionistas:** Se refiere a aquellas entidades del sector privado interesadas en invertir en la infraestructura necesaria para la prestación de servicio de conducción del agua. El ente inversionista se encargaría del financiamiento, operación y administración de la infraestructura necesaria para el riego.

h) **Productores:** Se refiere a los productores de la región que serán beneficiados por el proyecto y que eventualmente tendrán que pagar una cuota por el agua entregada.

1.278 Finalmente, se presenta la información relacionada con el proyecto de la PTAR de Atapaneo.

a) **CONAGUA:** en primer lugar, el rol de CONAGUA es regular el uso del agua y entregar en bloque al organismo operador aquellas que le corresponda para el uso urbano. De igual forma, deberá entregar el agua que por derecho le corresponda a los agricultores.

b) **SHCP:** su rol es el de autorizar el análisis costos-beneficio y el análisis de conveniencia que demanda la LAPP. Además, la SHCP debe incluir en el Proyecto de Presupuesto de Egresos de la Federación el pago anual que deberá hacerse al privado en caso de que el análisis financiero y el esquema seleccionado así lo justifiquen.

c) **Banobras:** BANOBRAS puede proveer garantías y otorgar crédito.

d) **Fondo Nacional de Infraestructura:** el FNI puede otorgar una aportación no recuperable para que el proyecto sea financieramente viable a través del programa PROMAGUA que apoya la construcción de plantas de tratamiento.

e) **Gobierno del Estado:** el gobierno estatal puede proveer apoyo no recuperable para que el proyecto sea financieramente viable o bien puede otorgar garantías para mitigar los mayores riesgos del proyecto. De igual forma, puede fungir como la entidad que organice a los productores de la región y que gestione apoyos de las entidades federales para incrementar la viabilidad del proyecto. También puede proveer una garantía sobre la demanda de agua en la región.

f) **Organismo Operador de Agua Potable, Alcantarillado y Saneamiento de Morelia (OOAPAS):** el OOAPAS es el promotor del proyecto, tanto de la ampliación de la PTAR Atapaneo como de la tecnificación y modernización de la zona de riego y también fungirá como contraparte en el acuerdo para el intercambio de aguas con los productores.

g) **Inversionistas:** se refiere a aquellas entidades del sector privado interesadas en invertir en la ampliación de la PTAR de Atapaneo así como en proveer la infraestructura de riego que es necesaria para tecnificar los módulos II, III y IV del Distrito de Riego 020.

h) **Productores:** se refiere a los productores de la región que serán beneficiados por el proyecto y que cederían parte de sus derechos de agua.

ESQUEMA DE CONTRATACIÓN Y FINANCIAMIENTO

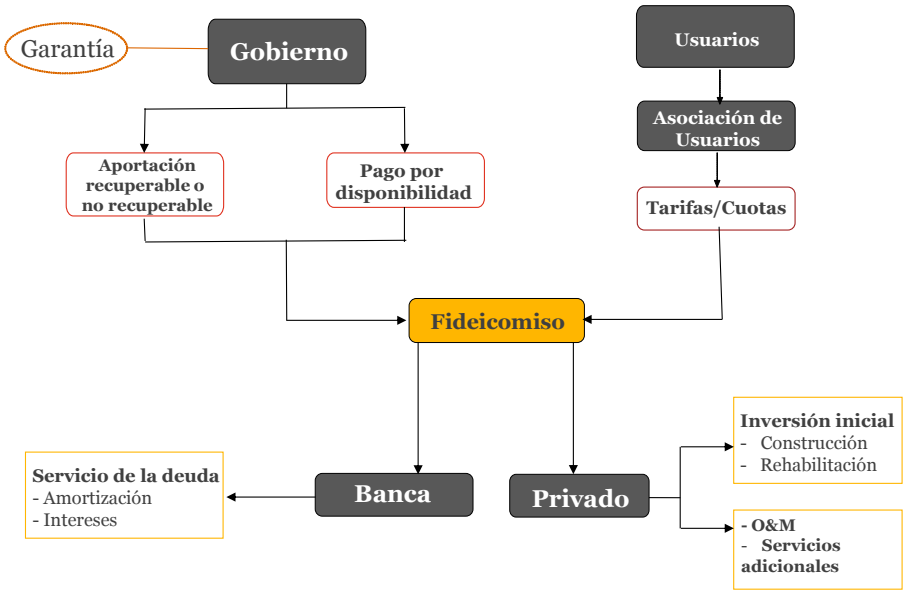
1.279 Para determinar el modo de contratación más adecuado es necesario realizar una evaluación económica en la que se analicen de manera detallada las características del proyecto, así como la distribución de las funciones de diseño, construcción, operación, mantenimiento y financiamiento entre el sector público y el privado. En términos generales las características del proyecto indican que se podría realizar a través de un APP autofinanciable o bien, a través de un APP combinado.

1.280 El APP autofinanciable se podría llevar a cabo toda vez que existe la posibilidad de cobrar una tarifa a los usuarios por el servicio de riego, la cual podría utilizarse para el pago de la inversión, así como para solventar los costos de operación y mantenimiento del sistema de riego. Por otra parte, se tendría un APP combinado en caso de que la tarifa que se cobre a los usuarios no sea suficiente para el pago de la inversión y/o de los costos de operación y mantenimiento, por lo que sería necesaria la participación del gobierno a través de una aportación no recuperable y/o de un pago por disponibilidad por la prestación de los servicios. A priori, se estima que el usuario como mínimo debe cubrir la operación y mantenimiento del sistema de riego e incluso contribuir a amortizar la inversión inicial.

Proyecto “el Carrizo, Tamazula de Gordiano, Jalisco”

1.281 Para el caso del proyecto “El Carrizo” se sugiere que se estructure a través de una APP combinado, el cual tiene más probabilidades de prevalecer, dado el monto de inversión y el tipo de cultivo de la zona. A continuación se presenta el esquema que ejemplifica una futura estructuración.

Figura 16. Esquema APP combinado



Fuente: Elaboración propia

1.282 A continuación se presenta una tabla en donde se propone la distribución de riesgos y funciones entre los actores involucrados. Cuando se ha señalado a más de un actor para una determinada función o riesgo, implica que el riesgo/función podría ser compartido.

Tabla 5. Distribución de riesgos y funciones

Función/riesgo	Gobierno	Privado	Asociación de usuarios	Usuarios	Ingenio azucarero
Función de diseño		X			
Función de construcción		X			
Administración de la infraestructura de cabeza		X			
Administración del sistema de riego		X			
Función de operación		X			
Función de mantenimiento		X			
Función de cobro			X		X
Riesgo de financiamiento	X	X			
Riesgos de causa de fuerza mayor	X	X			
Riesgo de derecho de vía	X	X			
Riesgo de escasez de agua	X			X	
Riesgo comercial				X	

1.283 Cuando se elabore el análisis de conveniencia, que incluye un análisis de riesgos detallado, se deberá llevar a cabo una cuantificación de los riesgos que se identifiquen y asignen a los actores relevantes. Lo que su vez es un elemento para estimar el valor por dinero y determinar si desarrollar el proyecto mediante un APP es más conveniente que realizarlo como obra pública.

1.284 El análisis que se ha desarrollado en éste informe puede servir como punto de partida para elaborar el análisis de conveniencia.

Proyecto "Abastecimiento hídrico para el Valle de Guadalupe, Baja California"

1.285 Dadas las características del proyecto es factible que el proyecto se realice como un APP Combinado o como un APP Autofinanciable. En el APP Combinado, las fuentes de pago provienen de recursos presupuestarios o no presupuestarios y de los usuarios, en este caso los productores, los que complementan el pago al privado a través de una tarifa que paguen por el agua que reciban.

1.286 Por su parte, el APP Autofinanciable es aquel en el que la cuota de los usuarios es la única fuente de pago del proyecto, tanto de la inversión inicial como de los costos de operación y mantenimiento del proyecto.

1.287 El principal reto para la estructuración del proyecto "El Valle de Guadalupe" como una APP es determinar la tarifa por metro cúbico que los usuarios estarían dispuestos a pagar. También es necesario determinar la demanda de agua para el plazo del proyecto.

1.288 Por otro lado, es necesario garantizar que la calidad del agua tratada que provenga de las plantas de tratamiento sea de la calidad que requieren los productores. Esta responsabilidad recae directamente en las plantas de tratamiento y en la CEA.

1.289 A continuación se presenta una tabla en donde se propone la distribución de riesgos y funciones entre los actores involucrados. Cuando se ha señalado a más de un actor para una determinada función o riesgo, implica que el riesgo/función podría ser compartido.

Tabla 6. Distribución de riesgos y funciones

Función/riesgo	Gobierno	Privado	Usuarios
Función de diseño		X	
Función de construcción		X	
Administración del agua		X	
Función de operación		X	
Función de mantenimiento		X	
Función de cobro		X	
Riesgo de financiamiento	X	X	
Riesgos de causa de fuerza mayor	X	X	
Riesgo comercial			X
Riesgo de demanda	X		
Función de tratamiento de agua y entrega de agua tratada	X		

Fuente: Elaboración propia

1.290 Como se puede observar, para el caso del proyecto en el Valle de Guadalupe hay un riesgo adicional que se ha identificado: el riesgo de demanda. Este riesgo se refiere a la cantidad de agua que demandarán los productores durante el plazo del contrato, el cual puede variar en función de condiciones meteorológicas de la región. A priori, es evidente que existe un problema de escasez de agua por la poca precipitación que existe en la zona y por la sobre-explotación del acuífero, además se estima que los problemas de escasez de agua se acentúen en las próximas décadas. No obstante lo anterior, podrían observarse algunos años a lo largo del plazo del contrato en los cuales la precipitación de agua en la zona sea anormal y eso provoque que la demanda de agua de los productores sea menor, lo cual va en detrimento de la rentabilidad financiera del proyecto.

1.291 Cuando el riesgo de demanda genera una incertidumbre considerable en el proyecto se recomienda que el gobierno comparta el riesgo, o incluso lo asuma. Sin embargo, en ambos casos deberá reflejarse en la rentabilidad que solicite el desarrollador del proyecto. Para el caso que se estudia se ha recomendado que el gobierno asuma el riesgo de demanda y que pague al privado una cantidad determinada por la O&M, así como para recuperar la inversión realizada.

1.292 Por otro lado, para éste proyecto se observa una función adicional que es el tratamiento de agua y la entrega del agua tratada al operador del proyecto APP para que éste a su vez la conduzca a través del acueducto y la ponga a disposición de los agricultores. Como se describió en la sección correspondiente, el proyecto incluye la construcción de un acueducto que canalice el agua tratada de las tres plantas de tratamiento y la conduzca hasta la presa de almacenamiento. Por lo tanto, es responsabilidad de cada planta de tratamiento entregar la cantidad de agua que se haya comprometido, bajo las condiciones de calidad acordadas. Si llegará a existir una desviación en la calidad y cantidad de agua tratada, entonces podría haber una desviación en la viabilidad financiera del proyecto.

1.293 El análisis que se ha desarrollado en éste informe puede servir como punto de partida para elaborar el análisis de conveniencia que solicita la LAPP y su reglamento y que es necesario para integrar la carpeta para la revisión y autorización del proyecto.

Proyecto "PTAR Atapaneo, Morelia, Michoacán"

1.294 Si bien, la determinación del modo de contratación del proyecto requiere un análisis profundo de las características del proyecto, de manera general las características del proyecto indican que el proyecto, visto de manera integral, podría tener un potencial APP "Medio".

1.295 Si el proyecto no se evalúa de manera integral y se decide segmentarlo en diversos proyectos, entonces es evidente que la ampliación de la PTAR se puede estructurar a través de un APP tal y como se ha hecho en diversos casos en México. El otro proyecto, la modernización y tecnificación de la zona de riego, podría estar sujeta a otro esquema de financiamiento como subsidios o crédito bancario.

1.296 Cabe señalar que la estructuración de la ampliación de la PTAR de Atapaneo se deberá realizar al amparo de la ley local de prestación de servicios, siendo la OOAPAS el promotor del proyecto.

1.297 A continuación se presenta una tabla en donde se propone la distribución de riesgos y funciones entre los actores involucrados. Cuando se ha señalado a más de un actor para una determinada función o riesgo, implica que el riesgo/función podría ser compartido.

Tabla 7. Distribución de riesgos y funciones

Función/riesgo	Gobierno	Privado	Usuarios/SPR
Función de diseño		X	
Función de construcción		X	
Administración del agua	X		
Función de operación		X	
Función de mantenimiento		X	
Función de cobro		X	
Riesgo de financiamiento	X	X	
Riesgos de causa de fuerza mayor	X	X	
Riesgo comercial			X

Fuente: Elaboración propia

1.298 Para este proyecto, que plantea el intercambio de agua entre los productores y el OOAPAS, se requiere que las partes establezcan un acuerdo de largo plazo que dé certidumbre al intercambio.

1.299 Cabe mencionar que la tabla anterior se ha elaborado considerando que el esquema APP aplica para la ampliación de la PTAR Atapaneo y que uno de los beneficios que se deriven de éste proyecto sea el uso de agua tratada para fines agrícolas, así como el intercambio de aguas.

1.300 Finalmente, es importante señalar que la ampliación de la PTAR tendrá que ser licitada y contratada por el OOAPAS al amparo de la ley de prestación de servicio local.

D. VIABILIDAD TÉCNICA Y ECONÓMICA-FINANCIERA

PROYECTO "EL CARRIZO, TAMAZULA DE GORDIANO, JALISCO"

1.301 Ante la problemática que enfrentan los productores en esta región, la solución planteada es la construcción de las obras que demanda la zona de riego, que permitan aprovechar cabalmente los volúmenes de agua que actualmente almacena la Presa El Carrizo.

1.302 Se estima que con el proyecto se incremente el ingreso de los productores, ya que se consolidaría una zona productora de 3,177 has, en su mayoría de caña de azúcar. Además, el proyecto permitiría eliminar la operación de los pozos profundos y bombas, lo cual reducirá los costos de producción. Finalmente, el hecho de cambiar los aprovechamientos de agua subterráneos por agua superficial permitirá una recuperación gradual del acuífero.

Viabilidad técnica

1.303 La producción agrícola en el área del proyecto, está condicionada en su mayor parte a riegos de temporal, el cual es complementado mediante obras rústicas sobre el Río "El Camichín". El principal cultivo es la caña de azúcar.

1.304 El Proyecto pretende la tecnificación del área cultivable mediante el establecimiento de sistemas de riego, tanto de goteo como por aspersión, para eliminar la operación de los pozos profundos y bombas que actualmente operan en el Río Camichín, cambiando los aprovechamientos de agua subterráneos por agua superficial, y aprovechando la carga hidráulica disponible desde el sitio de la presa, hasta la zona de riego.

1.305 En este informe se abordará de una manera general la descripción de los posibles sistemas de conducción de agua, tomando como opciones para ello, canales abiertos y sistemas de conducción en tubería. Así como la descripción y estimación de un presupuesto para los sistemas de riego de goteo y aspersión.

Línea de conducción

1.306 Dentro de un sistema de abastecimiento de agua, se le llama línea de conducción, al conjunto integrado por canales o tuberías, y dispositivos de control, que permiten el transporte de agua en condiciones adecuadas de calidad, cantidad y presión, desde la fuente de abastecimiento, hasta el sitio donde el agua será distribuida. Pero además, es en el sistema de conducción en el que normalmente se reflejan los acuerdos comunitarios en cuanto al uso, regulación y distribución del agua. Estos acuerdos luego se materializan en válvulas, compuertas, reservorios, entre otros componentes del sistema.

1.307 La conservación del agua como recurso juega un papel importante en la política de distribución. En este sentido, la eficiencia de conducción, la cual indica la cantidad relativa de agua perdida en los canales, es usada comúnmente para orientar los objetivos de la eficiencia en general. Sin embargo, otro tipo de pérdida de agua, no relacionada directamente con el concepto de eficiencia de conducción, es la entrega de agua en cantidades mayores a las requeridas en los puntos de toma. Un sistema que entrega agua en exceso no conserva el recurso.

Canales abiertos

1.308 La operación de canales a cielo abierto difiere sustancialmente con la de tuberías, en particular porque los tiempos de tránsito que requiere el agua durante la conducción son diferentes y de efecto retardado, mientras que en las tuberías el tiempo de tránsito tiende a ser inmediato. Por ello, para operar una red de canales resulta fundamental conocer los tiempos de tránsito para poder entregar el agua a tiempo en cada condición; por ejemplo, los usuarios aguas arriba disponen del agua en menos tiempo que los de aguas abajo

1.309 Los canales abiertos se utilizan en algunas ocasiones para conducir el agua desde la captación hasta la planta de tratamiento. Sin embargo, no se utilizan para la conducción de agua tratada debido a los problemas que veremos a continuación. Si bien el uso de canales abiertos tiene la ventaja de permitir el uso de materiales baratos y ahorrar en la obra, tiene las siguientes desventajas:

a) Hay que ajustarse al gradiente hidráulico del agua.

b) Se producen pérdidas de agua por filtraciones y evaporación.

c) Existe peligro de contaminación del agua, especialmente en zonas pobladas o industriales.

d) En climas fríos puede generar hielo, el cual produce pérdidas de carga.

e) Perturbaciones en el canal por raíces de árboles o agujeros de roedores.

1.310 Dado que la superficie del líquido está en contacto con la atmósfera, los canales abiertos siguen una pendiente bien diseñada y sin ninguna presión.

1.311 Las pérdidas de agua en canales abiertos dependen básicamente de tres factores: i) evaporación, ii) infiltración y, iii) operación, los cuales se describen a continuación:

a) **Evaporación.** Las pérdidas por evaporación se deben a la evaporación directa del agua en los canales, a la transpiración de las plantas acuáticas que se desarrollan en las conducciones y a la evapotranspiración de la maleza que se desarrolla en los taludes del canal. En ligares donde existen horas de sol y poca humedad, es probable llegar a una evaporación neta de 2,000 mm. Con un canal de 3 m de ancho, la evaporación en zonas secas es de hasta 6,000 m^3 al año por km. La evaporación puede influenciar en una menor entrega de la cantidad adecuada de agua al cliente en la sección del canal.

b) **Infiltración.** Se estima que exista una pérdida de agua por la infiltración de agua en los canales la cual puede ser mayor en caso de canales que no cuenten con revestimiento o en canales cuyo mantenimiento no sea el adecuado.

c) **Pérdidas por Operación**. Las pérdidas de operación se generan por causas relacionadas, fundamentalmente, con el manejo del agua y por lo general están en función del caudal manejado, experiencia del personal y supervisión realizada.

d) Además, un canal abierto está expuesto a**:**

- Los efectos del estado del tiempo (provocando obstrucciones por derrumbes),
- Personas y animales que pueden impactar el sistema,
- El arenado y otros contaminantes.

Sistema de conducción mediante tuberías

1.312 Para los sistemas de agua se fabrican tuberías de diversos materiales como son acero, fibrocemento, concreto pre-forzado, Cloruro de Polivinilo (PVC), hierro dúctil, polietileno de alta densidad, Poliéster Reforzado con Fibra de Vidrio (PRFV) y el fierro galvanizado, por mencionar algunos.

Tabla 8. Componentes del sistema de tuberías del proyecto

Grupo	Material	Mantenimiento general	Reparación necesaria	Duración o resistencia	Problemas técnicos principales
Tubería	Polietileno	A	B	B	Quiebre de tubo o rotura por terremoto
	PVC	A	B	B	Quiebre de tubo o rotura por terremoto
	Concreto	A	B	A	Fuga agua en unión
Canal revestido	Piedras con Cemento	C	C	C	Reducción paulatina del revestimiento y posterior fuga de agua
	Loseta	B	B	B	Fuga de agua desde la unión o fondo
	Hormigón Armado	B	A	A	Suplemento o cambio es muy difícil
Canal	Excavado	D	D	D	Frondosidad de Vegetación
Excavación	Excavado	D	D	D	Consumo de agua por vegetaciones
Revesti-miento	Excavado	D	D	D	Ensanche de la orilla y excavación del fondo del canal por erosión

*[Mantenimiento general] A: Casi no necesita, B: Se necesita poca, C: Se necesita alguna, D: Se necesita bastante [Necesidad de Reparación] A: Muy Fácil, B: Fácil, C: No muy fácil, D: Difícil, [Duración, Resistencia] A: Alta, B: Buena, C: No muy alta, D: Poca. Fuente: Fundamentado en el reporte técnico- económico realizado en el 2012, se corrobora como mejor opción la utilización de un Sistema de Conducción mediante Tuberías, para eficientar y evitar pérdidas por evaporación e infiltración.

1.313 Actualmente, se dispone de una gran cantidad de plásticos para uso en la agricultura. Los canales entubados con plásticos representan condiciones económicas y de instalación favorables sobre los tubos de concreto y otros materiales. Las tuberías deben seguir en general, el perfil del terreno y se colocan de la manera más favorable en cuanto al costo de construcción y presión resultante. Definido el perfil de la tubería, se instala prestándose particular atención a la línea de gradiente hidráulico. Cuando más se adapte el perfil a este gradiente hidráulico, menor será la presión en la tubería, lo que da como resultado un menor costo de la misma. Las grandes presiones pueden evitarse, a veces, rompiendo la continuidad de las tuberías con aliviadores o depósitos auxiliares.

Conclusión

1.314 Ambos sistemas de riego planteados son viables, tanto técnica como económicamente para el manejo del cultivo de la caña de azúcar, la selección de cualquiera de los dos sistemas debe de realizarse con base en las necesidades particulares de cada productor.

1.315 En la selección de los sistemas de riego, se debe considerar además de lo ya señalado que:

a) En el área de estudio, las altas temperaturas pueden generar pérdidas de agua por evaporación.

b) Uno de los mayores problemas del cultivo de caña es la generación de malezas y plagas en parte por exceso de humedad que facilita su reproducción.

c) El suelo donde se generan los cultivos es de tipo Vertisol, por lo tanto, se debe evitar su desecación, ya que además de que imposibilita su manejo, puede generar una importante pérdida de agua con la contracción de las arcillas, lo que genera grandes grietas por donde el agua puede infiltrarse.

Viabilidad económica-financiera

Cultivos

1.316 Los cultivos que destacan son la caña de azúcar, el maíz grano, maíz forrajero en verde y pastos y praderas en verde, los cuales abarcan más del 90% de la superficie sembrada. A continuación se muestra un resumen de la superficie sembrada por cultivo.

Tabla 9. Superficie sembrada por cultivo en el Municipio de Tamazula de Gordiano

Cultivo	Superficie (hectáreas)	Ocupación
Zarzamora	2	0.0%
Frijol	39	0.2%
Cártamo	25	0.1%
Garbanzo porquero	250	1.3%
Calabacita	19	0.1%
Arándano	57	0.3%
Alfalfa	4	0.0%
Pepino	28	0.1%
Naranja	40	0.2%
Tomate verde	31	0.2%
Jícama	38	0.2%
Sandía	58	0.3%
Elote	216	1.1%
Tomate rojo (jitomate)	60	0.3%
Aguacate	727	3.6%
Rosa (gruesa)	4	0.0%
Maíz forrajero en verde	1,502	7.5%
Maíz grano	9,207	46.1%
Pastos y praderas en verde	3,000	15.0%
Caña de azúcar	4,662	23.3%
Total	**19,969**	**100.0%**

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

1.317 En el año 2015, el volumen de la producción anual de los principales cultivos del municipio fue de 577,301 toneladas, del cual destaca la caña de azúcar con 427,958 toneladas, es decir, la productividad fue de 92 ton/ha. Por su parte, el volumen de producción del maíz grano fue de 35,493 con una productividad de 4 ton/ha. Finalmente, el volumen de producción del maíz forrajero en verde fue de 28,650 toneladas con una productividad de 19 ton/ha. En la siguiente tabla se muestra un resumen de la productividad de los principales cultivos.

Tabla 10. Superficie sembrada por cultivo en el Municipio de Tamazula de Gordiano

Cultivo	Volumen de la producción	Productividad (ton/ha)
Maíz forrajero en verde	28,650	19
Maíz grano	35,493	4
Pastos y praderas en verde	85,200	28
Caña de azúcar	427,958	92
Total	**577,301**	

Fuente: SAGARPA

1.318 En lo que se refiere al valor de la producción, de acuerdo con información obtenida de SAGARPA, el valor de la producción por tonelada de la caña de azúcar, el maíz grano, del maíz forrajero en verde y del pasto y praderas es de $467, $3,377, $350 y $677 respectivamente.

1.319 De acuerdo con el Documento de Análisis Costo-Beneficio (ACB) del Proyecto, la superficie beneficiada por la zona de riego del Carrizo es de 3,177 has, las cuales se distribuyen de la siguiente manera.

Tabla 11. Superficie beneficiada por el Proyecto del Carrizo

Cultivo	Superficie sembrada
Maíz Elote	143
Caña de Azúcar	3,018
Cítricos	16
Total	**3,177**

Fuente: Análisis Costo Beneficio del Proyecto.

1.320 Como se puede observar, la superficie sembrada de caña de azúcar abarca más del 60% de la superficie total del municipio, la cual es de 4,662 has.

1.321 De acuerdo con la información del ACB del Proyecto, en la zona de interés existen 1,009 parcelas, de las que el 39% son pequeños propietarios y el 64% son ejidatarios, con un promedio de 3.2 y 2.0 hectáreas por productor, respectivamente.

1.322 Para estimar el volumen de la producción se consideraron los parámetros de productividad y valor de mercado de los cultivos del Municipio de Tamazula publicados por la SAGARPA. El valor de la producción para el municipio es de $131.9 mdp, del cual corresponde el 98% a la caña de azúcar. A continuación se muestra un resumen de lo mencionado.

Tabla 12. Superficie beneficiada por el Proyecto del Carrizo

Cultivo	Superficie (ha)	Rendimiento (ton/ha)	Volumen de producción (ton)	Valor de la producción ($/ton)	Valor de la producción ($)
Maíz Elote	143	4	551.27	$3,377	$1,861,490
Caña de Azúcar	3,018	92	277,043.60	$467	$129,351,643
Cítricos	16	12	189.60	$3,657	$693,310
Total	**3,177**		**277,784**		**$131,906,442**

Fuente: Análisis Costo Beneficio del proyecto del Carrizo y SAGARPA

1.323 De acuerdo a la información del ACB del Proyecto, se estimó que los costos de producción por ha de la caña de azúcar, el maíz grano y los cítricos son de $12,244, $13,129 y $10,520, respectivamente. Si se toman dichos parámetros para estimar el costo total de la producción y la utilidad total, se tiene un beneficio económico de $93 mdp. En la siguiente tabla se observa que el beneficio económico anual de la caña de azúcar es de aproximadamente $92 mdp, mientras que el de los cítricos es de $524,990 pesos.

Tabla 13. Beneficio económico actual de los cultivos del Carrizo

Cultivo	Superficie (ha)	Costo de producción ($/ha)	Costo total ($)	Beneficio económico ($)
Maíz Elote	143	13,129	$1,877,447	**-$15,957**
Caña de Azúcar	3,018	12,244	$36,952,392	$92,399,251
Cítricos	16	10,520	$168,320	$524,990
Total	**3,177**		**$38,998,159**	**$92,908,283**

Fuente: Análisis Costo Beneficio del proyecto del Carrizo y SAGARPA

1.324 Si se lleva a cabo el proyecto, en el ACB se estimó un incremento en la productividad para el maíz del 54%, para la caña de entre un 48% y un 77%, dependiendo del tipo de sistema de riego y para los cítricos de un 28%. Para este ejercicio consideramos que el incremento en productividad rebasa los promedios nacionales e internacionales, por lo que hemos sido más conservadores en las estimaciones del incre-

mento en productividad. Para este ejercicio se ha planteado un incremento de la productividad de un 20%, es decir con el incremento en productividad en el caso de la caña, la productividad por ha podría llegar a ser de 110 ton/ha, similar a la productividad que muestra el estado de Morelos en donde alcanzan una productividad de hasta 115 ton/ha. Cabe señalar que en el Estado de Morelos se observan las mayores productividades del país de caña de azúcar. También se ha planteado una reducción de los costos de producción de un 30% que resulta de no utilizar las bombas para extraer agua de los pozos profundos y por la tanto una disminución en los costos de electricidad.

1.325 Con las variaciones en la productividad y en los costos de producción se tiene que el beneficio económico podría llegar a ser de $38 mdp adicionales al año, de los cuales $36 mdp provienen de la caña de azúcar.

Tabla 14. Beneficio económico adicional con proyecto de los cultivos del Carrizo

Cultivo	Volumen de la producción (ton)	Valor de la producción (pesos)	Costos de producción ($/ ha)	Costos de producción ($)	Beneficio económico ($)	Variación beneficio económico ($)
Maíz Elote	662	$2,233,788	$9,190	$1,314,212.90	$919,575	$903,618
Caña de Azúcar	332,452	$155,221,972	$8,571	$25,866,674	$129,355,297	$36,956,046
Cítricos	228	$831,972	$7,364	$117,824	$714,148	$189,158
Total	333,341	$158,287,731	$25,125	$27,298,711	$130,989,020	$38,048,822

Fuente: Análisis Costo Beneficio del proyecto del Carrizo y SAGARPA

1.326 Para finalizar el análisis se hace mención de las fuentes de agua que actualmente existen en la zona de riego. El agua proviene de tres fuentes:

a) Agua de lluvia.

b) Del Río Camichín: la oferta de agua del río se restringe en la época de lluvia y en época de estiaje es prácticamente nula.

c) Pozos profundos: el agua del acuífero subyacente es aprovechada a través de pozos profundos, sin embargo en los últimos años se ha observado un abatimiento progresivo de los niveles freáticos, que denotan una sobreexplotación del acuífero.

1.327 Actualmente se cuenta con una presa de almacenamiento con una capacidad de 41 millones de m^3 anuales, cuyo objetivo es abastecer de agua a los productores de la región. Sin embargo, no se cuenta con la infraestructura necesaria para llevar el agua de manera óptima hasta los cultivos.

1.328 De acuerdo con información de la Secretaría de Desarrollo Rural del Gobierno del Estado de Jalisco, el agua almacenada de la presa actualmente es liberada al Arroyo Camichín y está siendo aprovechada mediante las represas rústicas y el bombeo directo para regar 2,145 has, aproximadamente. Las has restantes (1,032) se riegan mediante agua que se extrae de los pozos, de las que 333 se riegan por aspersión y 669 por gravedad. A continuación se muestra un resumen de las modalidades de riego por superficie.

Tabla 15. Superficie sembrada por tipo de riego

Tipo de riego	Fuente de suministro	Superficie (ha)	Modalidad
Riego pleno	Pozos	1,032	Aspersión: 333 Gravedad: 699
Riego Precario	Bombeo ríos (motobombeo) Gravedad	2,000 145	
Total		**3,177**	

Fuente: Análisis Costo Beneficio del proyecto del Carrizo y SAGARPA

1.329 La viabilidad financiera del Proyecto consideró la elaboración de un modelo financiero con el objetivo de determinar la rentabilidad del proyecto como APP. La viabilidad considera la evaluación de 3 escenarios para identificar la sensibilidad del proyecto ante cambios en diversas variables y tipo de APP.

1.330 Al respecto, es importante mencionar que los supuestos básicos de inversión, plazo, operación y mantenimiento, así como los supuestos financieros del proyecto son los mismos entre los 3 escenarios. Las variables que cambian entre un escenario y otro son: i) la cuota que tendría que pagar el usuario, ii) el porcentaje de participación del gobierno en la inversión inicial y, iii) el pago por disponibilidad por la prestación del servicio de riego.

1.331 A continuación se detallan los supuestos utilizados en cada uno de los escenarios planteados.

Escenario Base

1.332 A continuación se mencionan los supuestos básicos de plazo, inversión y operación y mantenimiento del Escenario Base.

Tabla 16. Supuestos básicos del Proyecto

Componente	Supuesto	Unidades
Plazo de construcción	24	meses
Plazo de operación	28	años
Inversión	$1,469.93	millones de pesos
Costos de Operación y Mantenimiento (anual)	$8.69	millones de pesos

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por Conagua

1.333 El modelo considera el financiamiento del proyecto a través de Deuda y Capital. A continuación, se muestran los supuestos empleados sobre la estructura financiera y términos del crédito.

Tabla 17. Supuestos financieros del proyecto

Componente	Supuesto	Unidades
Capital de Riesgo	30%	%
Deuda	70%	%
Cierre financiero	5	meses
Tasa de interés	11.5%	%
Plazo del crédito	15	años
Comisiones (porcentaje del crédito)	3%	%

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por Conagua

1.334 Las fuentes de pago del Proyecto son a través de las cuotas que pagarán los agricultores por el servicio de riego así como un pago por disponibilidad. En este escenario se considera una aportación no recuperable del 50% de la inversión y un pago anual por disponibilidad. Por lo anterior, los ingresos están conformados de la siguiente forma:

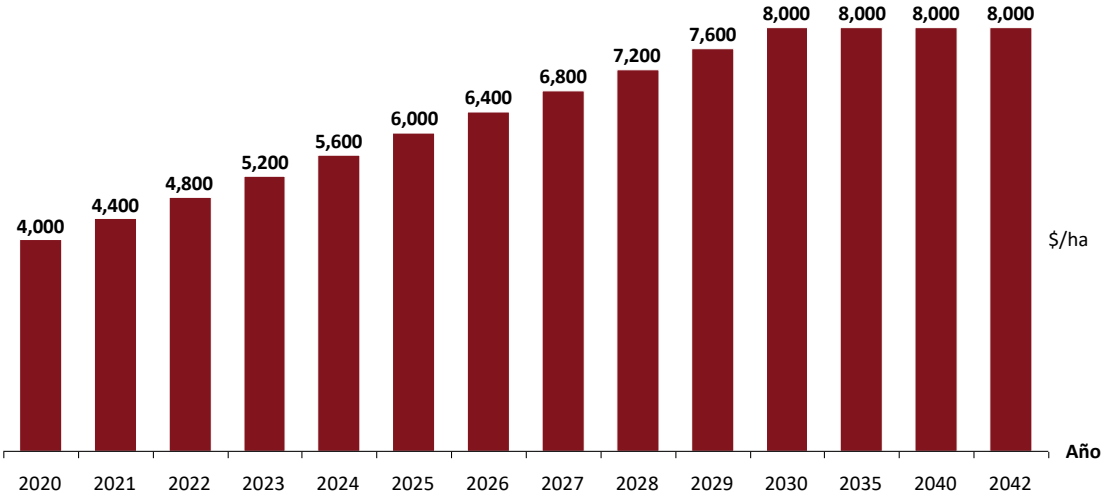
a) Aportación no recuperable de $734.9 mdp

b) Pago por disponibilidad de de $150 mdp anuales.

c) Pago de cuota de usuarios del orden de $8,000/ha

1.335 Al respecto es importante mencionar que la cuota que pagarían los usuarios considera una curva creciente, es decir, inicia con el 50% hasta llegar al 100% en el año 2030. En la siguiente gráfica se muestra la curva considerada.

Figura 17. Proyección de la curva de cuota del servicio de riego.



Fuente: Elaboración propia

1.336 Con los supuestos mencionados, los resultados muestran que el Proyecto requiere un monto de capital de riesgo de $333.68 mdp, mientras que la deuda es de $591 mdp, incluyendo los costos financieros en construcción, los cuales son del orden de $110 mdp. Como se mencionó anteriormente, se considera que la subvención es del 50% de la inversión, es decir, $734.9 mdp.

1.337 Se ha utilizado como supuesto un periodo de 5 meses para alcanzar el cierre financiero, durante los cuales la inversión se cubrirá únicamente a través de capital de riesgo, a partir del mes 6 se hacen aportaciones de deuda y capital en pari-passu, 70% y 30% respectivamente.

1.338 Bajo los supuestos utilizados en el Escenario Base el modelo arroja una Tasa Interna de Retorno (TIR) de 12% en términos nominales.

Escenario Dos

1.339 Dadas las restricciones presupuestales que se han presentado en los últimos años, se realizó la evaluación de un escenario en el que se disminuyó la participación del gobierno, tanto en el monto de la aportación no recuperable como en el pago por disponibilidad. Por lo que se consideró una aportación del gobierno del orden del 30% de la inversión y un pago anual por disponibilidad, en términos reales, de $100 mdp. El resto de los supuestos se mantiene igual que en el Escenario Base.

1.340 Con los supuestos mencionados, para que el proyecto sea rentable, es decir, para que tenga una TIR del 11.8%, similar a la del Escenario Base, el usuario tendría que pagar una cuota de $30,000/ha. Sin embargo, en el presente escenario se ha eliminado la curva a las cuotas, por lo que el usuario tendría que pagar el 100% de la misma desde el inicio de las operaciones.

Escenario Tres

1.341 En el Escenario Tres se evaluó el proyecto como un APP autofinanciable, es decir, la fuente de pago proviene exclusivamente del usuario a través del pago de una cuota.

1.342 Para que el escenario sea rentable, es decir, se obtenga una TIR de 12.1% los usuarios tendrían que pagar aproximadamente $80,000/ha desde el inicio de operaciones del proyecto.

Resumen de los escenarios de viabilidad financiera

1.343 En la siguiente tabla se resumen los principales resultados de los 3 escenarios analizados

Tabla 18. Resumen de los escenarios de viabilidad financiera del proyecto

Variable	Escenario Base	Escenario Dos	Escenario Tres
Monto de inversión	$1,549.93	$1,549.93	$1,549.93
Crédito	30%	30%	30%
Capital de Riesgo	70%	70%	70%
Aportación no recuperable	50%	30%	0%
Pago por disponibilidad	$150.00	$100.00	$0.00
Cuota por servicio de riego ($/ha)	$8,000	$30,000	$80,000
TIR	**12.0%**	**11.8%**	**12.1%**

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

1.344 Los resultados mostrados indican que el Proyecto es altamente sensible a cambios en el nivel de aportación no recuperable y el pago por disponibilidad, toda vez que en el Escenario Base, estos representan el 50% de la inversión y el 85% de la recuperación de los costos cuando el proyecto esté en operación, por lo que es imperante tener la mayor certeza posible sobre la disposición de pago de los usuarios, así como conocer, con la mayor certidumbre posible, la disponibilidad presupuestal de la dependencia involucrada en el pago de los servicios.

1.345 Por otro lado, también se puede observar que si el proyecto se estructura como un APP autofinanciable entonces el incremento en productividad que proviene de la construcción de la zona de riego no es suficiente para que el usuario pueda pagar una cuota. Por lo tanto, se sugiere que el proyecto se estructure como un APP Combinado en el que el pago provenga tanto del gobierno como de los usuarios.

PROYECTO "ABASTECIMIENTO HÍDRICO PARA EL VALLE DE GUADALUPE"

Viabilidad técnica

1.346 Como se mencionó anteriormente, el Proyecto consiste en la construcción y operación de un acueducto para trasladar las aguas grises tratadas desde la Ciudad de Tijuana hasta la zona del Valle de Guadalupe. El volumen de agua a trasladar será obtenido de las tres PTAR's que se localizan al oriente de dicha población.

1.347 Los procedimientos constructivos para el tendido del acueducto dependerán del tipo y configuración del terreno, pero en general se compondrán de las siguientes fases: i) desmonte del trazo, ii) excavación de zanja, iii) presentación y soldadura de tubería, iv) relleno y compactación de la zanja, y v) nivelación del terreno con reintegración de la capa orgánica. En algunos puntos será necesario el uso de explosivos para la penetración en roca. A lo largo del trazo, será necesario la apertura de caminos temporales de acceso para las actividades de construcción. Y durante el plazo de la obra, será necesaria la instalación de campamentos de obra con patios para almacenamiento, talleres y servicios generales para el personal.

1.348 Se tiene programada la construcción de las siguientes estructuras como parte del acueducto:

a) En cada una de las plantas de tratamiento que alimentarán al acueducto, será necesario construir y equipar una estación de bombeo, Esto comprenderá la obra civil requerida para la caseta de bombas, la obra mecánica para la instalación de bombas y accesorios asociados, así como la obra eléctrica necesaria para la instalación.

b) En el km 27+800 está programada la construcción de una estación de rebombeo, la cual constará de los mismos tipos de obra que los descritos en el párrafo anterior.

c) En los kilómetros 9+100 y 28+500, se tiene programada la construcción de estructuras rompedoras de presión, estas obras se compondrán de la obra civil requerida para la estructura, la obra mecánica relacionada con los cuerpos para el rompimiento de presión y los accesorios asociados.

d) La construcción de la cortina de la presa será una obra significativa que requerirá del movimiento de una gran cantidad de materiales, así como de la realización de un conjunto de obras civiles relacionadas con la sustentación y anclaje de la obra.

1.349 El sistema de conducción consta de 3 líneas de impulsión, las cuales nacen de las PTAR identificadas con los nombres "La Morita", "Monte los Olivos" y "Cueros de Venados", ubicadas a las afueras de la Ciudad de Tijuana, estas aportan 700, 300 y 200 lps respectivamente, teniendo diámetros de 30", 24" y 16", respectivamente.

Sistema de conducción mediante tuberías

1.350 Para los sistemas de agua se fabrican tuberías de diversos materiales como son acero, fibrocemento, concreto pre forzado, PVC, hierro dúctil, polietileno de alta densidad, PRFV y el fierro galvanizado, por mencionar algunos.

1.351 Actualmente, se dispone de una gran cantidad de plásticos para uso en la agricultura. Los canales entubados con plásticos representan condiciones económicas y de instalación favorables sobre los tubos de concreto y otros materiales. Las tuberías deben seguir en general, el perfil del terreno y se colocan de la manera más favorable en cuanto al costo de construcción y la presión resultante. Definido el perfil de la tubería, se instala prestándose particular atención a la línea de gradiente hidráulico. Cuanto más se adapte el perfil a este gradiente hidráulico, menor será la presión en la tubería, lo que da como resultado un menor costo de la misma. Las grandes presiones pueden evitarse, a veces, rompiendo la continuidad de las tuberías con aliviadores o depósitos auxiliares.

Tuberías de PRFV

1.352 Una problemática que presentan las tuberías metálicas, es la corrosión si se instalan en suelos poco aireados, mal drenados y de baja resistividad. El proceso de corrosión también se acelera ante la presencia de bacterias reductoras de sulfatos. Todos estos problemas se pueden aminorar e incluso eliminar mediante una cuidadosa selección de materiales resistentes a la corrosión o a través de la incorporación de sistemas de protección anticorrosiva en el propio diseño de la tubería.

Propiedades y ventajas principales

a) Resistentes a la corrosión

- Larga vida útil.
- No necesita revestimientos, recubrimientos, protección catódica u otros medios de protección contra la corrosión.
- Bajos costos de mantenimiento.

- Propiedades hidráulicas que se mantienen constantes con el paso del tiempo.

b) Alta resistencia mecánica

- Resistencia a altas presiones.
- Resistencia a la abrasión.
- Una celeridad de onda menor de la que se obtiene con tuberías de otros materiales redunda en una reducción.

c) Superficie interior lisa

- Bajas pérdidas por rozamiento suponen menores exigencias de energía de bombeo y menores costos operativos.
- Una menor acumulación de lodos ayuda a reducir el costo de limpieza.

Sistema de riego

1.353 La cantidad agua o dosis de riego a aportar variará en función del cultivo, suelo y clima. La influencia del cultivo es importante puesto que las necesidades de agua serán mayores o menores en función del tipo de planta y de su estado de desarrollo. De la misma forma, las raíces de un cultivo ocupan diferente profundidad del suelo en distintas fases dentro del ciclo, por lo que la cantidad de agua disponible en esa zona de suelo varía con el estado del cultivo. La capacidad de cada suelo para retener agua también es diferente lo que implica que tanto la cantidad de agua a aplicar con el riego como la que pueden extraer las plantas puede variar mucho. A ello hay que añadir que las necesidades de agua están en función del clima, radiación solar, viento, precipitación, etc., por lo que es preciso conocer las características climáticas de la zona y del cultivo para programar adecuadamente los riegos.

1.354 Por su importancia económica, cultural y religiosa, el cultivo de la uva (Vitis vinifera) es uno de los más antiguos del mundo. Derivado de su consumo diversificado, la uva se caracteriza por su alto valor económico, y actualmente el 31% de la producción mundial se destina al mercado en fresco; 67%, a la elaboración de vinos y otras bebidas alcohólicas; y 2% es procesada como fruta seca.

1.355 En 2012 los viñedos de México ocuparon una superficie plantada de 28.9 mil has y generaron una producción de 375.3 mil toneladas, valuada en $7,093 mdp; 71% de la producción de uva se destinó al mercado para su consumo en fresco; 25% se usó como insumo en la elaboración de vinos, jugos y concentrados; y 4% fue consumida como fruto seco o uva pasa.

1.356 El Valle de Guadalupe es considerado como la zona de mayor producción de vinos en el país con una reputación de vinos de alta calidad en el mundo, cultiva actualmente 1,500 has de vid y 500 has de olivares aproximadamente.

1.357 Los principales productores de estos cultivos han planteado un crecimiento de 500 has para los próximos 5 años, la única forma de logarlo es garantizando el abastecimiento del agua, y un uso eficiente de este mediante la tecnificación del riego.

Sistema de riego por goteo

1.358 En los sistemas de riego por goteo se aplica agua en pequeñas cantidades en forma controlada a la zona radicular de las plantas, esto lo hace ideal para prácticamente todos los cultivos.

1.359 Hoy en día, el riego por goteo se conoce como el método más preciso, eficiente y práctico para suministrar agua y nutrientes a los cultivos. Alcanzando eficiencias de que van de un 90% a 95% .Permite a los

productores maximizar la productividad y minimizar el uso de recursos, lo que resulta en una recuperación de la inversión más rápida en comparación con cualquier otro método de riego.

Aspectos técnicos influyentes en el costo del sistema

a) **Transportación de agua desde su fuente hasta el campo:** normalmente este es el componente más caro del sistema de riego. Depende de la distancia y elevación hacia donde el agua debe ser transportada a través de tuberías.

b) **Máxima demanda de agua del cultivo:** se refiere a la cantidad de agua necesaria para cumplir con los requerimientos máximos de evapotranspiración del cultivo durante la máxima demanda de éste. Está es una función de las condiciones climáticas prevalecientes, la cubierta del cultivo y la eficiencia del sistema de riego.

c) **La topografía del terreno del área de diseño:** esto tendrá un impacto notable en el costo del sistema por área de unidad ya sea plano u ondulado y la textura del suelo.

d) **Sistema de filtrado:** es una pieza clave del sistema, ya que evita la obstrucción del gotero, la cual se puede generar por partículas suspendidas en el agua (arena, materia orgánica, etc.). Existen gran variedad de filtraciones en el mercado, su costo está en función del nivel de sofisticacion y al tipo de *tecnología con que cuente el sistema.*

Riego en vid

1.360 La vid se muestra muy resistente a largos períodos de sequía, ya que tiene un sistema radicular profundo. Sin embargo, en condiciones de fuerte sequía puede producirse una pérdida de producción y calidad del cultivo (reducción del contenido de azúcares), por lo que en estas situaciones el riego es indispensable.

1.361 Los niveles de producción alcanzados en las plantas regadas son generalmente más satisfactorios que los alcanzados en las no regadas, y ponen de manifiesto que el principal factor limitante de la zona es la disponibilidad de agua en el suelo, un bien escaso debido a las características hidromecánicas del suelo y a las fluctuaciones registradas de las lluvias, sobre todo en años de fuerte sequía, lo que repercute en la producción y en la calidad del producto final.

1.362 El riego contribuye a tener mejores rendimientos, una mayor superficie de la hoja, un crecimiento vegetativo más fuerte y frutos más grandes.

1.363 Las opiniones de expertos difieren en lo que respecta al impacto del riego en la calidad del vino, especialmente en los vinos tintos. La opinión más difundida es que forzar altos rendimientos tiene un efecto negativo respecto a la calidad del vino. Otra opinión es que hay un límite de rendimiento para un vino de alta calidad. Existen otros expertos que afirman que los mayores rendimientos no tienen ningún efecto sobre la calidad del vino.

Gestión del riego

1.364 La aceptación de que el concepto del riego de las uvas ya no es más tabú ha abierto el campo de la experimentación del riego de las uvas para vino. Se han desarrollado tecnologías nuevas y eficientes y se están probando nuevos métodos de gestión del riego que no tienen efectos negativos sobre la calidad del vino. La combinación de estas nuevas tecnologías y métodos de gestión han producido muy buenos resultados.

Riego controlado

1.365 El agua es aplicada de acuerdo al Coeficiente del Cultivo (Kc) estacional aceptado en la región.

Riego regulado deficitario

1.366 Durante la etapa fenológica del envero (el período de transición entre el crecimiento del fruto hasta el final de la etapa de madurez), la planta sufre estrés cuando se le brinda menos agua que la estipulada de acuerdo a ETo x Cs. El riego durante esta etapa está estrictamente controlado. El Riego Deficitario Controlado utiliza menos agua, esto produce un mejor follaje, lo que a su vez tiene muchas ventajas para la obtención de un vino de mejor calidad.

Riego Suplementario

1.367 Las viñas requieren agua solo durante etapas cortas y críticas desde el punto de vista fenológico. Bajo condiciones suplementarias de riego, el agua es aplicada solamente durante las etapas fenológicas bien seleccionadas, en cantidades limitadas y por tiempo limitado. La tecnología óptima y la cantidad adecuada de agua son factores clave para obtener los mejores resultados.

Datos de Gestión del riego

1.368 A pesar de que los métodos utilizan cantidades reducidas de agua, no se han registrado efectos adversos sobre la producción o calidad.

- Bien aplicado, y bien manejado el riego deficitario puede simultáneamente conservar agua, mejorar la aclimatación fría, controlar el vigor y mejorar la calidad del fruto
- De acuerdo a los profesionales, el riego es la mejor herramienta para mantener la calidad y el rendimiento del vino, aún bajo condiciones hídricas deficitarias.

Prácticas de riego y cantidades

1.369 Como resultado del crecimiento de la demanda de mercado respecto a más calidad y cantidad de productos, se ha dado cada vez más énfasis al riego a efecto de conseguir estos objetivos.

1.370 Hay un cierto número de métodos de riego para uvas que incluyen a los sistemas de riego superficial, por aspersión y por goteo. Estas técnicas de riego difieren no solo en su costo, sino principalmente en la eficiencia en el uso del agua. A medida que el agua de riego se vuelve cada vez más escasa a nivel mundial, los goteros y microaspersores, muy eficientes en el manejo del agua, están ganando terreno en el riego de viñedos

1.371 La cantidad de agua disponible es solo uno de los temas importantes. La calidad del agua (un alto valor de la salinidad) es un problema importante que necesita ser considerado y controlado. Las diversas técnicas de riego mencionadas, abordan el tema del control de la salinidad de una forma diferente.

Gestión del agua

1.372 El requerimiento de agua del viñedo depende no solo del clima, sino además se debe de tener en cuenta el rendimiento esperado, las variedades de uva y la calidad del vino. La gestión específica del agua debe ser realizada de acuerdo a la ubicación del viñedo, a la variedad de la uva y a la experiencia específica del agricultor.

1.373 Hay tres etapas principales a tener en cuenta:

a) **Primera etapa:** etapa que va desde el inicio de la brotación hasta la formación de los frutos. El riego debe facilitar el crecimiento.

b) **Segunda etapa:** etapa que cubre desde el final de la formación de los frutos hasta el envero. Se debe reducir el riego para reducir el crecimiento.

c) **Tercera etapa:** etapa que empieza desde el envero y finaliza en la madurez del cultivo. Se debe ajustar el riego para minimizar o evitar el crecimiento vegetativo.

1.374 Lineamientos de riego para viñedos jóvenes

- Intervalos de riego: una vez cada 7 días
- Cantidad de agua por riego:
  - Primer año: 50–70 m^3/ha
  - Segundo año: 50–90 m^3/ha
  - Tercer año: 60–100 m^3/ha

Riego en olivo

1.375 El olivo es uno de los cultivos más antiguos de la humanidad, es altamente resistente a la sequía, son más de 2,000 cultivares conocidos. La productividad en sistemas de cultivos tradicionales es relativamente baja, la productividad puede aumentar de 4 a 5 veces en sistemas intensivos.

1.376 La especie necesita elevada radiación lumínica, baja humedad atmosférica, temperaturas no rígidas y tierras semi pesadas, bien drenadas para no producir asfixia radical. Esta especie presenta características morfológicas, anatómicas y fisiológicas que la hacen resistir en condiciones de carencia hídrica. Se puede considerar que el consumo diario de un árbol adulto de olivo en buenas condiciones es de aproximadamente 1.0-1.2 litros de agua por m^2 de superficie foliar.

1.377 La mayoría de los huertos de olivo de la zona mediterránea no reciben riego artificial. Los que sí lo tienen, emplean métodos como: inundación, surcos, aspersión, mini o micro aspersión, goteo colgante, goteo en superficie y, durante los últimos años, se ha incorporado riego por goteo subterráneo. En los huertos con riego por goteo de superficie, se encuentran diferentes metodologías de aplicación. En la mayoría de los casos, se coloca sobre el suelo una tubería por cada hilera de árboles. También es frecuente el uso de dos tuberías con goteros por hilera de plantación.

1.378 En algunos huertos, la tubería con goteros se cuelga de los árboles para permitir el paso de la maquinaria en el sentido perpendicular a las hileras de plantación.

1.379 Recientemente, se ha notado un incremento en el uso de sistemas de riego por goteo subterráneo.

Relación riego/producción

1.380 Tasas de aplicación de agua del orden de 120 a 180 litros por planta día funcionan bien en sistemas de cultivos tradicionales, un buen suministro de agua provoca:

- Aumento del calibre de las olivas y crecimiento de brotes
- Altas producciones es el resultado de un mayor número de frutos por árbol, un mayor calibre de las olivas y un menor añerismo
- Es muy importante la interacción entre la oportunidad del riego y el estado fenológico
- Mayor volumen de raíces

Requerimiento hídrico del olivo esta en base a:

- Tamaño de la planta (edad, vigor)
- Densidad de plantación

- Clima (Evapotranspiración potencial)
- Propiedades físico hídricas del suelo
- Criterios de riego
- Método de riego utilizado

Tabla 19. Costo aproximado por Hectárea de Sistema de Riego por Goteo

Categoría	Costo *(pesos)*	Observaciones
Sistema de Riego Goteo	$60,000 a $65,000	*El costo del sistema, puede variar debido al equipo de filtración, y al tipo de emisor que se desee utilizar. *No incluye costo de equipo de bombeo

Conclusión

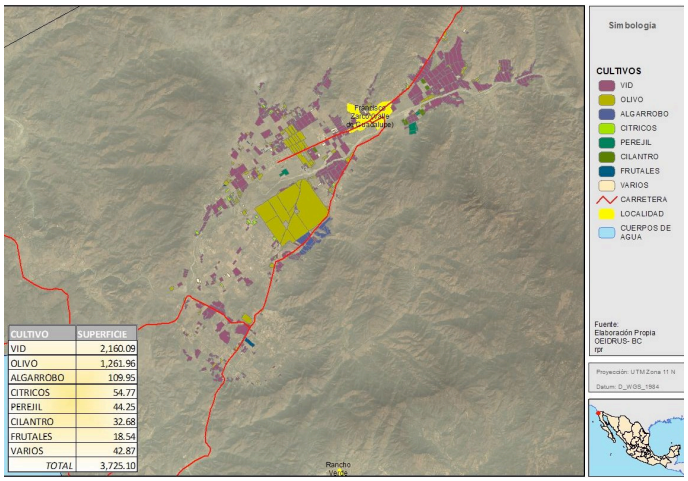
1.381 Para el cultivo de la vid y de olivo el sistema de riego por goteo es la mejor opción. Se recomienda la utilización de goteros de cilindro, sobre manguera ciega, aunque otra opción es el uso de manguera con gotero integrado. La elección de cualquiera de estas 2 opciones debe de realizarse con base en las necesidades particulares del predio, el marco de plantación del cultivo y las necesidades de cada productor.

Viabilidad económica-financiera

Cultivos

1.382 Los cultivos predominantes en el Valle de Guadalupe son del tipo mediterráneo: vid, olivo, hortalizas y frutales. Una de las actividades impulsada de manera significativa en la región es la industria vitivinícola. En el año 2015, la región del Valle de Guadalupe estaba conformada por una superficie sembrada de 3,725 has. En la siguiente figura se muestra la localización por tipo de cultivo.

Figura 18. Distribución de los cultivos



Fuente: (Secretaría de Fomento Agropecuaria, 2015)

1.383 De acuerdo con información de la SAGARPA, la superficie sembrada de riego considera 2,608 has, mientras que la superficie de temporal es de 2,687.6 has. En la siguiente tabla se muestra de manera detallada la superficie sembrada por ciclo y modalidad.

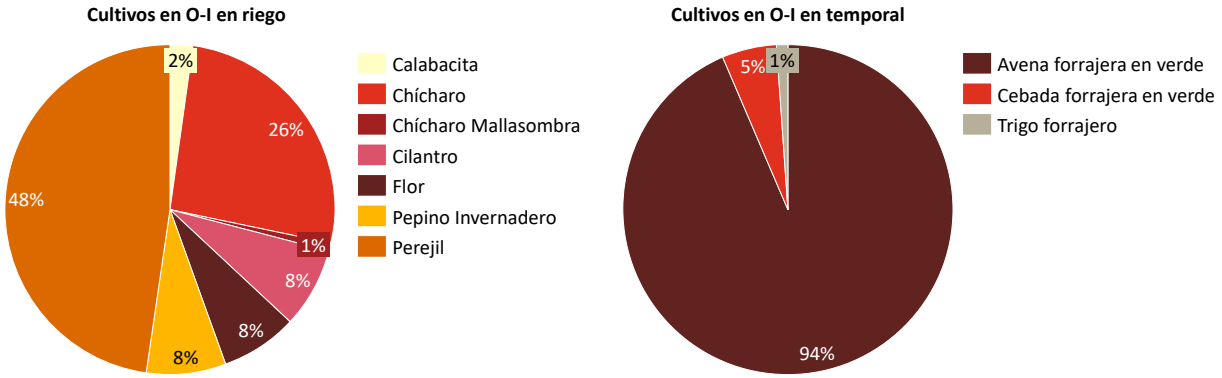
Tabla 20. Superficie sembrada por temporal y modalidad

Ciclo	Riego	Temporal	Total	%
O-I	131.8	1,439.5	1,571.3	29.7%
P-V	108.1	0.00	108.1	2.0%
NN	2,368.8	1,248.1	3,616.2	68.3
Total	2,608.7	2,687.7	5,296.4	100.0

Fuente: (Secretaría de Fomento Agropecuaria, 2015)

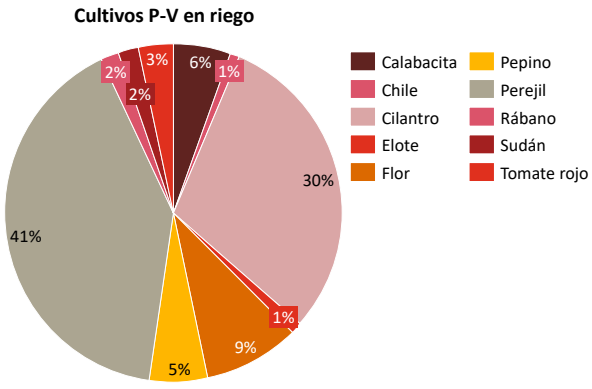
1.384 En el ciclo Otoño-Invierno en la superficie de riego, los cultivos de temporal que ocupan la mayor parte de la superficie (más del 70%) son el perejil y el chícharo, los cuales abarcan el 75% de la superficie sembrada. Por su parte en la superficie de temporal para el mismo ciclo, el cultivo de mayor importancia es la avena forrajera en verde, la cual ocupa el 93.6% de la superficie, lo cual se traduce en 1,347 has. En las siguientes gráficas se muestra un resumen de los cultivos presentes en el ciclo Otoño-Invierno por modalidad.

Figura 19. Cultivos en O-I por modalidad



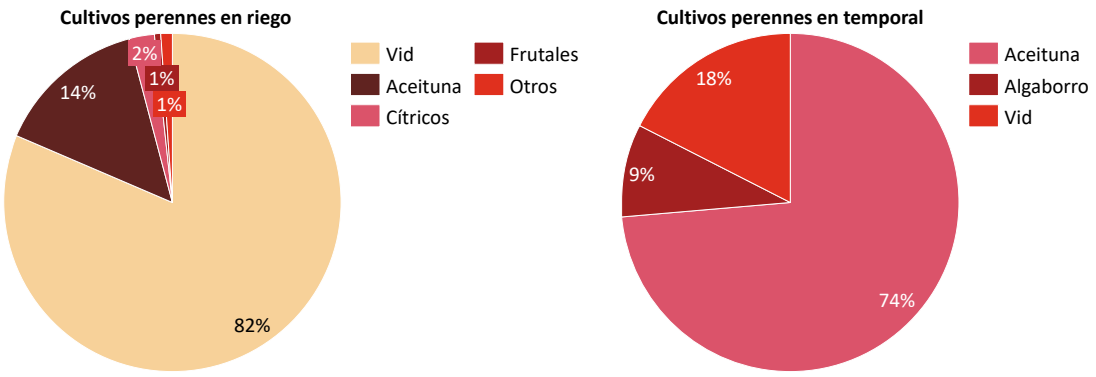
1.385 En el ciclo Primavera-Verano únicamente se tienen cultivo en superficie de riego, cuyos principales cultivos son el perejil y el cilantro, los cuales abarcan más del 70% de la superficie sembrada. En la siguiente gráfica se muestra el detalle de los cultivos en el ciclo mencionado.

Figura 20. Cultivos en P-V en superficie de riego



1.386 Finalmente, en la región hay presencia de cultivos perennes, entre los que destacan la vid y la aceituna en superficie de riego, ya que ocupan más del 95% de la superficie. Por su parte, en superficie de temporal destacan la vid y la aceituna, abarcando más del 90% de la superficie.

Figura 21. Cultivos perennes por modalidad



1.387 En términos generales, los cultivos que abarcan la mayor parte de la superficie son la vid, la avena forrajera y la aceituna con una participación del 41%, 25% y 24%, respectivamente. Tal como se muestra en la siguiente tabla

Tabla 21. Superficie sembrada por principales cultivos

Cultivo	Superficie	Ocupación
Vid	2,160.1	41%
Avena Forrajera	1,347.5	25%
Aceituna	1,261.9	24%
Otros	526.8	10%
Total	**5,296.4**	**100%**

Fuente: (Secretaría de Fomento Agropecuaria, 2015)

1.388 De acuerdo con estimaciones realizadas a partir de información de la SAGARPA, la productividad promedio de la región de Ensenada para el cultivo de vid es de 5.8 ton/ha, mientras que el de la avena forrajera es de 9.1 ton/ha y el de la aceituna es de 4.0 ton/ha.

1.389 Por lo anterior, en el Valle de Guadalupe para el cultivo de vid se tuvo una producción de aproximadamente 12,450 toneladas. Por su parte, la aceituna tuvo una producción de aproximadamente 12,273 toneladas, mientras que la producción de avena forrajera verde fue de 5,047 toneladas.

1.390 El valor total de la producción de estos tres cultivos es de aproximadamente $179.8 mdp, de los que $146.7 mdp provienen de la producción de uva. Si bien, la superficie para la producción de aceituna es similar a la de avena forrajera, el valor de producción de la primera es 3.5 veces mayor, por lo que el valor de la producción de la aceituna es de $25.8 mdp, mientras que el de la avena es de $7.2 mdp. En la siguiente tabla se muestra un resumen de lo mencionado.

Tabla 22. Producción y valor de la producción de los principales cultivos del Valle de Guadalupe

Cultivo	Superficie	Productividad (ton/ha)	Producción total	Valor de la producción ($/ton)	Valor de la producción (pesos)
Vid	2,160.0	5.8	12,451.7	$11,787	$146,771,186
Avena Forrajera	1,347.5	9.1	12,273.5	$589	$7,231,264
Aceituna	1,261.9	4.0	5,047.8	$5,113	$25,808,344
Total	**4,769.5**		**29,773.0**		**$179,810,793**

Fuente: Estimación propia con base en información de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación y de la Secretaría de Fomento Agropecuario.

1.391 La fuente de suministro de agua para los cultivos del Valle de Guadalupe es el Acueducto Guadalupe, el cual se encuentra a 37 km de la Ciudad de Ensenada. Este acuífero es la principal fuente de abastecimiento de agua de uso urbano de la Ciudad de Ensenada y la única de sus localidades y de la producción agrícola del Valle de Guadalupe. Sin embargo, el acuífero se encuentra en condiciones de sobreexplotación.

1.392 En un estudio realizado por la CONAGUA se menciona que no existe volumen disponible para otorgar nuevas concesiones, ya que existe un déficit anual de 12.05 millones de m^3 que se extraen del almacenamiento no renovable del Acuífero. En la siguiente tabla se muestra el balance de oferta y demanda de agua del Acuífero Guadalupe en el año 2013.

Tabla 23. Balance de Oferta-Demanda de agua en el Acuífero Guadalupe

Millones de m^3 anuales	Concepto	Conagua (2013)
Oferta	**Recarga total media anual** Recarga natural: 23.90 Recarga inducida: 2.50	**26.40**
Demanda	**Descarga anual comprometida:** Salida de agua subterránea: 0.40 Evapotranspiración: 1.0	**1.40**
	Volumen concesionado de aguas subterráneas: Uso agrícola: 25.20 Otros: 11.85	**37.05**
Oferta - Demanda		**-12.05**

Fuente: (Grupo de Economistas y Asociados, 2015)

1.393 Los principales cultivos de la región demandan en promedio al año, 5,500 m^3/ha para el vid y 7,500 m^3/ha para el olivo. En relación al forraje verde no se cuenta con información disponible. Por lo que estos cultivos demandan de manera anual, aproximadamente, 21.3 millones de m^3.

Tabla 24. Balance de Oferta-Demanda de agua en el Acuífero Guadalupe

Cultivo	Superficie	Volumen de agua *(m^3/ha)*	Volumen total *(m3/anuales)*
Vid	2,160	5,500	11,880,495
Aceituna	1,261	7,500	9,464,700
Total	**3,422**		**21,345,195**

Fuente: Estimación propia con base en información proporcionada por CONAGUA

1.394 Dada la disponibilidad de agua proveniente del acuífero, se puede observar que existe una clara escasez de agua para garantizar una productividad óptima de los cultivos. La escasez de agua en el Valle de Guadalupe ha limitado el crecimiento de las actividades económicas de la región, en particular las agrícolas, ya que el agua disponible para los cultivos no se encuentra en un nivel óptimo.

1.395 La uva para vino de mesa es uno de los cultivos de mayor producción en el Valle de Guadalupe, en el que se produce el 45% del vino nacional y también uno de los más afectados por la escasez de agua, ya que su crecimiento no ha sido a la par de la demanda nacional de vino.

1.396 En México, entre 2003 y 2014 el consumo de vino se duplicó, mientras que en el Valle de Guadalupe la producción se incrementó solo 23%, es decir, 2% anual. De seguir esta tendencia, se estima que la participación de la producción nacional en el consumo de vino se reduciría de 41% en 2014 a 16% en 2048.

1.397 Otro de los efectos de la escasez de agua es la poca oportunidad que da a los agricultores de la zona para expandirse. De acuerdo a información proporcionada por CONAGUA, algunos productores de la región (vid, olivo y forraje) han manifestado su interés de incrementar la superficie de siembra hasta 5,000 has, actualmente estos productores poseen 1,500 has. Lo anterior se traduciría en un incremento en la demanda de agua de 25 millones de m^3 anuales, por consiguiente la producción se incrementaría y con ello la actividad vitivinícola experimentaría un mayor crecimiento.

1.398 El no atender las demandas de la zona implica una pérdida sistemática de la producción, principalmente del vino de la Región del Valle de Guadalupe en el total nacional y un desaprovechamiento del posicionamiento de ese producto en los mercados que se han ganado en los últimos 50 años.

1.399 El análisis mostrado indica el alto potencial económico de la región, así como las oportunidades existentes para la creación de valor y crecimiento económico que propicia a su vez desarrollo de la región. Por lo que el aprovechamiento de otras fuentes de abastecimiento de agua resulta vital para sostener el crecimiento de la región.

1.400 La viabilidad financiera del proyecto consideró la elaboración de un modelo financiero con el objetivo de determinar la rentabilidad del proyecto como APP. La viabilidad considera la evaluación de 4 escenarios para identificar la sensibilidad del proyecto ante cambios en diversas variables.

1.401 Al respecto, es importante mencionar que los supuestos básicos de inversión, plazo, operación y mantenimiento, así como los supuestos financieros del proyecto son los mismos entre los 4 escenarios. De esta forma, las variables de cambio son la demanda de agua sobre la que se estiman los ingresos y la participación del gobierno en el financiamiento del proyecto, a través del pago de una subvención, ninguno de los escenarios considera pago por disponibilidad.

1.402 A continuación se detallan los supuestos utilizados en cada uno de los escenarios planteados.

Escenario Base

1.403 A continuación se mencionan los supuestos básicos de plazo, inversión y operación y mantenimiento del escenario Base.

Tabla 25. Supuestos básicos del proyecto de Valle de Guadalupe

Componente	Supuesto	Unidades
Plazo de construcción	31	meses
Plazo de operación	27	años
Inversión	$2,049.7	millones de pesos
Costos de Operación y Mantenimiento (anual)	$60.0	millones de pesos

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por Conagua

1.404 El modelo considera el financiamiento del proyecto a través de deuda y capital de riesgo, a continuación se muestran los supuestos empleados sobre la estructura financiera y términos del crédito.

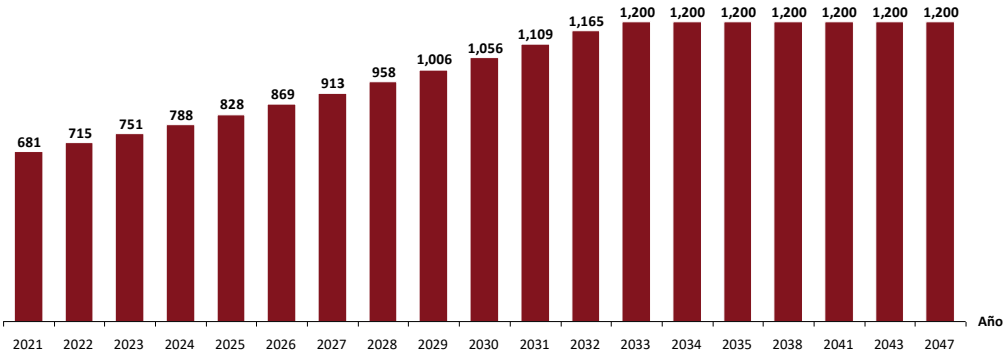
Tabla 26. Supuestos financieros del proyecto

Componente	Supuesto	Unidades
Capital de Riesgo	30%	%
Deuda	70%	%
Cierre financiero	5	meses
Tasa de interés	11.5%	%
Plazo del crédito	15	años
Comisiones (porcentaje del crédito)	3%	%
Fondo de reserva del servicio de la deuda	3	meses

Fuente: Elaboración propia con información proporcionada por Conagua

1.405 La única fuente de pago del Proyecto es a través de las cuotas que pagarán los agricultores por el suministro de agua proveniente de las plantas de tratamiento. Para efectos de la evaluación se consideró una cuota de $9.5/$m^3$, con la siguiente curva de demanda de agua, la cual representa la demanda máxima de agua a lo largo del proyecto, es decir, se supuso que los agricultores demandarán toda el agua de la plantas de tratamiento al precio dado. La curva considera que la capacidad máxima de las plantas de tratamiento se alcanza hasta el año 2033, lo cual se muestra en la siguiente figura.

Figura 22. Proyección de demanda de agua máxima en el escenario base.
(m^3/anuales)



Fuente: Conagua

1.406 Los resultados muestran que el Proyecto requiere un monto de capital de riesgo de $770 mdp, mientras que la deuda es de $1,564 mdp, incluyendo costos financieros, los cuales son del orden de $284mdp.

1.407 Se supuso un periodo de 5 meses de cierre financiero, durante los cuales la inversión se cubrirá únicamente a través de capital de riesgo, a partir del mes 6 se hacen aportaciones de deuda y capital en paripassu, 70% y 30% respectivamente.

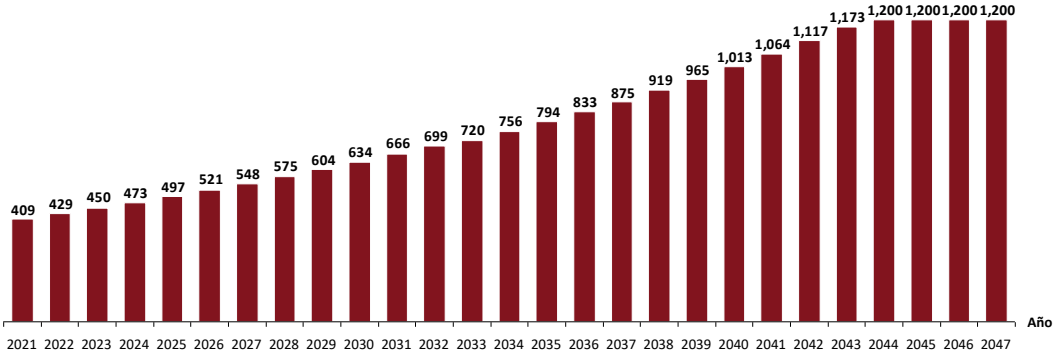
1.408 Con los supuestos que se han considerado para el Escenario Base se alcanza una TIR de 10.55%.

Escenario Dos

1.409 La diferencia entre este escenario y el Escenario Base es que este considera una curva de demanda de agua menor o demanda mínima, es decir, los agricultores no hacen uso de toda el agua disponible por lo que ésta se almacena en la presa, por lo tanto los ingresos son menores. El resto de los supuestos se mantiene igual que en el Escenario Base, incluyendo la cuota de $9.5/$m^3$.

1.410 En la siguiente figura se observa que la demanda máxima se alcanza hasta el año 2044, mientras que en el Escenario Base se alcanza en el año 2033.

Figura 23. Proyección de demanda de agua mínima en el escenario dos.
(m^3/anuales)



Fuente: Elaboración propia.

1.411 Con los supuestos que se han considerado el Escenario Dos alcanza una TIR de 6.56%

Escenario Tres

1.412 En este escenario se ha contemplado la participación del gobierno en el financiamiento de la inversión inicial del proyecto a través de una subvención. La demanda de agua es la misma que en el Escenario Dos (demanda mínima). El resto de los supuestos es igual que los utilizados en el Escenario Base, incluyendo la cuota de $9.5/m^3$.

1.413 La participación del gobierno representa el 80% de la inversión ($1,559,7 mdp), el resto de la inversión se mantiene con una estructura 70% Deuda y 30% Capital. Por lo que, el proyecto es más rentable al disminuir el monto de deuda de $1,562 mdp (Escenario Base) a $312 mdp, incluyendo $56 mdp de costos financieros.

1.414 Si bien los ingresos de este escenario son menores en comparación con los obtenidos en el escenario base, la participación del gobierno provoca que la inversión a financiar sea menor y que el periodo de recuperación de la inversión sea también menor, por lo que el proyecto es más rentable con una TIR de **11.86%.**

Escenario Cuatro

1.415 La variable de cambio de este escenario es la demanda de agua y la participación del gobierno, ya que considera la demanda de agua máxima, es decir, la que se utilizó en el Escenario Base y una subvención del proyecto del 30% de la inversión inicial. El resto de los supuestos es igual que los utilizados en el Escenario Base, incluyendo la cuota de $9.5/m^3$.

1.416 Una subvención del 30% de la inversión se traduce en $584 mdp, incluyendo $197 mdp de costos financieros, es decir el crédito se reduce en 63%, ya que en el escenario base era de $1,562 mdp.

1.417 Por su parte los ingresos son del orden de $18,980 mdp. Con esta estructura la TIR es de 11.72%.

Resumen de los escenarios de viabilidad financiera

1.418 En la siguiente tabla se resumen los principales resultados de los 4 escenarios analizados.

Tabla 27. Resumen de los escenarios de viabilidad financiera del proyecto

Variable	Escenario Base	Escenario dos	Escenario tres	Escenario cuatro
Monto de inversión	$2,049.68	$2,049.68	$2,049.68	$2,049.68
Crédito	$1,562.20	$1,562.20	$312.44	$1,093.54
Costos financieros	$282.04	$282.04	$56.41	$197.43
Capital de Riesgo	$769.52	$769.52	$233.90	$568.66
Subvención del Gobierno	0%	0%	80%	30%
Subvención del Gobierno	$0.00	$0.00	$1,559.74	$584.90
Ingresos	$18,980.57	$15,065.03	$15,065.03	$18,980.57
Costos de operación y mantenimiento	$3,389.50	$3,389.50	$3,389.50	$3,389.50
Demanda de agua	Máxima	Mínima	Mínima	Máxima
TIR	**10.6%**	**6.6%**	**11.9%**	**11.7%**

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

1.419 Los resultados mostrados indican que el Proyecto es altamente sensible a cambios en la demanda de agua y además la participación del gobierno en la inversión inicial es un punto clave para garantizar la rentabilidad del proyecto.

1.420 También se puede concluir que es necesaria la participación del gobierno para reducir la inversión inicial del proyecto, ya que de otra forma no es financieramente viables, excepto por el escenario base, aunque se debe señalar que bajo el escenario base se asume que los usuarios demandarán el 100% del agua disponible.

PROYECTO "PTAR ATAPANEO", MORELIA, MICHOACÁN

Viabilidad técnica

1.421 El proyecto consiste en ampliar la PTAR Atapaneo para incrementar su capacidad instalada a 1,800 lps aprovechando las instalaciones existentes. Con la ampliación de la planta se pretende atender las necesidades de tratamiento de agua residual de Morelia de mediano y largo plazo. Además, el OOAPAS de Morelia plantea un programa de tecnificación y modernización de los sistemas de riego en área de los módulos II, III y IV del Distrito de Riego 020 para maximizar el uso del agua. Incluso se ha propuesto el entubamiento del agua tratada desde la descarga de la PTAR Atapaneo hasta el inicio de cada uno de los módulos y la red de distribución interparcelaria.

1.422 Con la construcción del acueducto se pretende obtener una eficiencia de conducción de 65% a 90%, reduciendo la lámina bruta de 56.7 cm a 40.9 cm, lo que permite regar 12,477 has (Módulos II al IV) y un total de 16,179 has para el Distrito de Riego 020.

1.423 El suministro de agua residual tratada del acueducto brindaría los siguientes beneficios a los productores agrícolas:

- Al adoptar un riego no restringido mejora de la calidad del agua, lo que posibilitará el cambio a cultivos de alto valor de mercado, como las hortalizas.
- Abastecimiento de agua las 24 horas y 365 días del año.
- Con el entubamiento del agua se alcanzará una eficiencia de conducción cercana al 90%.
- Aumento sustancial de las eficiencias de distribución y aplicación parcelaria con la tecnificación del riego, contemplada en el Proyecto.
- Reducción de la sobreexplotación del acuífero Morelia-Queréndaro.

1.424 Actualmente la tecnificación de riego es mínima, lo cual se refleja en la falta de nivelaciones de tierra y preparación adecuada de terrenos, predominando el método de riego tradicional superficial por gravedad. Se estima una eficiencia de conducción del Distrito de Riego de 65%, de distribución del orden del 60%, y eficiencias de aplicación a nivel parcelario de 45%.

Línea de conducción

Sistema de conducción mediante tuberías

1.425 Para los sistemas de agua se fabrican tuberías de diversos materiales como son acero, fibrocemento, concreto presforzado, PVC, hierro dúctil, polietileno de alta densidad, PRFV y fierro galvanizado, por mencionar algunos.

1.426 Actualmente, se dispone de una gran cantidad de plásticos para uso en la agricultura. Los canales entubados con plásticos representan condiciones económicas y de instalación favorables sobre los tubos de concreto y otros materiales. Las tuberías deben seguir en general, el perfil del terreno y se colocan de la manera más favorable en cuanto al costo de construcción y presión resultante. Definido el perfil de la tubería, se instala prestándose particular atención a la línea de gradiente hidráulico. Cuando más se adapte el perfil a este gradiente hidráulico, menor será la presión en la tubería, lo que da como resultado un menor costo de la misma. Las grandes presiones pueden evitarse, a veces, rompiendo la continuidad de las tuberías con aliviadores o depósitos auxiliares.

Tuberías de PRFV

1.427 Una problemática que presentan las tuberías metálicas, es la corrosión si se instalan en suelos poco aireados, mal drenados y de baja resistividad. El proceso de corrosión también se acelera ante la presencia de bacterias reductoras de sulfatos.

1.428 Todos estos problemas se pueden aminorar e incluso eliminar mediante una cuidadosa selección de materiales resistentes a la corrosión, o a través de la incorporación de sistemas de protección anticorrosiva en el propio diseño de la tubería.

1.429 Las tuberías de PRFV son una buena solución, ya que son resistentes a la corrosión.

Propiedades y ventajas principales

a) Resistentes a la corrosión

- Larga vida útil.
- No necesita revestimientos, recubrimientos, protección catódica u otros medios de protección contra la corrosión.
- Bajos costos de mantenimiento.
- Propiedades hidráulicas que se mantienen constantes con el paso del tiempo.

b) Alta resistencia mecánica

- Resistencia a altas presiones.
- Resistencia a la abrasión.
- Una celeridad de onda menor de la que se obtiene con tuberías de otros materiales redunda en una reducción de costos en los diseños para sobrecargas de presión por golpe de ariete.

c) Superficie interior lisa

- Bajas pérdidas por rozamiento suponen menores exigencias de energía de bombeo y menores costos operativos.
- Una menor acumulación de lodos ayuda a reducir los costos de limpieza

1.430 Los tubos fabricados con PRFV presentan una gran resistencia a la corrosión, lo que los hace especialmente adecuados para su empleo en ambientes o con fluidos agresivos (aplicaciones industriales). No obstante, su empleo es cada vez más habitual en conducciones de agua para abastecimiento, riegos, saneamientos, etc., debido a sus precios competitivos en diámetros medios.

Sistemas de riego

1.431 En información proporcionada se señala que en los últimos 15 años agrícolas el 90% o más de la superficie cosechada del DR-20 ha sido destina a cuatro cultivos: maíz, sorgo, trigo y alfalfa, predominando el maíz con la mitad de toda la superficie.

1.432 Actualmente el excesivo tamaño de la lámina bruta es resultado de la baja eficiencia de conducción y distribución, predominando el riego superficial por gravedad. Con el Proyecto se tendría una pequeña reducción de la superficie regable, la cual se compensaría con las segundas cosechas (aprovechando el abasto continuo) y el aumento del valor cosechado por la reconversión a cultivos de mayor precio de mercado (frutillas y hortalizas), factibles con la mejor calidad del agua.

Clasificación y características principales de los sistemas de riego

1.433 Según la energía requerida para la captación y distribución del agua, los sistemas de riego pueden ser clasificados en:

a) Gravedad: el agua es captada y distribuida contando con la energía generada por el diferencial de altura entre el punto de captación y el área de regadío.

b) Aspersión: el agua es distribuida a través de aspersores, los cuales producen gotas de agua de diferentes tamaños, imitando una precipitación natural. Los sistemas de riego por aspersión se pueden, genéricamente, clasificar en sistemas estacionarios, móviles y autopropulsados. En los sistemas estacionarios, los aspersores permanecen en una posición fija mientras dura la aplicación del agua.

1.434 En las instalaciones móviles de desplazamiento continuo, los aspersores funcionan mientras se mueven de forma independiente o junto con las tuberías donde van montados, siguiendo una trayectoria lineal o circular. Dentro de los sistemas estacionarios, se incluyen los que se desplazan de una posición de riego a otra, ya sea a mano, tirados por tubería flexible, o de forma mecanizada, como es el caso de las tuberías con ruedas, que se denominan sistemas de desplazamiento discontinuo. Los sistemas estacionarios incluyen también las instalaciones fijas, de cobertura total. Los sistemas móviles, con desplazamiento continuo, son los sistemas de pivote, los laterales de avance frontal y los cañones tirados por una tubería con enrollador o tirados por cable.

a) Goteo: El agua es distribuida de manera localizada por gotas, a través de goteros instalados en mangueras de goteo o tuberías de distribución. El agua se aplica localmente sólo donde las raíces del cultivo se desarrollan, por lo que los sistemas de riego por goteo pueden regar algunos cultivos con una cantidad de agua inferior a la que necesitarían otros métodos de riego. El riego localizado no favorece el crecimiento de malas hierbas, porque una parte de la superficie del suelo no se moja con el agua del riego, lo que aumenta la eficiencia y reduce los costos de las operaciones de control de hierbas. Este tipo de riego es significativo cuando es necesario hacer frente a la escasez o a un alto precio de agua. En los sistemas de riego por goteo se aplica agua en pequeñas cantidades en forma controlada a la zona radicular de las plantas, esto lo hace ideal para cultivos de hortalizas. Hoy en día, el riego por goteo se conoce como el método más preciso, eficiente y práctico para suministrar agua y nutrientes a los cultivos.

1.435 Los sistemas de aspersión y goteo utilizan dispositivos de emisión o descarga en los que la presión disponible en el ramal induce un caudal de salida. La diferencia entre ambos métodos radica en la magnitud de la presión y en la geometría del emisor.

1.436 Una comparación entre los diferentes sistemas de riego, en relación a variables de carácter técnico-agronómico, social y económico, puede ayudar a la toma de decisión acerca de qué tipo de sistema implementar en un determinado proyecto.

Adaptación a los cultivos

a) Inundación: se adapta mejor al cultivo que permite la inundación total y a aquellos cultivos cuyo espaciamiento entre hileras posibilita la construcción de camellón y del surco.

b) Aspersión: se adapta mejor a aquellos cultivos que ocupan toda el área del terreno o que poseen espaciamiento pequeño, cuyos sistemas radiculares ocupan todo el volumen del suelo sembrado, por ejemplo, los pastos. No es un sistema adecuado para cultivos altos o frondosos

c) Goteo: se adapta mejor a cultivos de mayor espaciamiento, cuyos sistemas radiculares no ocupan todo el volumen del suelo y, por lo tanto, el riego localizado es más eficiente. El tipo de cultivos (altos, frondosos o bajos), no tiene importancia para el riego por goteo. Es ideal para zonas donde el agua es escasa.

Adaptación a las características del terreno

a) Inundación: se adapta mejor en terrenos planos o semi planos, normalmente aluviones a las orillas de ríos y quebradas (vegas). En áreas altas y con más pendiente las dificultades para conducir y distribuir adecuadamente el agua son muy grandes. Además, los riesgos de erosión son elevados.

b) Aspersión: se adapta mejor a terrenos planos o semi planos. A medida que aumenta la pendiente se incrementa el riesgo de erosión debido al desprendimiento de partículas de suelo que causa el impacto de gotas. Además, a medida que aumenta la pendiente la distribución del agua es cada vez más desigual, formando un círculo de menor radio del lado superior del aspersor, donde se aplica más agua y con mayor presión. En áreas con pendiente se recomienda utilizar aspersores que producen gotas pequeñas y que requieren menos carga o presión.

c) Goteo: estos sistemas se adaptan bien a terrenos de cualquier pendiente.

Eficiencia de riego (relación del agua benéficamente utilizada en los cultivos)

Tabla 28. Eficiencia por tipo de riego

Tipo de riego	Eficiencia de riego
Inundación	Las eficiencias en dicho sistema son considerablemente bajas van de un 40% a un 65%. Es el sistema que consume más agua, por ello deberían de ser evitados, principalmente donde el agua es escasa.
Aspersión	El sistema de riego por aspersión presenta eficiencias entre un 80% - 85%.
Goteo	Los sistemas de riego por goteo presentan la mejor eficiencia que va de un 90%-95%.

Consumo de agua

Tabla 29. Consumo de agua

Tipo de riego	Eficiencia de riego
Inundación	Es el que más consume agua, por lo tanto, deberían de ser evitados, principalmente donde el agua es escasa.
Aspersión	Utiliza menos agua que los sistemas por inundación, pero prácticamente consumen el doble de agua que un sistema de riego por goteo.
Goteo	Es el más eficiente en el uso del agua, principalmente si se trata de cultivos de espaciamiento amplio, consumen poca agua y debido a su distribución lenta los cultivos suelen aprovechar mejor el agua.

Utilización de mano de obra

a) **Inundación:** los requerimientos de mano de obra para la construcción y mantenimiento de canales suelen ser altos. Igualmente, en la preparación del terreno y la construcción de camellones y surcos. En la operación del riego, se requiere de mano de obra permanente para las operaciones de distribución y control del agua.

b) **Aspersión:** el mayor uso de mano de obra está en la operación del sistema y, más específicamente, en la rotación de los equipos en el terreno en cada turno de riego. En todo caso, esta labor es menos ardua que la requerida para el manejo de los sistemas de inundación, principalmente por surcos.

c) **Goteo:** como se trata de sistemas fijos, gran parte de la mano de obra es utilizada en la instalación del equipo. La operación consiste en una visita diaria para inspeccionar el sistema y, en particular, el funcionamiento de los microaspersores o goteros.

Tabla 30. Indicadores de sostenibilidad

Indicadores de sensibilidad	Sistema de riego		
	Inundación por surco	Aspersión	Goteo
Inversión inicial	Baja	Media	Alta
Utilización de mano de obra en la operación	Alta	Media	Baja
Riesgo de erosión en zonas de laderas	Alto	Media	Bajo
Necesidad de energía para distribuir el agua	Baja	Alta	Media
Consumo de agua	Alto	Media	Bajo
Control de consumo de agua	Alto	Bajo	Bajo
Transmisión de enfermedades	Alta	Alta	Baja
Posibilidades de generación de conflictos por el agua	Alto	Media	Bajo
Riesgo de ineficiencia energética	Alto	Media	Bajo
Posibilidades de consumo de plaguicidas	Alta	Alta	Baja

*Análisis aproximado del comportamiento de diferentes sistemas de riego según algunos indicadores relacionados a los atributos de sostenibilidad del sistema de producción En los casos en que se utiliza riego por inundación en laderas es de vital importancia lograr la transición al uso del riego por goteo, como primera opción, o a aspersión, como segunda alternativa, si se logran presiones suficientes para el funcionamiento de los aspersores o los goteros.

Aspectos técnicos influyentes en el costo del sistema

1.437 El costo de un sistema de riego por goteo es muy variable y depende fundamentalmente de los siguientes tres factores:

a) **Transportación de agua desde su fuente hasta el campo:** normalmente es el componente más caro del sistema de riego. Depende de la distancia y elevación hacia donde el agua debe ser transportada a través de tuberías. Para el proyecto en cuestión este elemento no es relevante, debido a que se contempla el agua ya en el terreno.

b) **Máxima demanda de agua del cultivo:** se refiere a la cantidad de agua necesaria para cumplir los requerimientos máximos de evapotranspiración del cultivo durante la máxima demanda del cultivo. La demanda está en función de las condiciones climáticas prevalecientes, la cubierta del cultivo y la eficiencia del sistema de riego.

c) **Sistema de filtrado:** es una pieza clave del sistema, ya que evita obstrucción del gotero, la cual se puede dar por partículas suspendidas en el agua (arena, materia orgánica, etc.). Existe una gran variedad de filtraciones en el mercado. Su costo está sujeto al grado de sofisticación y tecnología con que cuenta el sistema.

Tabla 31. Costo de sistema de riego por goteo

Categoría	Costo	Observaciones
Sistema de riego goteo	$ 45,000 a $50,000 MXN	*El costo del sistema, puede variar debido al equipo de filtración y al calibre (grosor) de la cinta a utilizar. *No incluye costo de equipo de bombeo

Tabla 32. Costo de Sistema de Riego por aspersión

Categoría	Costo	Observaciones
Sistema de riego aspersión	$ 40,000 MXN	*No incluye costo de equipo de bombeo

1.438 El sistema de riego por goteo y el de aspersión son viables para cultivos de granos, como los que actualmente se manejan en la zona, pero de igual manera son factibles para cultivos de hortalizas y frutillas. Se recomienda que la elección de cualquiera de los dos sistemas se realice con base en las necesidades particulares del predio, cultivo y de cada productor.

Viabilidad económica-financiera

Cultivos

1.439 El Distrito de Riego 020 se encuentra organizado en cinco módulos (I, II, III, IV y V) en los que se tienen dos ciclos agrícolas Otoño-Invierno (O-I) y Primavera-Verano (P-V), además hay presencia de segundos cultivos y perennes. De acuerdo con información proporcionada por la CONAGUA, en el ciclo 2015-2016 se sembró y cosechó una superficie de 22,783 has, de las cuales los principales cultivos son maíz grano, sorgo grano, trigo grano y alfalfa verde, los cuales abarcan el 45%, 22%, 13% y 10% de la superficie sembrada, respectivamente.

1.440 Si bien la superficie sembrada de alfalfa verde abarca el 10% de la superficie, el volumen de producción representa el 42% (138.1 mil ton) del total, el cual en el ciclo mencionado fue de 325.2 mil toneladas. Por su parte, el maíz y el grano tuvieron una producción de 96 y 41 mil toneladas, respectivamente.

1.441 A partir de los datos mencionados, se estimó la productividad de cada cultivo, con lo que se tiene que los principales cultivos, es decir, el maíz, sorgo, trigo y alfalfa tienen una productividad de 9, 8, 5 y 62 ton/ha, respectivamente.

1.442 Para estimar el valor de la producción del Distrito de Riego 020, se utilizaron precios medios proporcionados por la CONAGUA, con lo que el valor de la producción total es de $854.2 mdp, de los que $747.7 mdp provienen de la venta de los principales cultivos.

1.443 En la siguiente tabla se muestra un resumen de lo mencionado en los incisos anteriores.

Tabla 33. Valor de la producción para el ciclo 2015-2016 del Distrito de Riego Morelia-Queréndaro

Cultivo	Superficie sembrada (Ha)	Rendimiento (ton/ha)	Producción (Ton)	Precio Medio Rural ($/Ton)	Valor de la producción
Maíz Grano	10,205	9	96,515	$3,522	$339,928,537
Sorgo Grano	4,910	8	40,963	$3,433	$140,606,915
Trigo Grano	3,067	5	14,360	$4,195	$60,233,500
Alfalfa verde	2,232	62	138,078	$1,499	$206,997,300
Otros	2,369	14.9	35,282	$3,017	$106,455,945
Total	**22,783**		**325,198**		**$854,222,197**

Fuente: Información proporcionada por la CONAGUA

1.444 Para estimar el beneficio neto de los productores del DR 020, se consideraron los siguientes costos de producción para cada cultivo, los costos se retomaron de la Evaluación Socioeconómica del proyecto del año 2007 publicada por la SHCP. Los costos fueron actualizados al año 2017 con el INPC.

1.445 De acuerdo con dicho documento los costos de producción de los principales cultivos son del orden de $9.3, $9.5, $11 y $15 mil pesos/ton para el maíz, sorgo, trigo y alfalfa, respectivamente, con lo que el costo de la producción es de $236 millones de pesos, en la siguiente tabla se muestra un resumen de los principales cultivos.

Tabla 34. Beneficio neto de los productores para el ciclo 2015-2016 del Distrito de Riego Morelia-Queréndaro

Cultivo	Superficie sembrada *(Ha)*	Costo de producción *($/ha)*	Costo de producción total *(pesos)*	Beneficio total *(pesos)*	Beneficio por hectárea *($/ha)*
Maíz Grano	10,205	$9,335	$95,268,726	$244,659,812	$23,974
Sorgo Grano	4,910	$9,569	$46,983,212	$93,623,703	$19,067
Trigo Grano	3,067	$11,174	$34,271,730	$25,961,770	$8,464

Cultivo	Superficie sembrada *(Ha)*	Costo de producción *($/ha)*	Costo de producción total *(pesos)*	Beneficio total *(pesos)*	Beneficio por hectárea *($/ha)*
Alfalfa verde	2,232	$15,120	$33,747,840	$173,249,460	$77,620
Otros	2,369	$11,173	$26,468,407	$79,987,538	$33,764
Total	**22,783**		**$236,739,915**	**$617,482,282**	

Fuente: Información proporcionada por CONAGUA

1.446 Como se puede observar la rentabilidad de los cultivos es baja en comparación con otros cultivos, como por ejemplo las hortalizas y frutillas con un mayor valor de mercado.

1.447 Para complementar el análisis se revisaron las fuentes de agua disponibles encontrándose que actualmente el Distrito de Riego cuenta con 4 fuentes de abastecimiento de agua: a) presa Cointzio, b) aguas residuales de Morelia, incluyendo las aguas tratadas de Atapaneo, 3) presa Malpais y 4) bombeo de pozos, los que aportan entre 11% y 20% del total. El agua de la presa Cointzio y las aguas residuales son transportadas por el Río Grande a la zona de riego. Debido a la contaminación del agua que conduce el río Grande, el riego está restringido a granos básicos, forrajes y plantas de ornato de baja rentabilidad.

1.448 En lo que respecta a los módulos II al IV, que son los módulos de interés del proyecto, en el año 2016 se abastecieron de 70 millones de m^3: (1) 35 millones de m^3 de la presa y (2) 35 millones de m^3 de la Planta de Atapaneo. Con la ampliación de esta planta se contarán con 16 millones de m^3 adicionales.

1.449 Es importante mencionar que con la puesta en operación del proyecto, la única fuente de suministro de agua para los módulos II al IV será la Planta de Atapaneo, la cual tendrá una capacidad de suministro de 51 millones de m^3 anuales, lo cual es menor al suministro de agua actual (70 millones de m^3) de los módulos de interés.

1.450 Con la puesta en operación del proyecto se reducirá el abastecimiento de agua, sin embargo la calidad de la misma permitirá cosechar cultivos de mayor rentabilidad. Por lo anterior, para estimar la rentabilidad del proyecto, se planteó una sustitución de cultivos de mayor rentabilidad, los cuales es posible cultivar en los módulos de interés: a) Calabacita, b) Fresa, c) Tomate Rojo, d) Chile Verde y e) Zanahoria, además de que estos cultivos han sido sembrados anteriormente en la región.

1.451 Para estimar el número de hectáreas posibles de irrigar, con el agua disponible, se consideraron consumos de agua por tipo de cultivo. Dichos consumos se retomaron de la Evaluación Socioeconómica del proyecto del año 2007, publicada por la SHCP. De esta forma, es posible cultivar una superficie de 2,898 hectáreas, la cual se distribuyó en partes iguales para los 5 cultivos planteados.

Tabla 35. Superficie para irrigación con la planta de Atapaneo

Cultivo	M^3/ha/año	Porcentaje de tierra	Hectáreas
Calabacita	3,469	20%	579.5
Fresa	3,500	20%	579.5
Tomate Rojo	3,700	20%	579.5
Chile verde	3,449	20%	579.5
Zanahoria	3,484	20%	579.5
Total	**17,601**		**2,898**

1.452 El valor de la producción se estimó con base en información sobre productividades y precios promedio observados en los municipios de Morelia, Charo, Álvaro Obregón e Indarapeo, en los que se localizan los módulos de interés del Proyecto; la información es publicada por la SAGARPA. Con estos parámetros se obtuvo un volumen de producción total de 63,852 toneladas, con un valor de $550.8 millones de pesos. Como se puede observar en la siguiente tabla, la fresa es el cultivo más rentable con una productividad de 40 ton/ha con un precio por tonelada de $13,600 pesos.

Tabla 36. Valor de la producción con sustitución de cultivos en los módulos II-IV

Cultivo	Superficie sembrada *(Ha)*	Rendimiento *(ton/ha)*	Producción *(Ton)*	Precio Medio Rural *($/Ton)*	Valor de la producción
Calabacita	579.5	19.48	11,286	$5,635	$63,595,850
Fresa	579.5	40.00	23,180	$13,600	$315,249,889
Tomate Rojo	579.5	9.03	5,235	$9,585	$50,178,514
Chile verde	579.5	20.25	11,735	$5,200	$61,021,716
Zanahoria	579.5	21.43	12,416	$4,893	$60,754,972
Total	**2,898**		63,852		**$550,800,941**

1.453 Para estimar el beneficio neto de los productores, se tomaron los costos de producción por cultivo que se mencionan en la evaluación socioeconómica del proyecto del año 2017., excepto para el cultivo de fresa, el cual se obtuvo del documento "El Sistema Producto de Fresa en Michoacán" del mismo año, publicado por SAGARPA. Los costos fueron actualizados al año 2017 con el INPC.

1.454 De acuerdo a dicha información, el costo de producción de los cultivos es de $304.5 millones de pesos, de los que destaca la fresa con un valor de $224.5 millones de pesos. El beneficio neto total de los productores es de $246.2 millones de pesos. En la siguiente tabla se muestra un detalle de la estimación del beneficio neto por cultivo.

Tabla 37. Beneficio neto de la sustitución de cultivos en los módulos II-IV

Cultivo	Superficie sembrada *(Ha)*	Costo de producción *($/ha)*	Costo de producción total *(pesos)*	Beneficio total *(pesos)*	Beneficio por hectárea *($/ha)*
Calabacita	579.5	$15,884	$9,204,671	$54,391,179	$93,858
Fresa	579.5	$387,572	$224,599,143	$90,650,746	$156,428
Tomate Rojo	579.5	$37,931	$21,980,944	$28,197,570	$48,658
Chile verde	579.5	$52,245	$30,275,916	$30,745,799	$53,055
Zanahoria	579.5	$31,962	$18,522,193	$42,232,779	$72,878
Total	**2,898**		**$304,582,867**	**$246,218,073**	

1.455 La rentabilidad de los cultivos que se proponen es mayor en comparación con los cultivos que se cosechan actualmente, por ejemplo el cultivo actual con menor rentabilidad es el trigo grano con un beneficio por hectárea de $8,464, mientras que con proyecto el cultivo con menor rentabilidad será el tomate rojo con un beneficio por hectárea de $48,658 pesos.

1.456 Si comparamos ambas situaciones (sin proyecto y con proyecto) se puede observar que si bien el beneficio total es mayor actualmente, el beneficio individual de cada productor es mucho menor, al que se tendría con el proyecto. Por ejemplo, si se considera que un productor cuenta en promedio con 3.6 hectáreas, actualmente su beneficio máximo anual es de $279,435 pesos, mientras que con proyecto es de $563,142 pesos.

Tabla 38. Beneficio del productor: Situación actual vs. Situación con proyecto

Sin proyecto			Con proyecto		
Cultivo	Beneficio por hectárea	Beneficio de un productor	Cultivo	Beneficio por hectárea	Beneficio de un productor
Maíz Grano	$23,975	$86,308	Calabacita	$93,858	$337,890
Sorgo Grano	$19,068	$68,645	Fresa	$156,428	$563,142
Trigo Grano	$8,465	$30,474	Tomate Rojo	$48,658	$175,169
Alfalfa verde	$77,621	$279,435	Chile verde	$53,055	$191,000
Otros	$33,764	$121,551	Zanahoria	$72,878	$262,359

1.457 Para evaluar la viabilidad financiera del proyecto se elaboró un modelo financiero con el objetivo de determinar la rentabilidad del proyecto bajo distintos esquemas APP. La viabilidad considera la evaluación de 2 escenarios para identificar la sensibilidad del proyecto ante cambios en diversas variables.

1.458 Al respecto, es importante mencionar que los supuestos básicos de inversión, plazo, operación y mantenimiento, así como los supuestos financieros del proyecto son los mismos entre los 5 escenarios, las variables de cambio son la productividad del agua y la participación del gobierno en el financiamiento del proyecto. Cabe mencionar que ninguno de los escenarios considera pago por disponibilidad.

1.459 A continuación se detallan los supuestos utilizados en cada uno de los escenarios planteados.

Escenario Base

1.460 En el escenario base se utilizó una demanda de agua para cada uno de los cultivos que considera la reconversión conforme la siguiente tabla.

Tabla 39. Consumo de agua por cultivo

Cultivos	m^3 /ha/año
Calabacita	3,469
Fresa	3,500
Tomate Rojo	3,700
Chile verde	3,449
Zanahoria	3,484
Total	**17,601**

1.461 Como se mencionó anteriormente, la planta de tratamiento podría generar hasta 51 millones de metros cúbicos al año de aguas tratadas y que podrían ser canalizadas a los módulos de riego. Dado el consumo de cada uno de los cultivos, el agua tratada disponible alcanzaría para regar 2,898 hectáreas.

1.462 Por otro lado, a continuación se mencionan los supuestos básicos de plazo, inversión y operación y mantenimiento del escenario base.

Tabla 40. Supuestos básicos del proyecto de PTAR Atapaneo

Componente	Supuesto	*Unidades*
Plazo de construcción	24	meses
Plazo de operación	28	años
Inversión	$516	millones de pesos
Costos de Operación y Mantenimiento (anual)	$4.0	millones de pesos

Fuente: Elaboración propia

1.463 La inversión contempla la construcción del acueducto y las líneas de distribución secundarias así como la tecnificación a nivel parcela, por lo que el monto cambiará en función del número de hectáreas que se consideren en los diferentes escenarios.

1.464 El modelo considera el financiamiento del proyecto a través de Deuda y Capital, a continuación se muestran los supuestos empleados sobre la estructura financiera y términos del crédito.

Tabla 41. Supuestos financieros del proyecto

Componente	Supuesto	Unidades
Capital de Riesgo	30%	%
Deuda	70%	%
Cierre financiero	5	meses
Tasa de interés	11.5%	%
Plazo del crédito	15	años
Comisiones (porcentaje del crédito)	3%	%

Fuente: Elaboración propia

1.465 La única fuente de pago del proyecto es a través de las cuotas que pagarán los agricultores por el suministro de agua proveniente de las plantas de tratamiento. Para efectos de la evaluación se consideró una cuota de $23,000/ha.

1.466 Los resultados muestran que el proyecto requiere un monto de capital de riesgo de $115 millones de pesos, mientras que la deuda es de $199 millones de pesos, incluyendo costos financieros. Además de considera una aportación no recuperable del Fonadin que asciende al 49% de la inversión en obra, lo que equivale a $238 millones de pesos

1.467 Se supuso un periodo de 5 meses de cierre financiero, durante los cuales la inversión se cubrirá únicamente a través de capital de riesgo, a partir del mes 6 se hacen aportaciones de deuda y capital en paripassu, 70% y 30% respectivamente.

1.468 En relación a los ingresos, se asume que la capacidad de la PTAR Atapaneo irá creciendo paulatinamente. Con lo anterior, el proyecto tiene una rentabilidad de 12.2%.

Escenario Dos

1.469 En el escenario dos se ha modelado que el consumo anual de agua de los cultivos, dada una reconversión, es menor por lo que el agua tratada alcanzaría para regar una superficie mayor y por lo tanto la cuota que se cobra a los usuarios por hectárea sería mayor.

1.470 A continuación se muestra el consumo de agua por cultivo bajo este escenario.

Tabla 42. Consumo de agua por cultivo

Cultivos	m^3 /ha/año
Calabacita	2,775
Fresa	2,800
Tomate Rojo	2,960
Chile verde	2,759
Zanahoria	2,787
Total	**14,081**

1.471 Con los consumos de agua que se modelaron, el agua tratada disponible alcanzaría para regar 3,622 hectáreas. Esto implica que la cuota bajaría de $23,000 a $19,000, manteniendo el resto de las variables como en el escenario base. La TIR que se alcanzaría es del 12.1%.

Escenario Tres

1.472 En el escenario tres se ha modelado un APP autofinanciable, es decir se ha modelado asumiendo que el usuarios paga al 100% la inversión y O&M de la infraestructura. El resto de los supuestos son los que se utilizaron en el escenario dos.

1.473 Esto implica que la cuota se incrementaría de $23,000 a $28,000, manteniendo el resto de las variables como en el escenario dos. La TIR que se alcanzaría es del 12.1%.

Resumen de los escenarios de viabilidad financiera

Tabla 43. Resumen de los escenarios de viabilidad financiera del proyecto

Variable	Escenario Base	Escenario dos	Escenario tres
Monto de inversión	$516	$567	$567
Crédito	70%	70%	70%
Capital de Riesgo	30%	30%	30%
Aportación no recuperable	49%	49%	49%
Hectáreas regadas	2,898	3,622	3,622
TIR	**12.2%**	**12.1%**	**12.1%**

Fuente: Elaboración propia

Conclusiones

1.474 Los resultados mostrados indican que el proyecto es altamente sensible al número de hectáreas que se puedan cultivar con el agua disponible debido a que a mayor cantidad de hectáreas se puede recolectar un monto mayor de cuotas en la suma total. Es por ello que se debe analizar con precisión el tipo de cultivos a los que se desea migrar para encontrar un balance entre el consumo de agua por tipo de cultivo y la rentabilidad de los mismos.

E. EVALUACIÓN DEL MERCADO

1.475 Una vez que se concluyó el estudio de viabilidad de los tres proyectos seleccionados se convocó a un taller de trabajo al que asistieron los actores relevantes en el desarrollo y operación de proyectos en el sector hidroagrícola. El objetivo del taller fue presentar los principales resultados de la iniciativa sobre Asociaciones Público-Privadas en el sector Hidroagrícola y discutir los elementos clave legales y financieros en la estructuración de los proyectos. También se adaptó la metodología "WIGI" desarrollada por la Corporación Financiera Internacional que permite determinar el nivel de madurez de los elementos que facilitan la participación de la inversión privada en el desarrollo de proyectos en el sector de agua potable. Cabe señalar que los resultados que se obtuvieron pueden ser tomados como el punto de partida para la aplicación de la metodología WIGI en un futuro.

1.476 El taller contó con la participación de varias instituciones gubernamentales como la CONAGUA, SAGARPA, BANOBRAS y FOCIR, miembros del Consejo Consultivo del Agua, el 2030WRG, el Banco Mundial, la Corporación Financiera Internacional, usuarios de distritos y unidades de riego, empresas de tecnología, empresas constructoras de infraestructura, empresas que dominan las cadenas de valor como Grupo Modelo, fondos de inversión y consultores.

1.477 El taller se diseñó en dos bloques; en el primero de ellos se realizaron diversas presentaciones por parte del 2030WRG, para compartir los antecedentes de la iniciativa, y posteriormente de Banobras y Conagua para fijar la posición del gobierno con respecto al uso de esquemas APP en el sector hidroagrícola en México.

1.478 Posteriormente, el grupo asesor presentó los principales resultados de la asesoría, comenzando por exponer las actividades que se realizaron y posteriormente mostrando los resultados del análisis para los tres proyectos que se analizaron.

1.479 El segundo bloque consistió en la formación de mesas de trabajo para que los asistentes discutieran los elementos que se podrían mejorar para la incentivar y facilitar la estructuración de APPs en el sector. Finalmente, la Corporación Financiera Internacional (IFC) expuso su oferta de servicios y mecanismos de financiamiento que podrían ser utilizados para llevar a cabo proyectos en el sector.

1.480 Para dar estructura a los comentarios y recomendaciones de los asistentes se decidió adaptar una metodología desarrollada por el IFC denominada WIGI, sin embargo es importante recalcar que la adaptación que se hizo de la metodología tiene un alcance limitado en relación al WIGI por el tiempo del que se disponían en el taller para su aplicación, pero los resultados que se obtuvieron pueden ser utilizados en un futuro como referencia para la aplicación del WIGI en su versión completa. A continuación se presenta un breve resumen de la metodología desarrollada por el IFC y de su adaptación al caso del sector hidroagrícola.

METODOLOGÍA WIGI PARA LA REFORMA DEL SECTOR AGUA

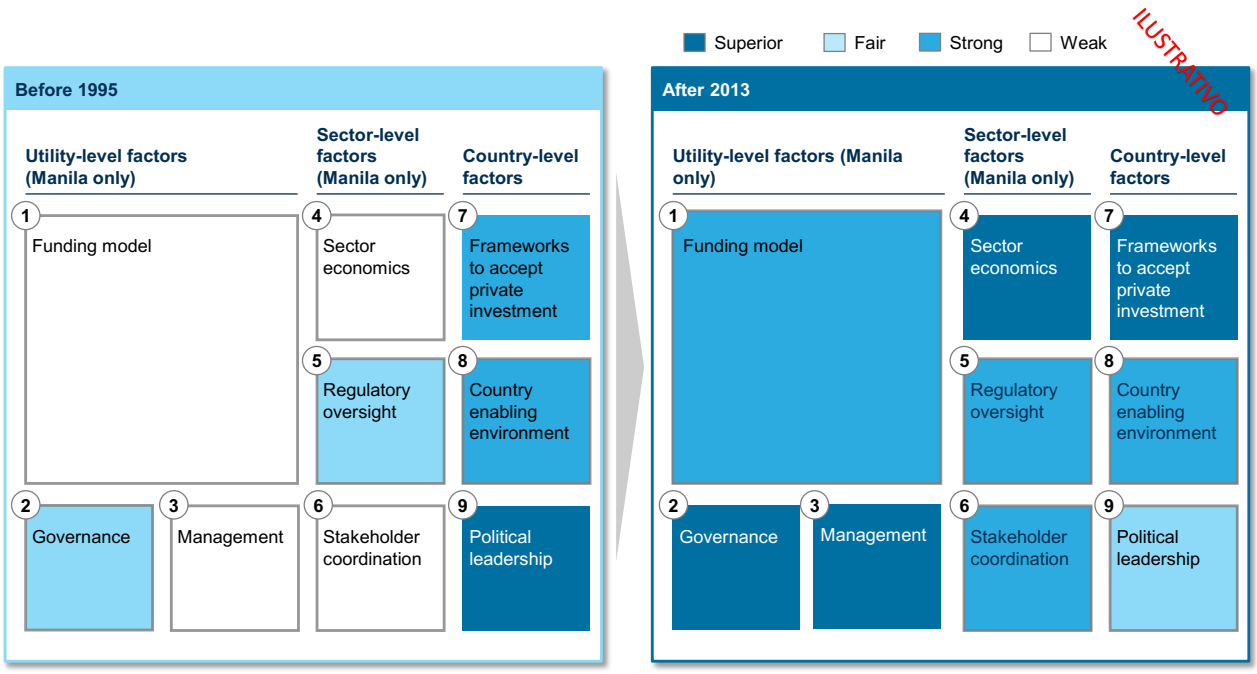
1.481 La metodología WIGI puede utilizarse como una herramienta de diagnóstico del sector agua y puede ayudar a trazar la ruta de transformación del mismo. Es importante mencionar que la metodología se desarrolló para ser aplicada en diversos sectores económicos, por lo que para efectos del estudio, la metodología se adaptó a las consideraciones y temas relevantes del sector hidroagrícola.

1.482 La metodología está basada en tres pilares, los cuales a su vez contienen 9 criterios de alto nivel que ayudan a explicar los principales factores para el éxito de las inversiones. Para cada criterio se definen in-

dicadores que son evaluados por expertos y especialistas que, con base en su experiencia, asignan un grado de fortaleza a cada criterio.

1.483 Una vez que se ha definido un grado de fortaleza de cada criterio, es posible visualizar de manera clara cuales son los aspectos que representan un área de oportunidad para el sector y sobre los que hay que trabajar de manera más ardua para propiciar la inversión privada en las inversiones. Para fines ilustrativos, a continuación se muestra el resultado que se obtuvo de aplicar la metodología a un sector de la economía de Filipinas.

Figura 24. Ejemplo de la aplicación de la metodología del IFC

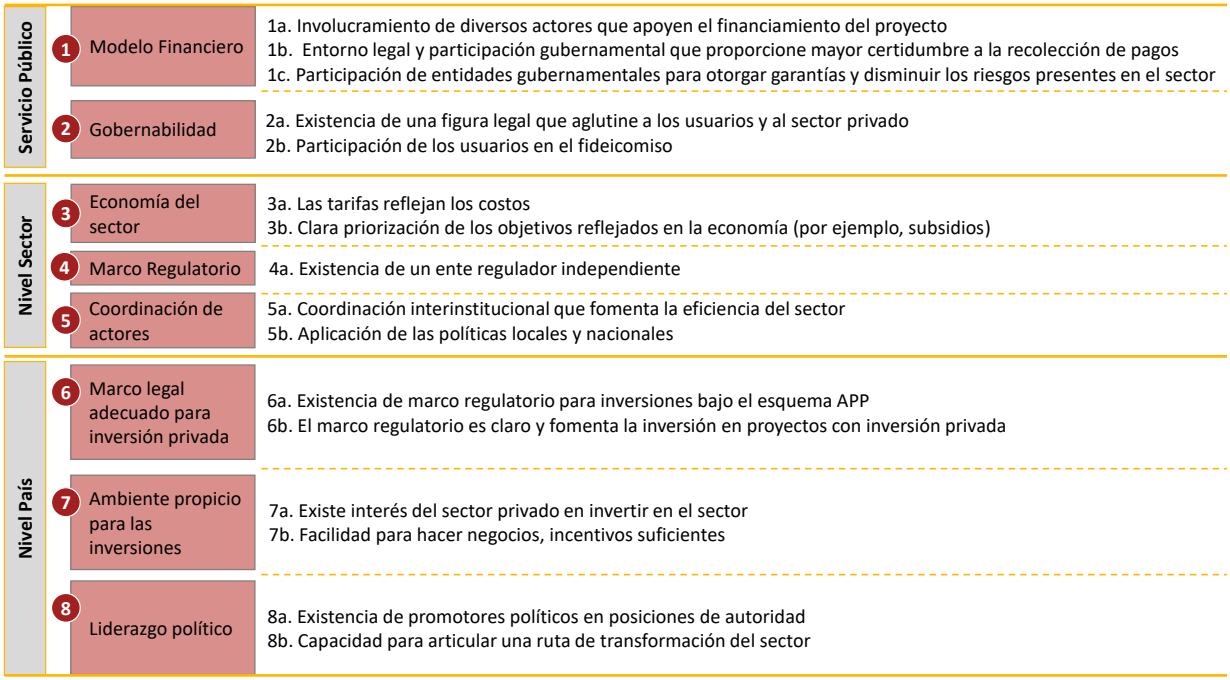


Fuente: Caso de estudio de un sector de la economía de Filipinas, Corporación Financiera Internacional

Aplicación de la metodología en el sector hidroagrícola en México

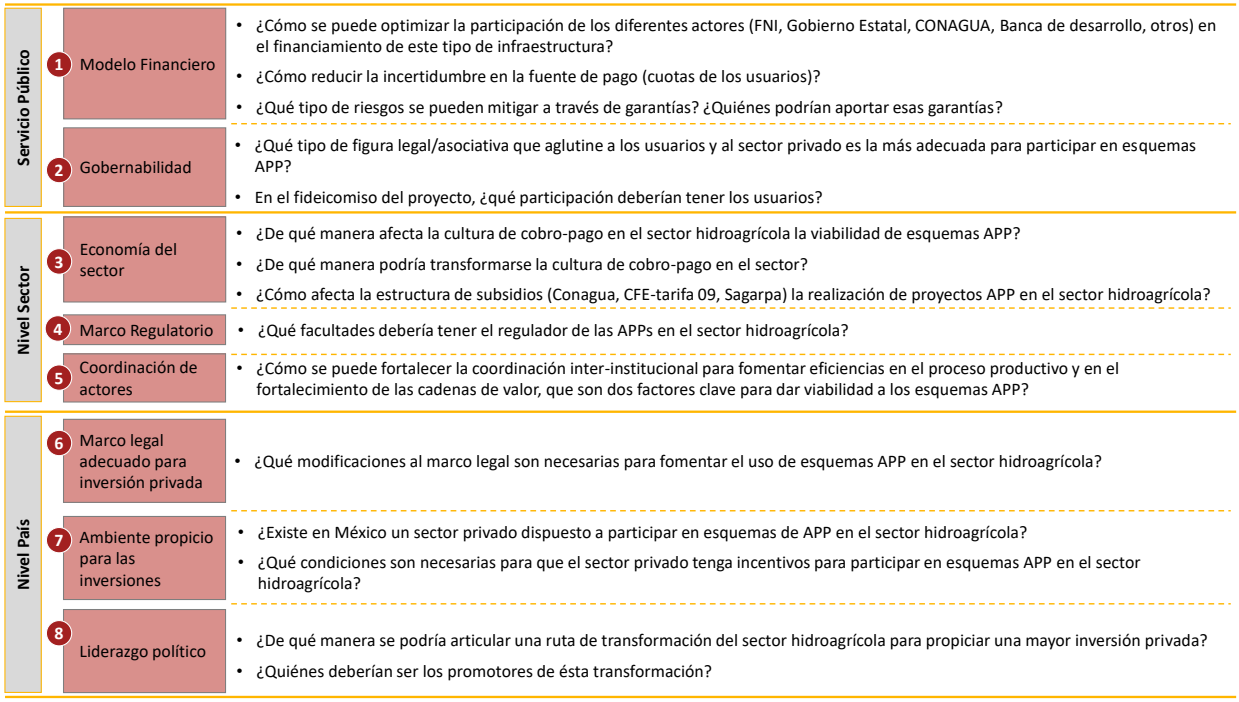
1.484 Para identificar la situación actual del sector hidroagrícola, así como los principales obstáculos que existen, durante el taller se utilizó como referencia la metodología WIGI y se adaptó al sector hidroagrícola. Para ello se definieron 8 criterios con sus indicadores, los cuales se considera que representan los temas relevantes del sector. A continuación se muestran los indicadores definidos.

Figura 25. Pilares e indicadores de la metodología para el sector hidroagrícola



1.485 La metodología sugiere que se evalúe cada indicador dependiendo de la experiencia de cada evaluador y/o experto, por lo que, para efectos del taller se formularon preguntas para cada indicador, las cuales fueron distribuidas entre los asistentes que a su vez se agruparon en mesas de trabajo. A continuación se muestran las preguntas formuladas.

Figura 26. Cuestionario aplicado en el taller



1.486 Los asistentes al taller respondieron las preguntas formuladas de acuerdo a su experiencia y conocimiento del sector. A continuación, se muestra el resumen de las recomendaciones y respuestas de los asistentes. Posteriormente se muestran las respuestas textuales de los participantes.

Pilar 1. Servicio Público

Criterio 1. Modelo Financiero

1.487 Se recomendó crear un comité interinstitucional encargado de la planeación del sector y de la articulación de una cartera de proyectos priorizada. El objetivo es que los proyectos se estructuren de manera correcta, evaluando todos los riesgos del mismo y de esta forma se mitigue además de optimizar la participación de los actores relevantes.

1.488 Se puso especial énfasis en la mejora en la productividad de los cultivos y en la eficiencia en el riego, con lo cual se disminuiría el riesgo de la fuente de pago y de desempeño del proyecto, los cuales se perciben como los principales obstáculos para la bancabilidad de los proyectos. Adicionalmente, se propone la participación del gobierno en el otorgamiento de garantías y también de los usuarios a través de la creación de una entidad capaz de proveer garantías, como por ejemplo a través de fondos de reserva para enfrentar faltas de liquidez.

1.489 Por otra parte, se mencionó que es importante que los diferentes actores estén integrados en la cadena de valor del sector, lo cual incluye a los prestadores de los servicios, con lo que se maximizaría el ingreso de los productores.

Criterio 2. Gobernabilidad

1.490 Sobre este criterio se propuso que los usuarios participen en el fideicomiso como fideicomitentes

Pilar 2. Nivel Sector

Criterio 3. Economía del sector

1.491 El sector hidroagrícola se caracteriza por la presencia de subsidios, por lo que algunos productores consideran que el agua, asociada a la tierra, es un derecho social y por lo tanto no existe una cultura de cobro-pago en algunas regiones del país. Por ende, es común observar que aun cuando los usuarios no paguen las cuotas se les proporciona el agua.

1.492 Sin embargo, existen regiones en las que sí existe una cultura cobro-pago en la que los productores reconocen los beneficios de contar con infraestructura en buenas condiciones y de la tecnificación del riego, por lo que existe disposición de pago.

1.493 Las cuotas deberán estar en función de la productividad y los beneficios recibidos. Por lo anterior, la evaluación de los proyectos, deberá tener en cuenta la disposición de pago y la cultura de cobro que está presente en las diversas regiones del país.

1.494 Sobre la presencia de subsidios se mencionó que han impactado de manera negativa el desarrollo del sector, ya que no fomentan la inversión privada dada la incertidumbre que generan, por lo que proponen promover una transformación del sector a través de capacitación y concientización de los productores sobre los beneficios de la participación del sector privado en el desarrollo del sector.

Criterio 4. Marco regulatorio

1.495 Se recomienda que el ente regulador debe tener facultades de revisión de los compromisos contractuales y sanción a las partes que incumplan con lo establecido en el contrato. Además se mencionó que debería poder proveer de recomendaciones en aspectos técnicos y administrativos.

Criterio 5. Coordinación de actores

1.496 Con el objetivo de fortalecer la cadena de valor del sector, se recomienda, como un primer paso, identificar a los actores relevantes de cada proyecto y definir la participación de cada uno en el proyecto. Posteriormente, se recomienda que cada institución involucrada cuente con una estructura orgánica exclusiva para el desarrollo de APPs, la cual estará encargada de la supervisión del proyecto desde su etapa de planeación hasta la operación del mismo.

1.497 Para incrementar la coordinación es necesario que todos los involucrados busquen un fin común y tengan conocimiento de los objetivos que se buscan lograr con el proyecto, por lo que se podrían organizar talleres y mesas de trabajo en las que estén presentes todos los involucrados y de manera con junta se definan las metas y objetivos del proyecto.

Pilar 3. Nivel País

Criterio 6. Marco legal adecuado para inversión privada

1.498 Sobre el marco legal se mencionó que existe normatividad que se tiene que revisar, ya que existen aspectos que no son claros y generan incertidumbre jurídica a los involucrados, lo cual limita la participación del sector privado en las inversiones. Por ejemplo, no es claro cómo debe tratarse el tema de la propiedad de la infraestructura, la cual actualmente, en el caso de los Distritos de Riego, pertenece a los usuarios, lo cual contradice la Ley de Asociaciones Público Privada, en la que se establece que la propiedad de los activos pertenece al Estado al final de contrato APP.

1.499 También es necesario desarrollar un marco legal que regule el mercado de agua que puede ser un incentivo para generar intercambios de agua tratada por agua limpia en los proyectos de intercambio entre la ciudad y el sector agrícola.

1.500 Por otro lado, también es necesario evaluar la pertinencia de que la Ley de Aguas Nacionales regule el uso de esquemas APP en el sector hidroagrícola y reconozca las peculiaridades del sector, algo que no logra por completo la Ley APP. Es decir, se propone algo similar a lo que en su momento se hizo con la reforma energética.

Criterio 7. Ambiente propicio para las inversiones

1.501 Se mencionó que existe interés del sector privado en participar en proyectos del sector, lo cual ha sido manifestado a través de la Cámara Mexicana de la Industria de la Construcción, por ejemplo instituciones como FIRA ha mostrado interés en desarrollar proyectos en el sector.

1.502 Se puso especial énfasis en el tipo de empresas idóneas para participar, ya que dadas las complejidades existentes, lo recomendable es que sean empresas involucradas en el sector, que tengan conocimiento de la cadena de valor, de aspectos técnicos y que se beneficien del proyecto.

1.503 Por otra parte, mencionaron que es importante que existan incentivos que promuevan la participación privada y se puso especial énfasis en la existencia de seguridad jurídica y garantía de recuperación de la inversión, sobre todo a través de cultivos rentables.

Criterio 8. Liderazgo político

1.504 Sobre el liderazgo político se mencionó que es importante que existan promotores tanto a nivel de usuarios que tengan voz dentro de las organizaciones de usuarios que fomenten la participación económica de los usuarios y promuevan la visión empresarial de los productores; así como la participación de entidades gubernamentales encargadas de la administración del sector, tal es el caso de la CONAGUA y SEMARNAT, para lo cual se recomendó que de manera conjunta coordinen las acciones necesarias para promover la participación privada entre los actores involucradas.

RESPUESTAS DE LOS ASISTENTES

1.505 A continuación se hace un recuento de las respuestas de los asistentes al taller.

Servicio Público

1 Modelo Financiero

1. ¿Cómo se puede optimizar la participación de los diferentes actores (FNI, Gobierno Estatal, CONAGUA, Banca de desarrollo, otros) en el financiamiento de este tipo de infraestructura?
   - Debe existir planeación bajo criterios estandarizados, por ejemplo fuente de pago, asignación de riesgos. A partir de la planeación se debería de definir una cartera de proyectos priorizada.
   - Generar contratos estandarizados
   - Crear un Comité interinstitucional encabezado por CONAGUA que coordine la planeación del sector
   - Que el APP incorpore acciones de mejora en la eficiencia de riego para tener cultivos más redituables
2. ¿Cómo reducir la incertidumbre en la fuente de pago (cuotas de los usuarios)?
   - Parte privada: una buena estructuración del esquema APP, certidumbre tarifaria, indexación, transparencia en el fideicomiso, garantías.
   - Mediante la incorporación de tractoras o comercializadoras para una introducción a la cadena de valor.
   - Evaluaciones de proyectos con proyecciones basadas en la mejora de la producción en las condiciones actuales
   - Pagos progresivos con base en la productividad
   - Visión integral en el diseño de las APPs en donde se inserte al prestador del servicio en la cadena de valor y que esto genere mayor ingreso para el usuario.
3. ¿Qué tipo de riesgos se pueden mitigar a través de garantías? ¿Quiénes podrían aportar esas garantías?
   - El principal riesgo es la fuente de pago del proyecto. Se recomienda la intervención del gobierno a través de garantías, o bien, que se contraten seguros en caso de que los usuarios no puedan enfrentar el pago de los servicios
   - Que los productores agrícolas se constituyan en una entidad jurídica capaz de proveer garantías de cumplimiento (Bolsa para cumplir faltantes de liquidez)
   - Riesgo de bancabilidad, de desempeño, de pago oportuno.

2 Gobernabilidad

1. ¿Qué tipo de figura legal/asociativa que aglutine a los usuarios y al sector privado es la más adecuada para participar en esquemas APP?
   - No se deben asociar usuarios con el sector privado
2. En el fideicomiso del proyecto, ¿qué participación deberían tener los usuarios?
   - Los usuarios deberían ser los fideicomitentes del fideicomiso

Nivel Sector

3 Economía del sector

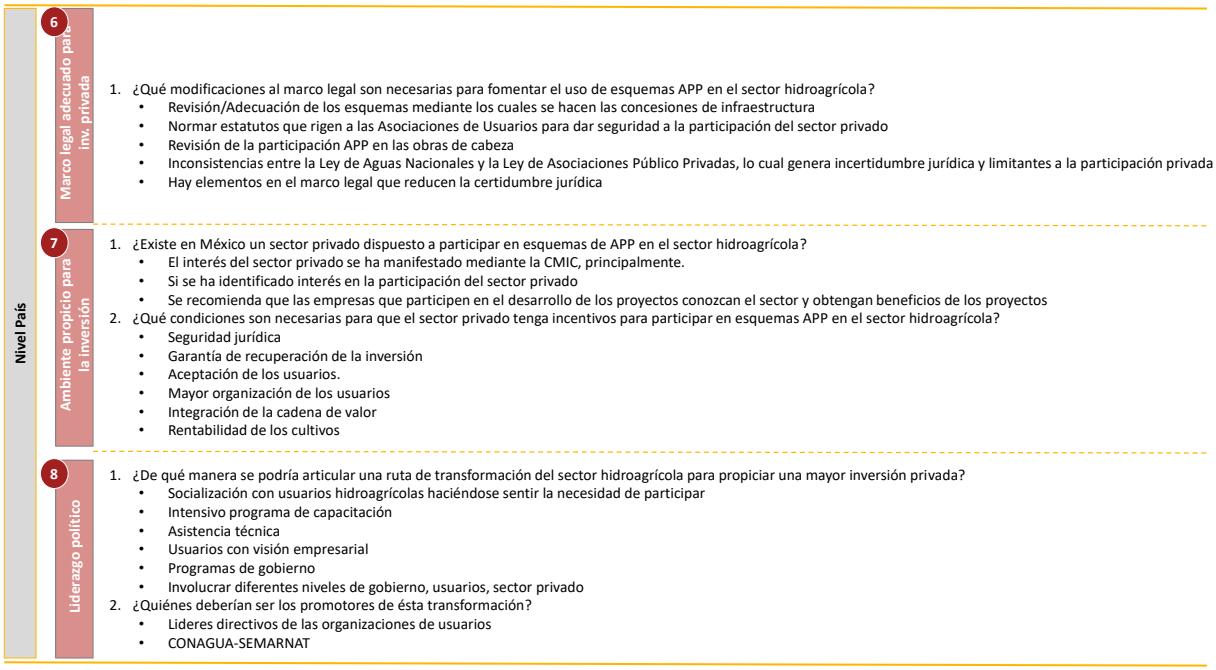
1. De qué manera afecta la cultura de cobro-pago en el sector hidroagrícola la viabilidad de esquemas APP?
   - La gente quiere pagar pero de acuerdo a su capacidad
   - Distintas regiones tienen distintas disposiciones y cultura Cobro Pago
   - Consideran que el agua asociada a la tierra es un derecho social ganado en México
   - La cultura de cobro pago produce incertidumbre en el sector privado en invertir, dada la comodidad del productor por los subsidios recibidos
2. ¿De qué manera podría transformarse la cultura de cobro-pago en el sector?
   - Para modificar la cultura se debe capacitar al usuario productor
   - Apoyo técnico-administrativo a las asociaciones de usuarios
   - A través de ejemplos de casos de éxito cercanos
   - Concientizar a los productores que al tecnificar obtendrán mejores rendimientos
3. ¿Cómo afecta la estructura de subsidios (Conagua, CFE-tarifa 09, Sagarpa) la realización de proyectos APP en el sector hidroagrícola?
   - De manera histórica, el sector se caracteriza por la presencia de subsidios, sin embargo debería existir la participación económica de los usuarios
   - Se confunde la "subsidiariedad" con la solidaridad y riesgo compartido.
   - Inhibe la inversión a largo plazo de los APPs e impide beneficios a corto plazo

4 Marco Regulatorio

1. ¿Qué facultades debería tener el regulador de las APPs en el sector hidroagrícola?
   - El regulador debería tener facultades de supervisión global de proceso de cada proyecto APP. Además debería tener la capacidad de sancionar a las partes que incumplan con lo establecido en el contrato, y debería poder dar recomendaciones técnicas y administrativas
   - Revisar los compromisos contractuales de los usuarios respaldado en un contrato

5 Marco Regulatorio

1. ¿Cómo se puede fortalecer la coordinación inter-institucional para fomentar eficiencias en el proceso productivo y en el fortalecimiento de las cadenas de valor, que son dos factores clave para dar viabilidad a los esquemas APP?
   - Para fortalecer las cadenas de valor se recomienda, de manera inicial, identificar a los actores relevantes. Crear un comité para analizar cada proyecto susceptible de desarrollarse como APP. Que cada institución involucrada tenga una estructura orgánica exclusiva para APPs. Convencer a los altos tomadores de decisiones para que apoyen a los APP.
   - A través de talleres y reuniones de integración y capacitación de productores e instituciones para que todos tengan el nivel de conocimiento y compromiso para lograr los objetivos



CONCLUSIONES

1.506 El taller logró reunir a los principales actores del sector hidroagrícola en el país, los cuales tuvieron la oportunidad de conocer la posición del gobierno con respecto al uso del esquema APP en el sector y conocer los resultados de la iniciativa que se ha llevado a cabo para identificar proyectos con potencial de estructurarse como APPs.

1.507 Con base en los comentarios realizados por los asistentes al taller se puede concluir que existe interés por parte de los actores involucrados en el sector para desarrollar proyectos bajo esquemas distintos al esquema tradicional bajo el cual se ha desarrollado la infraestructura hidroagrícola en el país debido a las condiciones presupuestales que dominan el escenario actual y que restringen la inversión que puede provenir del gobierno.

1.508 Si bien existe interés en desarrollar proyectos bajo esquemas APP existen algunos puntos clave que deben considerarse como:

a) La necesidad de identificar situaciones en donde existan cultivos de alto valor y en donde exista una cadena de valor establecida. En la medida en que se cumpla con ambas condiciones la fuente de pago tendrá menor incertidumbre. Lo anterior está alineado a la idea de que el esquema APP no pretende ser un mecanismo que resuelva las necesidades de construcción o rehabilitación de infraestructura en cualquier situación. Es necesario que se cumplan con ciertas condiciones para maximizar las probabilidades de éxito.

b) La incertidumbre de la fuente de pago que proviene de las cuotas de los usuarios puede mitigarse a través de garantía o de fondos de reserva. También se mencionó que el marco legal existente permite establecer mecanismos que incentiven el pago puntal de las cuotas.

c) La organización de los usuarios es clave para asegurar el éxito del esquema comenzando por la disponibilidad a pagar una cuota a cambio de un servicio.

d) El perfil de las empresas privadas que estén interesadas en el desarrollo de proyectos bajo esquemas APP difiere del perfil que usualmente se ve en APPs de otros sectores. Para el caso hidroagríco-

la las empresas que estén interesadas en integrarse a la cadena de valor serán las que puedan contribuir al éxito del proyecto en mayor medida. Por ejemplo, existen empresas interesadas en que los agricultores de una región produzcan un cultivo de ciertas características y de determinada calidad porque esas empresas a su vez son las que consumen esos productos, ya sea porque son insumos para otros productos o porque los comercializan en mercados más rentables.

e) Es necesario que los proyectos se evalúen de manera integral y para lograrlo es indispensable que las dependencias como SAGARPA y CONAGUA colaboren de manera estrecha en la planeación y en evaluar la factibilidad de los proyectos.

f) Finalmente, es necesario fortalecer la capacidad institucional de las dependencias de gobierno para evaluar la factibilidad de incorporar al sector privado en proyectos que se puedan desarrollar bajo esquemas APP.

1.509 Algunos de los puntos que se enlistaron deberán atenderse cuando se estructure el APP, tal es el caso de las garantías, de los servicios ofrecidos por el privado, de la participación de los usuarios en el proyecto, entre otros. Sin embargo existen otros elementos que implican cambios de una magnitud distinta y que pueden tener un impacto mayor en el largo plazo como es el desarrollo de capacidades al interior de las dependencias, la coordinación inter-institucional y la definición de planes integrales de largo plazo que aborden el tema desde la óptica de la rehabilitación/construcción de infraestructura y de cómo incrementar la productividad del agua.

F. RECOMENDACIONES DE POLÍTICA PÚBLICA

1.510 El objetivo de la iniciativa consistió en elaborar casos de negocios para tres proyectos cuyas características fueran apropiadas para facilitar su estructuración como APPs. Además, como parte de la iniciativa se llevó a cabo un test de mercado para conocer la postura de los actores relevantes como: usuarios, gobierno y la banca, para apoyar en su caso la estructuración y ejecución de los proyectos.

1.511 Para cumplir con los objetivos planteados, se utilizó una metodología que entre otras actividades incluyó visitas de campo, revisión del portafolio de proyectos e interacción con actores relevantes (CONAGUA, sector privado, gobiernos locales, asociaciones de usuarios, etc.). Gracias a la interacción con los actores relevantes del sector y de las demás actividades realizadas como parte de la asesoría se identificaron áreas de oportunidad para las cuales se proponen algunas recomendaciones que de implementarse podrían incrementar las posibilidades de utilizar el esquema APP en el sector hidroagrícola.

1.512 Cabe señalar que las áreas de oportunidad que se identificaron se basan en opiniones de los actores relevantes y del equipo de consultores y que no se diseñó ni se implementó una metodología para la identificación y análisis de problemáticas institucionales o de procedimientos. Por otro lado, las recomendaciones que se proponen se fundamentan en las mejores prácticas internacionales y nacionales así como en la opinión de expertos del sector.

1.513 A continuación se hace un recuento de las áreas de oportunidad identificadas así como de las recomendaciones que se plantean.

Portafolio de proyectos

1.514 Unos de los retos de la iniciativa fue la identificación de proyectos ya que se observa cierta dispersión de los mismos en las diferentes oficinas locales de la CONAGUA. Si bien existe un portafolio de proyectos en la CONAGUA, la calidad de la información y el nivel de detalle es heterogéneo y por otro lado existen necesidades que las oficinas locales han identificado pero que no se comunican de manera efectiva a las oficinas centrales. Es por ello que se recomienda integrar una cartera de proyectos en donde se facilite a las oficinas locales aportar las necesidades identificadas y las opciones de solución y proyectos que se proponen para atender dichas necesidades. Además, es necesario estandarizar la información de los proyectos a través de la definición de la información que resultaría relevante para la toma de decisiones. Es común que se integren fichas técnicas de proyectos en donde se incluye, entre otros, la siguiente información: nombre del proyecto, descripción del proyecto, ubicación, beneficios, inversión inicial, estatus de los elementos del proyecto, calendario de actividades y riesgos identificados. Sin embargo, es claro que esta información no es suficiente para una adecuada toma de decisiones y luego entonces es necesario establecer criterios claros de información sobre los proyectos.

Difusión del esquema APP

1.515 Otro de los retos es que el esquema APP no ha sido utilizado en el sector hidroagrícola en México por lo que algunos actores dudan de los beneficios del esquema. Al respecto, se sugiere a la CONAGUA hacer una difusión del esquema APP entre los actores relevantes del sector (usuarios, oficinas locales, etc.) lo cual puede realizarse a través de talleres, eventos de difusión, capacitación, etc. Además, se sugiere llevar a cabo un proyecto piloto que pueda ser utilizado como referencia para hacer un uso más extensivo del esquema.

Capacidades institucionales

1.516 A la par de hacer una difusión del esquema APP en el sector hidroagrícola es necesario robustecer las capacidades institucionales de la CONAGUA en materia de APPs, lo cual implica destinar más recursos humanos y económicos a la identificación, evaluación y estructuración de proyectos en el sector hidroagrícola. En la CONAGUA, el esquema APP es conocido y se hace uso del mismo en proyectos de agua potable y saneamiento y por lo tanto existen capacidades desarrolladas en ese sector, sin embargo esas capacidades deben permear al sector hidroagrícola. Resulta muy relevante evaluar la posibilidad y viabilidad de establecer una oficina especializada en materia de integración y gestión de APPs dentro de la CONAGUA.

Propuestas no Solicitadas

1.517 Por otro lado, en la Ley APP se regula la figura de la Propuesta No Solicitada (PNS), la cual puede ser un instrumento efectivo para incorporar al sector privado en la planeación, preparación y ejecución de proyectos. Sin embargo, para que la PNS sea un instrumento efectivo es necesario que la dependencia, en éste caso la CONAGUA, determine el procedimiento que se debe seguir cuando se reciba una PNS y que además cuente con la capacidad institucional para evaluar, orientar e impulsar el desarrollo de las propuestas.

1.518 Por lo anterior, se sugiere definir un procedimiento para la revisión de PNS de tal forma que el sector privado tenga claridad de los procesos a seguir. De igual forma se sugiere definir una ventanilla única encargada de recibir, evaluar y dictaminar las PNS, debido a que los privados pueden presentar PNS que atiendan necesidades de diferentes sectores como agua potable, saneamiento, infraestructura hidroagrícola, etc. y resulta indispensable que la dependencia siga un procedimiento y criterios homogéneos para evaluar las propuestas.

Coordinación inter-institucional

1.519 Para que un proyecto hidroagrícola tenga probabilidades mayores de éxito es necesario que se conjuguen diversos factores como el correcto y oportuno desarrollo de la infraestructura, la maximización del ingreso gracias a la elección de cultivos rentables y propios de la región y a una adecuada comercialización de los productos. Para que estos elementos se conjuguen de manera efectiva indispensable que exista una adecuada coordinación inter-institucional ya que en los proyectos agrícolas participan la CONAGUA y diversos organismos de la SAGARPA. Además, otro actor indispensable son los usuarios.

1.520 Para mejorar la coordinación inter-institucional se observa en la práctica internacional la creación de organismos en donde existan representantes de los diferentes sectores involucrados de tal manera que se garantice una evaluación multidisciplinaria de las necesidades y soluciones que se plantean.

Generazción de un proyecto piloto como ejemplo y para derivar lecciones aprendidas

1.521 El trabajo que se ha realizado como parte de la iniciativa y que se resume en este informe presenta un análisis de viabilidad desde la óptica ambiental, económica, financiera, técnica y de mercado para tres proyectos que mostraron tener el mayor potencial de participación privada. Los tres proyectos presentan un potencial alto para estructurarse como APP y para poder llevarse a cabo como proyectos piloto para tomarlos como punto de referencia y difusión del esquema.

ANEXO A. MANUAL DEL MODELO FINANCIERO

CARACTERÍSTICAS DEL MODELO

1.522 Para evaluar la factibilidad financiera de los tres proyectos seleccionados se elaboró un modelo financiero que calcula la rentabilidad de cada proyecto, para lo cual estima la Tasa Interna de Retorno. Al respecto, es importante mencionar que el modelo conserva la misma estructura para los tres proyectos, por lo que, lo que varía entre estos son los supuestos la definición de los escenarios evaluados.

1.523 El modelo financiero está desarrollado en el programa informático Excel. El modelo considera los siguientes aspectos:

a) Esta parametrizado de tal forma que todo el modelo sea operado a través de una de hoja de supuestos, en la que se pueden manipular los mismos y en donde se pueden guardar los escenarios que se desean evaluar. El modelo puede guardar hasta 10 escenarios diferentes para cada proyecto.

b) Se consideró una nomenclatura particular para aquellas celdas que pueden ser modificadas por el usuario en relación a aquellas que se encuentran formuladas.

c) Cuenta con menús descolgantes o listas que automatizan la simulación de distintos escenarios y facilitan el registro de algunas variables del modelo, evitando la adopción de supuestos incorrectos que puedan afectar su adecuado funcionamiento.

d) Evalúa el proyecto en millones de pesos

e) El proyecto se encuentra en términos nominales.

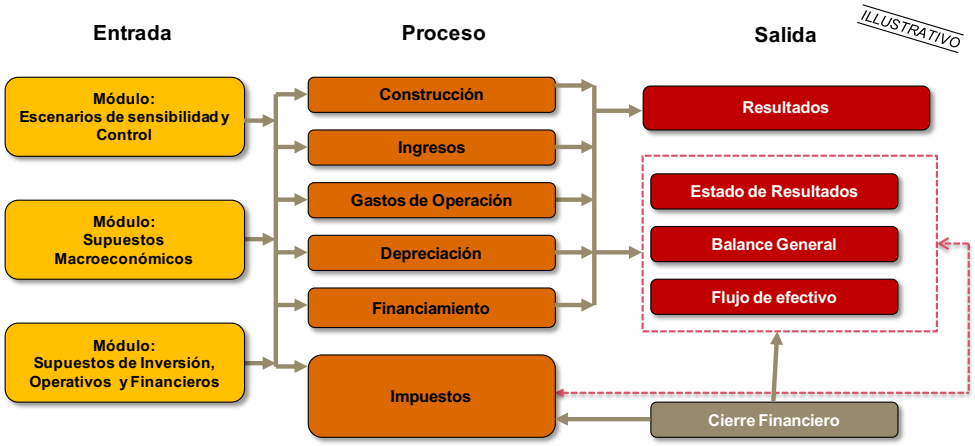
f) La periodicidad temporal del modelo es mensual para el periodo de construcción y anual para la fase de operación.

g) La estructura general del modelo financiero consta de tres grupos de módulos: Inputs/supuestos, cálculos y resultados. Cada grupo es distinguido por colores.

Inputs	**Hoja en la que se pueden modificar las principales variables que influyen o son sensibles al proyecto**
Cálculo	**Hojas en las que se realizan los cálculos que alimentan las hojas de resultados**
Resultados	**Hojas en las que se muestran los resultados**

1.524 A partir de la información que se recolectó, la que fue provista por la Conagua y por lo promoventes de los proyectos, así como calculo propios se ingresan en la hoja de Inputs el monto de la inversión en obra, costos de operación y mantenimiento, supuestos del financiamiento, impuestos, depreciación, supuestos para la determinación del ingresos, etc. Las hojas intermedias de cálculo, permiten efectuar los cálculos correspondientes para el plazo del contrato así como obtener las hojas de resultado que incluyen el "Flujo de Efectivo", "Estado de Resultados", Balance General".

1.525 A continuación se presenta un diagrama del modelo que ejemplifica la estructura del mismo.



Entrada = captura de Información; Proceso = cédulas de trabajo y cálculos detallados;

Salida = módulos de análisis de resultados del Modelo.

DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO DEL MODELO

1.526 La hoja de "Inputs" cuenta con una serie de escenarios que el usuario puede seleccionar, por lo que una vez que se haya seleccionado el escenario que se quiere evaluar se tendrá que asegurar que el modelo cierra de manera correcta en la hoja de "Checks".

1.527 Para garantizar el correcto funcionamiento del modelo, se incluyó una hoja de "Checks", cuya función es identificar con la palabra "*error*" los casos en los que exista alguna inconsistencia en el modelo. Por lo que, la hoja "Checks" contiene una *macro* en el botón "Cierre", el cual permite resolver la circular que se crea al calcular los intereses de la deuda senior y la amortización de la deuda. La circular se genera ya que para la evaluación financiera se ha considerado que los intereses se capitalizan en la etapa de construcción y por lo tanto influyen en el tamaño de la deuda, la cual se calcula resolviendo la circular. Cabe señalar que la capitalización de intereses es común en este tipo de proyectos ya que los ingresos se generan hasta que el proyecto entra en la fase de operación.

1.528 Para una correcta lectura de los resultados del proyecto, se debe presionar el botón hasta que aparezcan en "*ok*" todos los checks ingresados.

1.529 El modelo contiene las siguientes hojas

Índice
1 Inputs
2 Flags
3 Checks
4 Construcción
5 Orígenes y aplicaciones
6 Financiamiento
7 Depreciación
8 Operación
9 Estado de Resultados
10 Flujo de efectivo
11 Balance General

1.530 A continuación se describen cada una de las hojas por módulo al que pertenece.

Módulo de Inputs

Hoja de inputs

1.531 En la hoja de inputs se incluyen todos los supuestos que influyen en el modelo. Para facilitar la lectura del modelo, se separaron por secciones los supuestos. Las secciones se describen a continuación:

1.532 Fechas: indica las fechas y periodos que representan hitos dentro del proyecto, tales como fecha de inicio del proyecto, inicio de construcción, meses de construcción, inicio de operación y meses de operación y fecha fin de operación. Estas fechas fluyen a todas las hojas del modelo.

1.533 Construcción: en esta sección se desglosa por componente de construcción tanto el monto como el programa de obra del proyecto, se incluyó un apartado para los gastos relacionados a la inversión (fianzas, seguros, permisos y proyecto ejecutivo). Además para cada componente se incluye la vida útil. Los supuestos de esta sección están referenciados con la hoja de "Construcción".

1.534 Ingresos: en esta sección se incluyen distintas formas en que se podría obtener ingresos dependiendo del proyecto y del escenario que se esté evaluando. Todos los ingresos están referenciados a la hoja de "Operación":

- Pago por disponibilidad: se refiere al monto que recibe el operador-privado por parte del gobierno como pago por los servicios prestados y se trata de un monto fijo en términos reales y que solo se actualiza por inflación.
- Ingreso por servicio: se refiere a aquel ingreso que se recibirá por parte de los usuarios por los servicios que provea el operador-privado. En esta sección se registra como input el precio por m3 de agua en el caso del proyecto del Valle de Guadalupe o bien una cuota por hectárea en los casos del Carrizo y el Distrito 020 de Morelia.
- Ingresos adicionales: se incluyó un espacio en caso de que se desee agregar algún otro tipo de ingreso por servicios adicionales prestados por el operador-privado.

1.535 ***Programa de operación y manteamiento:*** en esta sección se registran por rubro los costos de operación y mantenimiento relevantes para el proyecto, los cuales están referenciados a la hoja de "Operación". También se incluye un supuesto de meses para crear una reserva para la operación y mantenimiento del proyecto, el cual fluye a la hoja de "Financiamiento".

1.536 ***Supuestos macroeconómicos:*** en esta sección se incluye el supuesto de inflación anual, el cual es la base para convertir los datos a términos nominales. Este input fluye a la hoja de "Operación".

1.537 ***Financiamiento:*** en esta sección se incluyen todos los supuestos relacionados con el financiamiento del proyecto, los cuales se encuentran:

- Estructura financiera: proporción deuda/capital
- Aportaciones gubernamentales: federal, estatal y BANOBRAS
- *Crédito:* se refiere a los términos y condiciones que establezca el proveedor del crédito:
    - Meses de reserva del servicio de la deuda
    - Tasa base
    - Margen aplicable
    - Costo de la cobertura de la tasa
    - Plazo del crédito
    - Comisiones
    - Esquema de amortización

1.538 Los supuestos de financiamiento que se incluyeron en el modelo toman como referencia los términos y condiciones observados en proyectos APP en México en los años recientes.

1.539 ***Supuestos fiscales:*** en esta sección se incluyen los supuestos relacionados con los impuestos: tasa de ISR, años de depreciación fiscal y años de pérdidas fiscales.

Hoja de flags

1.540 En esta hoja se realizó el cálculo de *flags*, los cuales sirven como auxiliares para las fórmulas de las hojas de "Cálculos" y para dotar de mayor flexibilidad al modelo.

Módulo de cálculos

Hoja de construcción

1.541 En esta hoja se hace la estimación de monto total de inversión, para lo cual se desglosan los rubros de construcción y se calcula el costo en función del porcentaje de avance de obra de cada uno. Además de los costos propios de la construcción se adicionaron otros gastos que cubren fianzas, seguros, gastos que deban ser reembolsados a la autoridad, etc. y que representan entre un 5% y un 10% del monto de la inversión.

Hoja de orígenes y aplicaciones

1.542 En esta hoja se muestran los siguientes cálculos:

- *Orígenes:* se refiere a las estimaciones necesarias para obtener el monto total de inversión del proyecto incluyendo los costos financieros de la deuda (comisiones e intereses). Además se incluyen las estimaciones de las reservas para el servicio de la deuda y para la operación y mantenimiento. Al respecto, los cálculos de ambas se encuentran en la hoja de "Financiamiento".
- *Aplicaciones:* se refiere a las estimaciones para obtener las fuentes de recursos, entre los que se incluyen las aportaciones gubernamentales, el Crédito Sr. y el capital de riesgo. Se hizo un supuesto de cierre de financiero de 4 a 5 meses.

Hoja de Financiamiento

1.543 En esta hoja se muestran los cálculos necesarios para obtener el servicio de la deuda anual que se compone por la amortización de la deuda y los intereses generados.

1.544 Para la amortización de la deuda se consideran dos métodos de amortización: i. Programa de amortización y ii. Anualidades. En la primera se trata de pagos establecidos y se registran como datos duros en la hoja de Inputs, por su parte la modalidad de anualidad considera la fórmula de "*Payment*" de Excel. Los cálculos de aportaciones de capital están referenciados de la hoja de "*Orígenes y Aplicaciones*".

1.545 En esta hoja también se muestran los cálculos de las cuentas de reserva del Servicio de la Deuda y de la reserva para la operación y mantenimiento. La primera considera 3 meses y la segunda considera 6 meses.

Hoja de Operación

1.546 En esta hoja se muestran los cálculos de los ingresos y de los costos de operación y mantenimiento a lo largo de toda la vida del proyecto.

Hoja de Depreciación

1.547 En esta hoja se muestran los cálculos para estimar la depreciación contable y la depreciación fiscal.

Módulo de Resultados

1.548 Con base en la información generada en los módulos antes descritos se obtienen los estados financieros. A continuación se describe el origen de la información presentada en las principales cuentas de los estados financieros.

Estado de Resultados

Ingresos de Operación	Son los ingresos que recibirá el desarrollador, los cuales provienen de la prestación de sus servicios. Los datos provienen de la hoja de Operación.
Costos de Operación	Representa el monto de gasto en la operación y mantenimiento de la infraestructura. Estos costos provienen de la hoja de Operación.
EBITDA	Es el resultado de restar a los ingresos los costos de operación.
Amortización del costo financiero	Es la depreciación de los costos financieros a lo largo de la vida del contrato. Estos gastos provienen de la hoja de Depreciación.
Depreciación contable	Estos costos se refieren a la depreciación contable de la infraestructura. Los datos provienen de la hoja de Depreciación.
Gastos financieros	Es el total de gastos relacionados con la deuda: intereses, comisiones y fondos de reserva (deuda y operación y mantenimiento). Estos gastos provienen de la hoja de Orígenes y Aplicaciones.
Intereses en operación	Son aquellos intereses que se originan en la etapa de operación del proyecto. Estos intereses provienen de la hoja de Financiamiento.
Utilidad antes de impuestos (EBT)	Es lo que resulta de restar del EBITDA la amortización de los costos financieros, la depreciación contable, los gastos financieros y los intereses de operación.
Total de impuestos	Representa el monto que se tiene que erogar para el pago de impuestos.
Utilidad neta	Es el resultado de restar a la Utilidad antes de Impuestos el total de impuestos del periodo.

Flujo de efectivo

Utilidad de operación	Es igual al EBITDA del Estado de Resultados
Depreciación	Estos costos se refieren a la depreciación contable de la infraestructura. Los datos provienen de la hoja de Depreciación.
Amortización	Es la depreciación de los costos financieros a lo largo de la vida del contrato. Estos gastos provienen de la hoja de Depreciación.
ISR	Es el impuesto efectivamente pagado. Los costos provienen de la hoja de Estado de Resultados
Flujo Operativo después de impuestos	Es el resultado de sumar la Utilidad de Operación, la depreciación, la amortización y restarle el ISR.
Cambio en la cuenta de reserva de la deuda	Representa las variaciones del fondo de reserva en el periodo. Este dato proviene del Balance General.
Cambio en la cuenta de reserva de mantenimiento	Representa las variaciones del fondo de mantenimiento en el periodo. Este dato proviene del Balance General.
Total flujo operativo	Es la suma del flujo operativo después de impuestos y los cambios en las reservas para la deuda y para la operación y mantenimiento.
Disposición del crédito	Se refiere a las disposiciones de crédito del periodo. El dato proviene del Balance General.
Costos financieros	Es el total de gastos relacionados con la deuda: intereses, comisiones y fondos de reserva (deuda y operación y mantenimiento). Estos gastos provienen de la hoja de Estado de Resultados.
Aportaciones de capital	Se refiere a las aportaciones de los socios accionistas en el periodo. El monto proviene de la hoja de Balance General.

Aportaciones del estado	Se refiere a las aportaciones de recursos por parte del estado en el periodo. El monto proviene de la hoja de Orígenes y Aplicaciones.
Aportaciones del FONADIN	Se refiere a las aportaciones de recursos por parte del FONADIN El monto proviene de la hoja de Orígenes y Aplicaciones.
Pago de dividendos	Se refiere a la cantidad de recursos que recibirán los accionistas en forma de dividendos. El dato proviene de la hoja de Estado de Resultados.
Total flujo de financiamiento	Es la suma de las disposiciones de crédito, aportaciones de capital menos el pago de dividendos y los costos financieros.
Flujo de inversión	Se refiere al monto de inversión del proyecto. Este costo proviene de la hoja de Orígenes y Aplicaciones.
Flujo de efectivo del periodo	Es la suma del flujo operativo, el flujo de financiamiento y el flujo de inversión.
TIR del accionista	Al flujo de efectivo del periodo se le han restado las aportaciones realizadas por los inversionistas privados y el resultados es el vector sobre el cual se calcula la Tasa Interna de Retorno.

Balance General

Subvención	Es el pago que se recibe por parte del gobierno como parte de la inversión.
Activo en concesión	Se refiere al monto invertido en la concesión sin considerar la subvención.
Amortización	Es la suma de la depreciación contable y la depreciación fiscal. El dato proviene de la hoja de Depreciación.
Efectivo disponible	Se refiere al saldo final del flujo de efectivo menos las depreciaciones.
Reserva para el servicio de la deuda	Representan los depósitos que se tienen que hacer cada periodo a la cuenta de reserva. El dato proviene de la hoja de Financiamiento.
Fondo de Mantenimiento mayor	Representan los depósitos que se tienen que hacer cada periodo a la cuenta de reserva para el mantenimiento. El dato proviene de la hoja de Financiamiento.
Total de activo circulante	Es la suma de la subvención, el activo en concesión, la amortización, el efectivo disponible, la reserva para el servicio de la deuda y el fondo de mantenimiento mayor.
Subvención	Es el pago que se recibe por parte del gobierno como parte de la inversión.
Disposición de la deuda	Es el resultado de restar la disposición del crédito menos la amortización de la deuda del periodo.
Total de pasivo	Es la suma de la subvención y la disposición de la deuda.
Aportaciones de capital	Se refiere a las aportaciones de los socios accionistas en el periodo. El monto proviene de la hoja de Financiamiento.
Dividendos decretados	Se refiere al monto de dividendos pagados. El monto proviene de la hoja de Estado de Resultados
Resultado del ejercicio	Es la utilidad neta del Estado de Resultados
Total de capital	Es la suma de las aportaciones de capital, dividendos decretados y el resultado del ejercicio.

ANEXO B: ESTUDIO AMBIENTAL DEL PROYECTO EL CARRIZO

VIABILIDAD AMBIENTAL

Caracterización ambiental

1.549 El área del Proyecto forma parte de la Provincia Fisiográfica denominada Sierra Madre Occidental, comprendida dentro de la cuenca hidrológica de Armería Coahuayana, la cual se caracteriza por presentar cerros aislados de moderada altura, poco arredondeados formando pequeñas mesetas enmarcados en valles de diferentes dimensiones, de poca pendiente, con drenaje de tipo dendrítico hacia el vaso de la futura presa.

1.550 El área por beneficiar comprende una superficie de 3,177 has y limita al norte con las Localidades Cuesta San Lázaro y La Garita, así como con la carretera Tamazula de Gordiano-Mazamitla; al sur con las Localidades El Tulillo y Los Llanos; al este con las Localidades El Carrizo, Las Minas, La Hacienda, Los Limones y El Guayabo, así como con la carretera Tamazula de Gordiano-Mazamitla; y, al oeste con la Localidad El Ramblón.

Orografía y paisaje

1.551 La zona de Tamazula se caracteriza por la presencia de edificios volcánicos, la cobertura de materiales extrusivos producto de erupciones. Existen áreas montañosas con perfiles suaves, disectadas por cañadas generalmente estrechas y con grandes planicies de depósito y acumulación, formadas por efectos tectónicos. Sus principales elevaciones son: el cerro Las Alazanas con 1,700 msnm y el cerro La Malagueña con 1,600 msnm. La orografía se caracteriza por una superficie conformada por zonas accidentadas (40%), zonas semiplanas (35%) y zonas planas (25%). En la parte centro y oeste predominan altitudes que varían entre 900 y 1,500 msnm y en el resto del territorio las altitudes van de 1,500 a 2,100 msnm, con excepción de una parte del noroeste, donde alcanzan hasta 2,700 msnm. El área del proyecto presenta una ligera pendiente en dirección este - oeste, y se encuentra interrumpido por pequeños lomeríos, mismos que actúan como fuente suministradora de material al valle motivo del estudio.

Hidrografía

1.552 Son afluentes del Río Coahuayana, los Ríos Tuxpan y Tamazula, a este último se integra el Arroyo "El Camichín", que es la corriente por aprovechar y que nace en la Sierra del Tigre, colindando con la cuenca del Río Tepalcatepec, subcuenca del Río Quitupan, a una elevación aproximada de 2,780 msnm. Otras corrientes son los Ríos Santa Rosa, Contla y Ferrería y los Arroyos El Tulillo, Hondo, Montenegro, El Limón, Barranca Grande, La Palma y Los Hornos.

1.553 El volumen escurrido medio anual del Río Camichín, hasta el sitio de la Presa El Carrizo, se determinó en 69,470 miles de m^3.

1.554 En su inicio la corriente por aprovechar lleva una dirección sur hasta el poblado Los Cimientos, de ahí toma dirección hacia el este hasta El Tulillo, a partir de donde toma dirección norte hasta desembocar en el Río Tamazula, el cual lleva dirección al sur, para integrarse más abajo primeramente al Río Tuxpan, este al Río Naranjo y finalmente al Río Coahuayana, para descargar finalmente en el Océano Pacífico.

1.555 La cuenca tiene forma irregular; el cauce principal Arroyo El Camichín, desde su nacimiento hasta la boquilla, tiene una longitud de 32.5 km, una pendiente media de 3.1%, sus tributarios principales en este recorrido son pequeños con escurrimientos de arroyos sin nombre, drena un total de 399 km^2 de cuenca hasta la boquilla de la presa de almacenamiento, de ahí confluye al Río Tamazula.

Clima

1.556 Para la determinación y clasificación del clima de la región se tomaron los datos de la estación climatológica de Tamazula de Gordiano, que se localiza en las inmediaciones de la zona del proyecto y cuenta con un tiempo de observación de 38 años. El clima se determinó utilizando el sistema Koppen, habiéndose clasificado como: C (o i p) B' 1 (a'), o sea, semiseco con otoño, invierno y primavera secos, semicálido sin cambio térmico invernal bien definido.

1.557 La clasificación del clima se efectuó mediante el análisis de datos de la estación Tamazula. Los principales datos de dicha estación son:

- La temperatura media anual es de 21.3 °C,
- La mensual máxima es de 24.8 °C en junio,
- La media mensual de las temperaturas máximas desde marzo hasta junio es igual o mayor a los 31.0 °C,
- La máxima extrema ha llegado a 39.3 °C en abril,
- El mes más frío es enero con una media de18.2 °C,
- El promedio de las mínimas es de 8.8 °C y se han registrado extremas de 1 °C al en febrero y marzo.

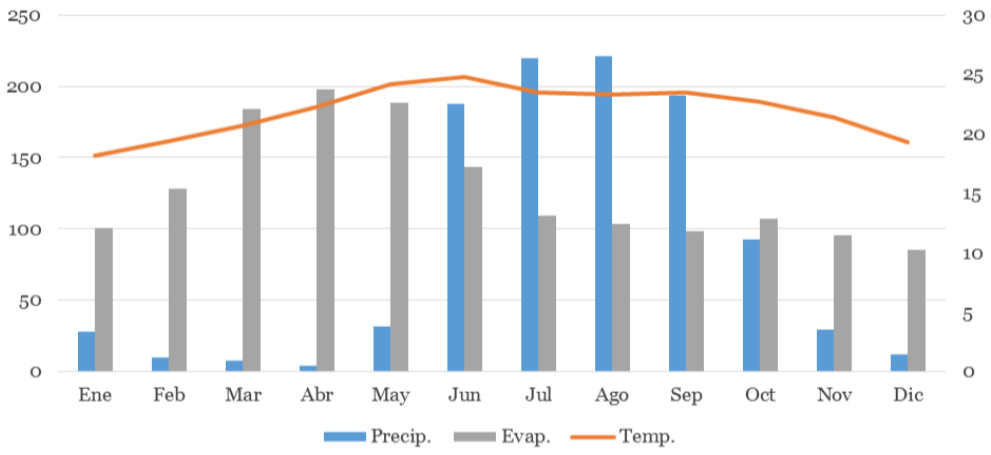
1.558 El régimen de lluvias se presenta durante los meses de junio a septiembre, con precipitación media anual de 1,037.9 mm, y período de heladas durante los meses de diciembre y enero con dos heladas al año en promedio; los vientos dominantes son del suroeste, teniendo una velocidad de 10 km/hr.

1.559 La evaporación media anual asciende a 1,541.7 mm y el período de máxima insolación se presenta durante los meses de mayo a septiembre en el que el porcentaje de insolación media mensual se considera como un fotoperíodo apropiado para gran diversidad de cultivos anuales y perennes. Los datos medios mensuales y media anual del periodo observado de la estación Tamazula se muestran en la siguiente tabla y climograma.

Promedios mensuales y anual 2012, estación Tamazula

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic	Media anual
Precipitación	28	10	8	4	32	188	220	221	194	93	29	12	**1,038**
Temperatura	18	19	21	22	24	25	24	23	24	23	21	19	**21**
Evaporación	101	128	184	198	189	143	109	103	98	107	96	85	**1,542**

Climograma: promedios mensuales y anual 2012, estación Tamazula

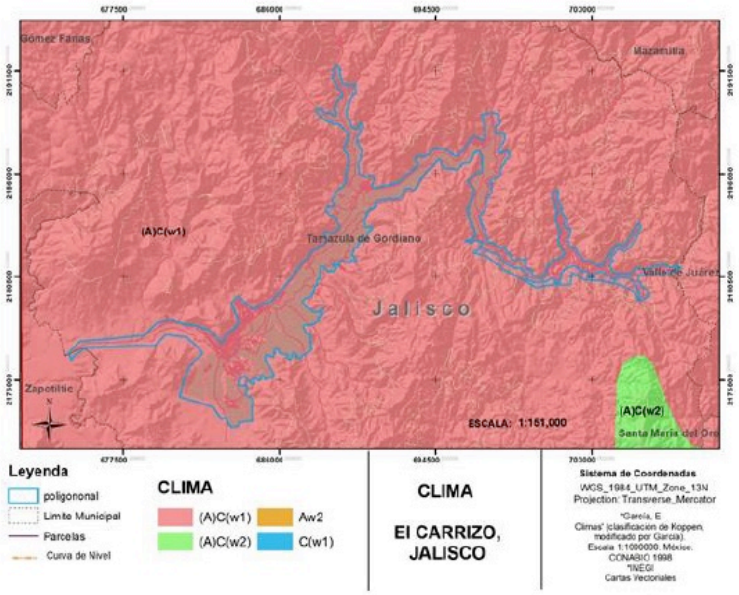


Fuente: Selome

1.560 Por otro lado, los datos de INEGI, 2008 para toda la región, reportan lo siguiente:

- (A)C(w1): Semicálido subhúmedo del grupo C, con una temperatura media anual mayor a 18°C. La temperatura del mes más frio es menor a 18°C, mientras que la temperatura del mes más cálidos es mayor a 22°C. La precipitación del mes más seco es menor a 40 mm; con lluvias de verano con un índice P/T entre 43.2 y 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% anual.
- (A)C(w2): Semicálido subhúmedo del grupo C, con una temperatura media anual mayor de 18°C. La temperatura del mes más frio menor a 18°C, mientras que la temperatura del mes más cálido es mayor a 22°C. La precipitación del mes más seco es menor a 40 mm; con lluvias de verano con un índice P/T mayor a 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

Clima



Fuente. CONABIO

Suelos

1.561 El área de estudio la integran tres geoformas: i) planicie aluvial, ii) planicie residual y iii) lomas; donde predominan suelos de texturas medias y finas. La planicie aluvial cubre la mayor superficie en ambas márgenes del Río Tamazula, siendo mayor el área de la margen izquierda que está constituida por suelos de formación aluvial reciente y que fueron originados por los materiales producto de la intemperización fisicoquímica de las rocas ígneas extrusivas que forman las sierras aledañas y han sido arrastradas y depositadas por las corrientes fluviales. Los Vertisoles y Fluvisoles abarcan la mayor superficie, están distribuidos en las partes planas, son suelos caracterizados por su modo de formación aluvial, presentan un grado de desarrollo joven, son profundos, texturas francas y franco arcillo arenosa a través de todo el perfil, pendientes menores a 2%.

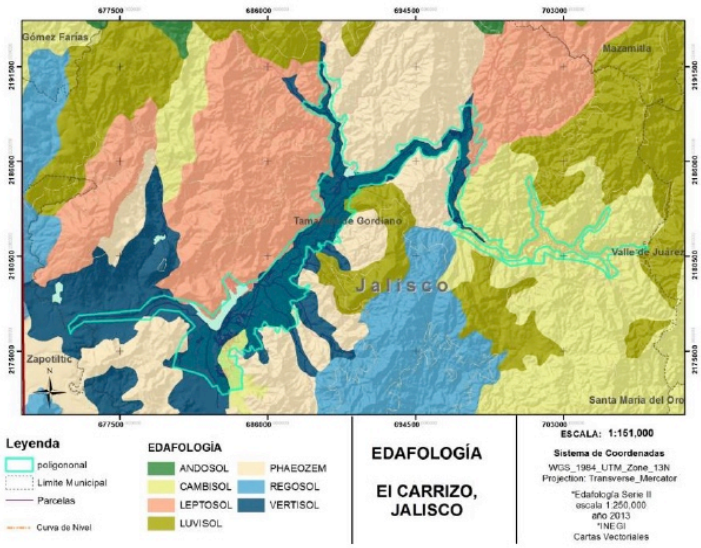
1.562 Según las grandes categorías establecidas por el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA, por sus siglas en inglés) y/o la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO, por sus siglas en inglés), los suelos de la zona de estudio están constituidos por una asociación de Vertisoles, Fluvisoles, Regosoles y Cambisoles, predominando los Vertisoles, localizados en las partes planas en ambas márgenes del Río Tamazula, los Fluvisoles y Regosoles se localizan en el lomerío suavemente ondulado.

1.563 Morfológicamente, los Vertisoles se caracterizan por presentar mayor cantidad de arcillas montmorillonita, horizonte inferior que se expande y contrae con la absorción y pérdida de agua, tienen alta capacidad de intercambio catiónico y es plástica y pegajosa cuando se humedece, son de color gris claro y su grado de desarrollo es reciente y profundo.

1.564 Los Fluvisoles se encuentran en su mayor parte aguas arriba del poblado El Tulillo, en ambos márgenes del Río Tamazula, se caracterizan por ser profundos, de formación aluvial y desarrollo reciente, presentan texturas de franco y migajón arenoso.

1.565 La mayor parte de la zona de cultivos se localiza en una planicie con pendientes menores al 2% y el restante con un relieve suavemente ondulado con pendientes entre 2% y 6%. Su uso es 100% agrícola, cultivándose el 95% con caña de azúcar y el 5% restante con maíz y pequeños huertos de frutales caducifolios (lima).

Edafología en la zona del proyecto



Fuente: INEGI

Erodabilidad del suelo

1.566 En diciembre de 1984, la entonces Secretaría de Agricultura y Recursos Hidráulicos, a través de su Dirección de Conservación del Suelo y Agua, realizó un inventario de los diferentes grados de afectación por erosión en el Estado de Jalisco, utilizando imágenes de satélite escala 1:250,000. El objetivo de esta investigación fue realizar un plano de erosión del Estado de Jalisco. Como resultado se obtuvo que la zona de Tamazula se caracteriza por la presencia de edificios volcánicos, la cobertura de materiales extrusivos producto de erupciones. Existen áreas montañosas con perfiles suaves, disectadas por cañadas generalmente estrechas y con grandes planicies de depósito y acumulación, formadas por efectos tectónicos. De manera general, fueron evaluados índices de erosión en la región del Proyecto de alrededor del 74% de clase A: erosión no manifiesta, es decir que la capa superficial del suelo se ha perdido en menos del 25%, pero se admite un 10% de la superficie del área con grado de erosión B o C. El 11% de los suelos con erosión leve (A/B), esto es la capa superficial del suelo se ha perdido en menos del 25% de la superficie del área con erosión moderada y severa; la cual se presenta en la zona forestal con relieve ligeramente inclinada.

1.567 El 10% de clase B/C, es decir erosión severa, en donde la capa superficial del suelo se ha perdido de un 25% a 75% pero se tienen de un 10% a un 25% de la superficie del área con erosión A o C. Finalmente, con un 4.72% presenta una erosión moderada en donde la capa superficial del suelo se ha perdido de un 25% a un 75%. Se presenta en la zona agrícola y zona forestal inclinada[8].

1.568 De manera general, los tipos de vegetación presentes en la región del Proyecto, de acuerdo con el INEGI, en su cartografía de vegetación y uso del suelo escala 1:50 000 son: bosque de galería, bosque de pino, bosque de encino, bosque de pino-encino y encino-pino, además de pastizales y agricultura, usos que han sustituido a la vegetación natural.

1.569 La degradación ambiental, con relación a la vegetación en el área, presenta cierto grado de deterioro. La perturbación se encuentra representada por la vegetación secundaria derivada del bosque templado, provocada principalmente por el cambio de uso de suelo. Las formas tradicionales de explotación han generado un cambio de uso del suelo ligado también al mal manejo de los recursos naturales, esto explica la degradación ambiental.

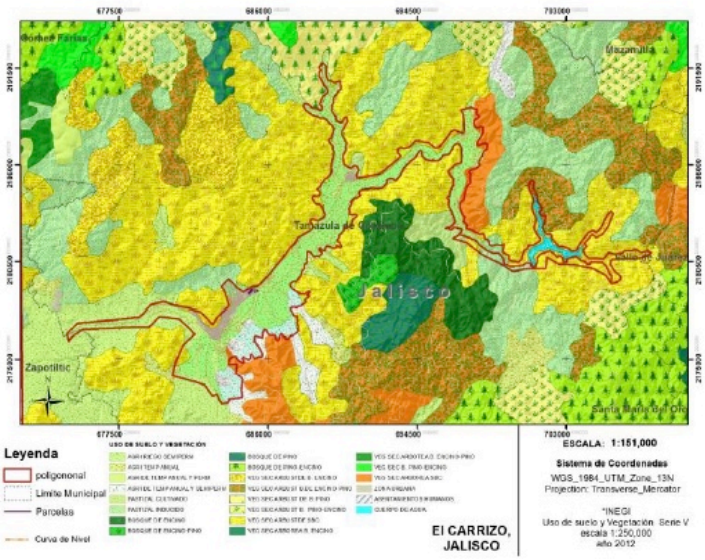
Vegetación

1.570 La zona donde se ubica el Municipio de Tamazula es una zona de topografía accidentada, en la que predomina la vegetación del bosque, siendo el más abundante la variedad de pino-encino, seguido por bosque mesófilo de montaña, bosque de oyamel y bosque de encino. Se localizan también extensiones considerables de selva baja caducifolia y selva baja espinosa asociada con vegetación secundaria. En áreas más pequeñas se encuentra vegetación alófila y matorral subtropical. Superficies considerables se dedican a la agricultura, principalmente de temporal, con áreas menores dedicadas a la agricultura de riego.

1.571 Específicamente, en la zona que limita el proyecto, el uso de suelo es de agricultura de temporal y pastizal cultivado.

[8] Presa de Almacenamiento Vista Hermosa, Tamazula de Gordiano, Jalisco. Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional. Gobierno del Estado de Jalisco, Secretaría de Desarrollo Rural.

Uso de suelo y vegetación en la zona del proyecto



Fuente. INEGI

Conclusión

1.572 El Municipio de Tamazula de Gordiano, así como una parte del sur de Jalisco, visualmente ha sido alterado para dar paso a zonas de producción agrícola. Es así que en los valles la totalidad de la vegetación nativa ha sido sustituida por el cultivo de caña de azúcar y dado que la rentabilidad del cultivo es elevada, los pobladores locales emprenden el cultivo de maíz en predios inclinados, o en su defecto, donde el cultivo de la caña es casi imposible de realizarse, como laderas de lomeríos y sierras, así como cañadas y terrenos de origen aluvial relacionados con cauces presentes en la zona.

1.573 Siendo así, el maíz en su gran mayoría se cultiva durante el temporal lluvioso y debido a sus requerimientos la vegetación de estos sistemas también ha sido retirada, esta actividad económica afecta el paisaje, ya que son pocos los lugares en donde se conserva vegetación natural.

1.574 Desde el punto de vista social, la baja densidad en la región del Municipio de Tamazula de Gordiano, obedece a las condiciones del relieve y el clima, ya que la zona montañosa denominada "Sierra del Tigre", presenta fuertes pendientes a lo largo de su gradiente altitudinal, lo que hace poco accesible a muchos de los terrenos ubicados en valles con potencial para realizar actividades agropecuarias.

1.575 A pesar de que las temperaturas hacen que el rendimiento de algunos cultivos sea adecuado y confortable para el hombre, dada su característica innata de colonizar áreas despobladas, los caminos y carreteras principales que comunican a áreas con actividades económicas desarrolladas no transitan por esta región.

1.576 Como consecuencia de lo anterior, se tienen deficiencias en las vías de comunicación, servicios educativos, salud y otros. Esta situación conlleva un alto grado de marginación social y a una alta tasa de emigración que ha ocasionado un decremento neto de la población humana.

1.577 Las principales actividades económicas que se realizan en la zona son las primarias (agropecuarias), las cuales han modificado el paisaje a través de la eliminación de la cubierta vegetal[9].

[9] Presa de Almacenamiento Vista Hermosa, Tamazula de Gordiano, Jalisco. Manifestación de Impacto Ambiental Modalidad Regional. Gobierno del Estado de Jalisco, Secretaría de Desarrollo Rural.

Análisis jurídico ambiental

1.578 El deterioro ambiental de los ecosistemas y la pérdida de especies exponen la necesidad de formular e implementar estrategias y acciones de conservación y restauración ecológica. En México, más de la mitad de la vegetación natural se ha perdido o transformado en campos agrícolas, pastizales cultivados, asentamientos humanos, entre otros usos del suelo y más de la mitad de los suelos muestran evidencias de algún tipo de degradación. Considerando que muchas áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad están afectadas por las actividades humanas, resulta clave contar con una guía espacial explícita para enfocar sitios que por sus características resulten importantes desde el punto de vista funcional y ecosistémico.

1.579 Como parte de una estrategia de planeación territorial en el país, resultado de diversas iniciativas auspiciadas por instituciones tanto gubernamentales como no gubernamentales, nacionales e internacionales, se han identificado en el país 152 Regiones Terrestres Prioritarias (RTP) que cubren 515,558 km^2.

1.580 A continuación, se describen aquellos sitios que, por sus características, ofrecen una gama de Servicios Ecosistémicos (SE) que deben ser considerados ante cualquier desarrollo que implique modificaciones en el habitad natural y que presentan una vinculación con el área.

Regiones Terrestres Prioritarias y Sitios Prioritarios para la Restauración

1.581 Para brindar un panorama de las necesidades de conservación y restauración más relevantes dentro de una estrategia de desarrollo territorial sustentable, se identificaron los Sitios de Atención Prioritaria (SAP) y los SPR para la conservación de la biodiversidad terrestre, dulceacuícola y costero-marina.

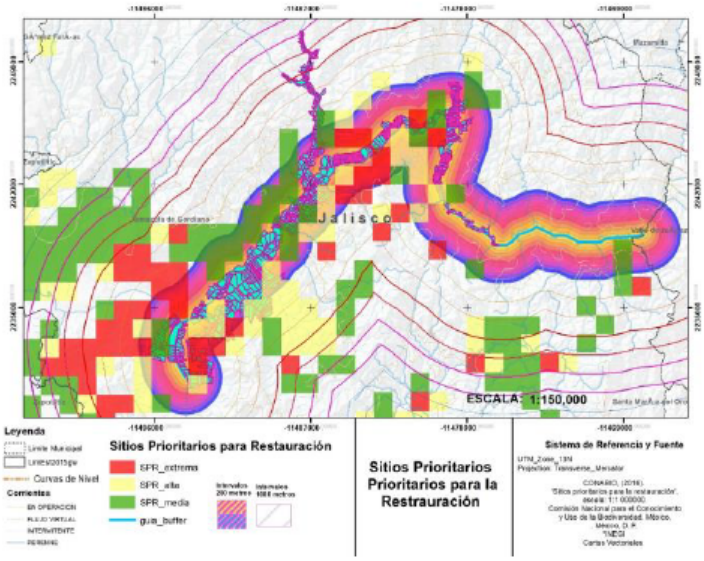
1.582 Los SPR fueron diseñados para identificar áreas de alto valor biológico que requieren acciones de restauración, con el objetivo de asegurar en el largo plazo la persistencia de su biodiversidad, función ecológica y los servicios ecosistémicos que proveen. Además, buscan incrementar la conectividad de ecosistemas y la recuperación de hábitats de las especies más vulnerables.

1.583 El área de estudio no presentó cercanía con ninguna RTP. Sin embargo, en la siguiente figura se observa que el área cuenta con varios sitios de interés para la restauración de los (SPR), sobre todo en el área suroeste correspondiente a la vegetación secundaria de Selva Baja Caducifolia.

1.584 En este sentido, es importante mencionar que en términos de restauración, la vegetación secundaria constituye un papel clave en la regeneración natural de los bosques y procesos de mitigación al cambio climático, ya que no requiere de una inversión fuerte en reforestación o mantenimiento de los bosques, y a cambio ofrece captura de carbono, restauración en la regulación hidrológica, biodiversidad y otros SE.

1.585 Se recomienda implementar las estrategias de restauración recomendadas, ya que esta acción sería favorable para fortalecer la calidad de los cultivo, así como para protegerlos de disturbios que pueden poner en riesgo su producción (ver análisis de Cambio Climático y Servicios Ecosistémicos).

Sitios Prioritarios para Conservación



Fuente. INEGI

Sitios de Atención Prioritaria para la Conservación de la Biodiversidad

1.586 La biodiversidad juega un papel muy importante en el funcionamiento de los ecosistemas, ya que se involucra directamente con la polinización, dispersión de semillas, regulación climática, secuestro de carbono, control de plagas, enfermedades agrícolas, regulación de la salud humana. Además afecta los procesos ecosistémicos como la producción primaria, el ciclo de nutrientes y agua; la formación y retención del suelo, apoya indirectamente la producción de alimentos, fibra, agua potable, refugio y medicamentos.

1.587 Conocer y conservar porciones representativas de la biodiversidad es un reto de gran magnitud y complejidad por la elevada riqueza biológica que alberga el país, es por ello que resulta imperante reconocer los sitios que por sus características puedan albergar gran biodiversidad y riqueza ecosistémica.

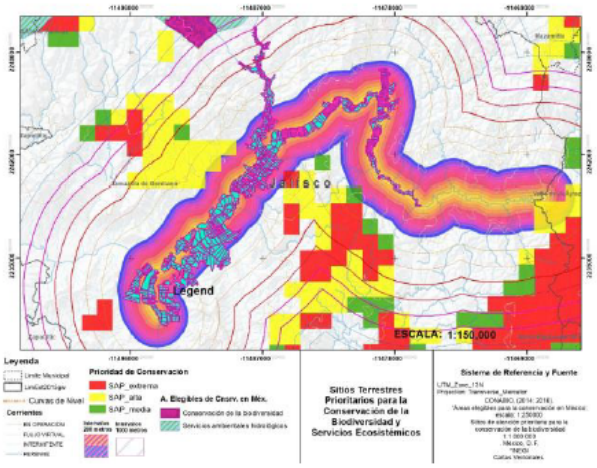
1.588 Se puede observar en la siguiente figura que a 1,000 metros de distancia del sitio de acueducto se localizan sitios de importancia en Servicios Ambientales Hidrológicos y de Conservación de la biodiversidad. Estas áreas resultan del análisis de diversas fuentes, que se traducen en políticas públicas relacionadas al pago por servicios ambientales, en este caso a dueños de terrenos forestales que de manera voluntaria deciden participar en los programas.

1.589 A pesar de la cercanía, el proyecto no se vincula ni presenta riesgo de afectar a esta zona en particular.

1.590 La zona de presa, ubicada en orientación este del polígono de estudio, se constituye como un Sitio de Aptitud Prioritaria para la Conservación con alta prioridad, así también, se puede apreciar que existen varios sitios con priorización extrema, media y alta de conservación a lo largo de toda la zona.

1.591 Es importante considerar esta regionalización en la etapa de construcción de la obra con la finalidad de generar el menor impacto posible. Sin embargo, también es importante conservar estos sitios por los beneficios que ofrecen al proyecto dada su vinculación (ver análisis de Cambio Climático y SE).

Sitios de Atención Prioritaria para la Conservación de la Biodiversidad



Fuente. INEGI

Sitios prioritarios acuáticos epicontinentales para la conservación de la biodiversidad

1.592 La conservación de la biodiversidad acuática epicontinental (lagunas y ríos) es fundamental, ya que incluye una rica variedad de ecosistemas que sustenta una gran diversidad de especies nativas de flora y fauna, muchas de ellas endémicas y de gran relevancia en el ciclo hidrológico de diferentes regiones del país.

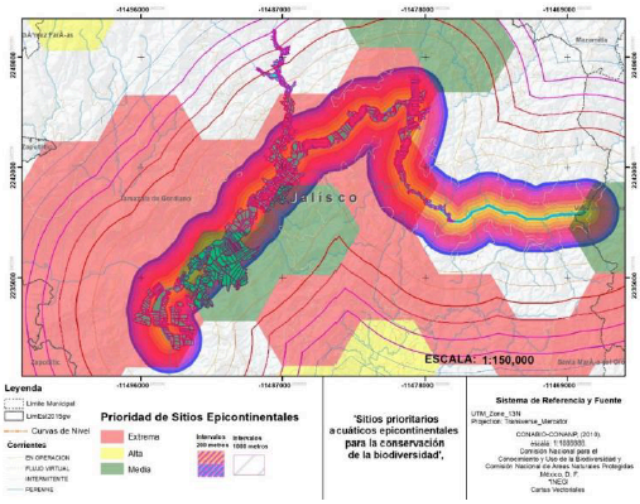
1.593 Por sus funciones ecológicas, proveen múltiples servicios, dentro de los que destacan: el control de inundaciones, almacenamiento de agua, control de plagas, retención del suelo, control y estabilización de microclimas, provisión de alimentos, purificación de desechos, provisión de servicios estéticos y recreativos, entre otros.

1.594 El área de estudio forma parte de la Región Hidrográfica Armería-Coahuayana, cuyo Río Coahuayana, es considerando dentro de los 50 principales ríos de México, por esta razón la zona cruza casi en su totalidad con sitios prioritarios epicontinentales.

1.595 La caracterización del sitio como prioritario, se refleja en la presencia de cuerpos perennes distribuidos en toda el área (ver densidad de ríos perennes en SE), además de que la ubicación particular de la obra corresponde a la zona de transporte y emisión del Río Tuxpan, donde la dominancia de suelos es arcilloso de tipo Vertisol, mismo que favorece la formación de cuerpos de agua (ver análisis de Cambio Climático y SE).

1.596 En este sentido, es importante mencionar que la denominación es solo un referente a considerar y no involucra ninguna limitante legal que impida la construcción del Proyecto. Por el contrario, fortalece el conocimiento de los sitio de provisión de agua, que resultan importantes de manejar con cuidado para asegurar el abastecimiento de agua.

Sitios de importancia epicontinental



Fuente. INEGI

Efecto del Cambio Climático sobre el Proyecto

1.597 Durante la "Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", México comparte con el mundo la preocupación por el cambio climático global y reconoce la necesidad de participar en el esfuerzo por la mitigación.

1.598 Como parte de las estrategias, la adaptación al Cambio Climático se enmarca en el contexto de la gestión de riesgos[10], con el objetivo de reducir, prevenir y controlar en forma priorizada el potencial de ocurrencia de desastres en la población, en un sector o una región, combatiendo las causas estructurales de los problemas, fortaleciendo las capacidades de resiliencia de la sociedad y construyendo un modelo que, bajo un clima distinto, siga dando viabilidad al desarrollo. En este sentido, las medidas de prevención frente a fenómenos meteorológicos extremos son una mejor forma de coexistir con la naturaleza misma.

1.599 Una herramienta que permite modelar posibles escenarios de proyección de Cambio Climático, son los modelos de la Unidad de Informática para las Ciencias Atmosféricas Ambientales (UNIATMOS) de la Universidad Nacional Autónoma de México. Estos escenarios son una representación plausible y a menudo simplificada del clima futuro, basada en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas, que se constituyen para ser utilizadas de forma explícita en la investigación de las consecuencias potenciales del Cambio Climático antropogénico, y que sirve a menudo de insumo para las simulaciones de los impactos.

1.600 El uso de estos modelos facilita la planificación de proyectos ante las posibles amenazas y ayuda a prevenir e intentar mitigar las posibles adversidades.

1.601 Para fines de este trabajo, se usó el modelo HADGEM[11]-RCP6[12] (2075-2099), con la finalidad de prever las posibles afectaciones que se pueden presentar en el Proyecto bajo un escenario de Cambio Climático, los resultados fueron los siguientes:

[10] Riesgo: resultado de la interacción de amenazas definidas física mente con las propiedades de los sistemas expuestos, es decir, su sensibilidad o vulnerabilidad (social). El riesgo también puede considerarse como la combinación de un evento, su probabilidad y sus consecuencias.

1.602 Se muestran cambios de temperatura y precipitación en el área de estudio. Los cambios asociados al Cambio Climático impactan directamente en los contenidos de agua del suelo por efectos de la evapotranspiración.

Variables ambientales de importancia para la zona de recarga del acueducto y la zona de emisión

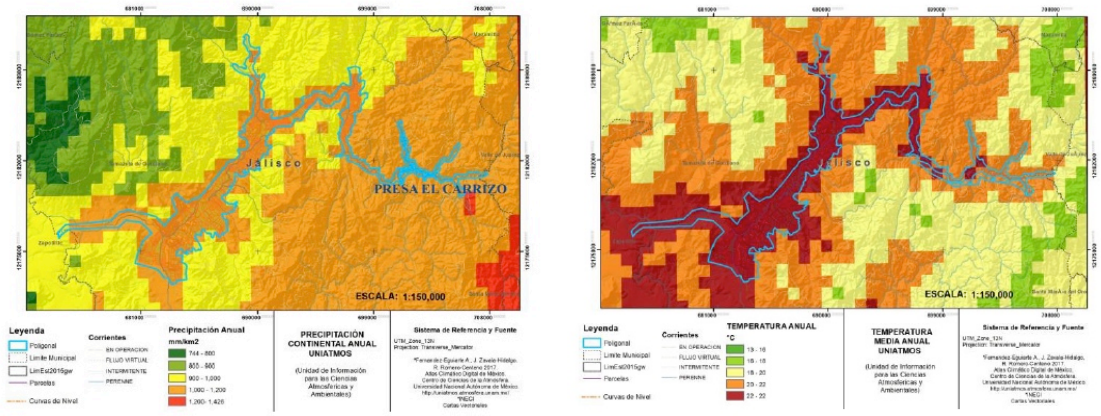
Variables	Z1 Presa Carrizo	Z2 Tamazula de Gordiano
Clima	(A) C (w1) Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor a 18°C, temperatura del mes más frío menor de 18°C, temperatura del mes más cálido mayor a 22°C.	(A) C (w1) Semicálido subhúmedo del grupo C, temperatura media anual mayor a 18°C, temperatura del mes más frío menor a 18°C, temperatura del mes más cálido mayor a 22°C.
Suelo	Cambisol	Vertisol
Hidrogeología	Roca intrusiva granítica granodioritica y doleritas de permeabilidad baja	Rocas volcánicas, principalmente basálticas y andesiticas permeabilidad media alta
Prec actual	1,000 a 1,200 mm/km^2	1,000 a 1,200 mm/km^2
Prec HADGM	1,200 a 1,400 mm/km^2	1,000 a 1,200 mm/km^2
Dif Prec	Aumento de 90 a 132 mm/km^2	Aumento de 60 a 80 mm/km^2
Temperatura	20 a 22°C	22 a 23°C
Tem HADGEM60	24 a 25°C	24 a 25°C
Dif de temp	Aumento de 3.6 a 3.4°C	Aumento de 3.2 a 3.4°C

*La tabla contiene resultados de temperatura, precipitación y diferencia entre la condición actual y futura de estas mismas variables con el escenario de cambio climático HADGEM2-RCP60 a largo plazo (2075-2099).

1.603 Por otro lado, el suelo es un agente de soporte y regulación de servicios ambientales y es el sustento y fuente de nutrientes para los organismos. La regulación de estos servicios fluctúa dependiendo de las características que presente el suelo.

1.604 La zona de estudio se caracteriza como una región de balance de humedad igual a 161-270 días de humedad, con un régimen de humedad del suelo de 91-180 días de humedad y régimen de temperatura térmica, lo cual es característico de climas subhúmedos y cálidos como la zona de estudio.

Precipitación y Temperatura Actual

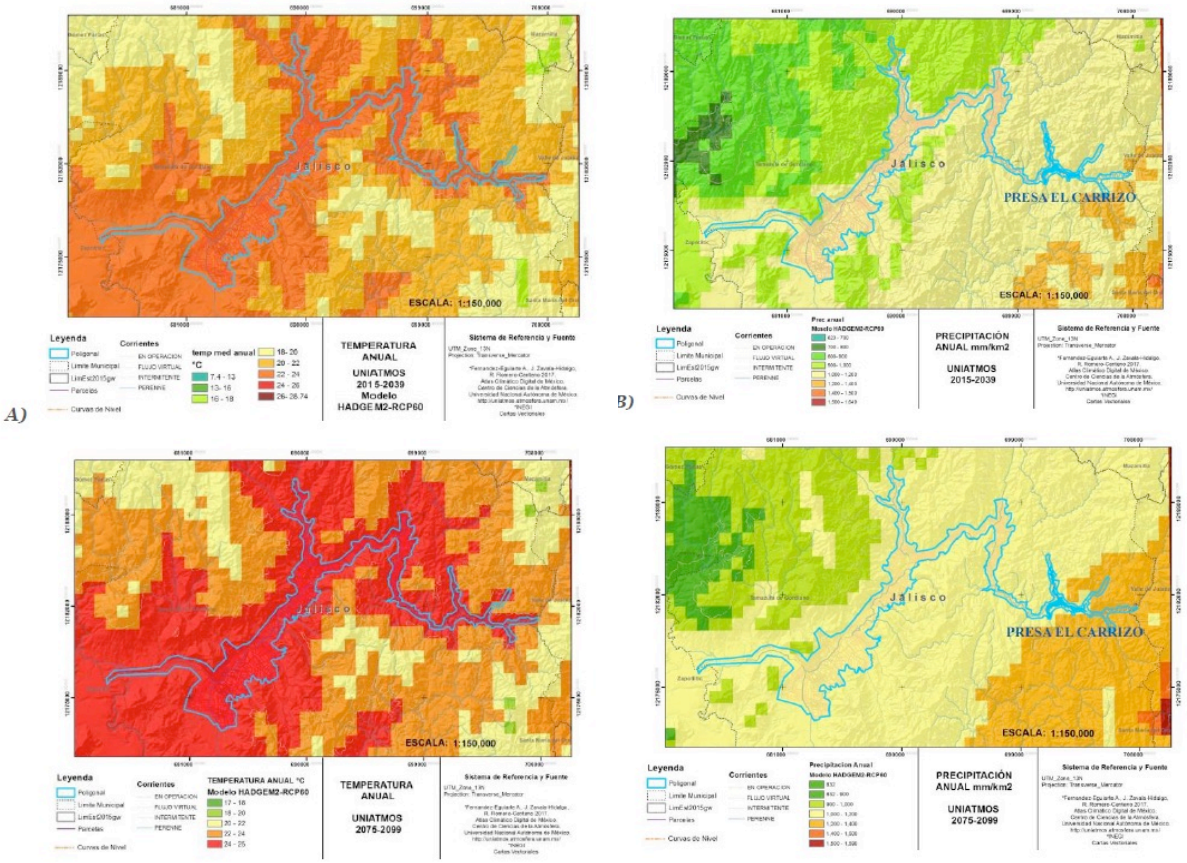


Fuente. INEGI

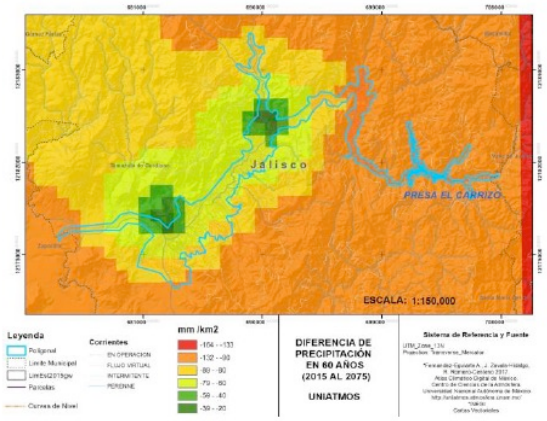
[12] Modelo desarrollado por el Reino Unido, el cual asume un forzamiento radiativo de +6 , donde las emisiones anuales de gases de efecto invernadero alcanzan un pico alrededor del 2080 y posteriormente disminuyen

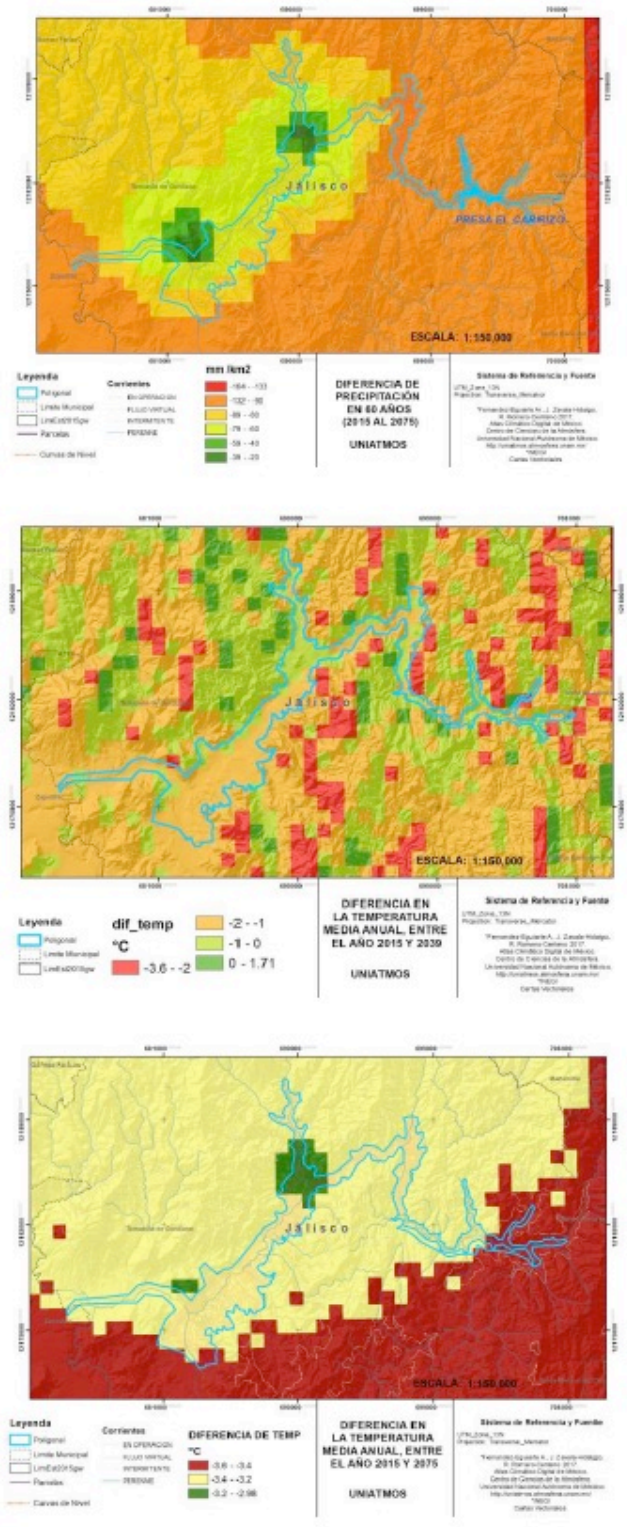
1.605 En estas regiones, las afectaciones por el cambio climático muestran un aumento en el régimen de temperatura, mientras que el balance y el régimen de humedad en los suelos resultan ser muy variables, disminuyendo y aumentando en diferentes áreas. En estas condiciones, el régimen de temperatura se mantiene dentro de los estándares de un régimen térmico ya que el aumento en la precipitación ayuda a amortiguar hasta cierto punto el exceso de calor.

Escenario de cambio climático HADGEM2-RCP60 a A) mediano y largo plazo B) Precipitación



Diferencia en la Precipitación a mediano a) y largo plazo b), entre el Escenario actual y Bajo Cambio Climático





Fuente. INEGI

1.606 En el caso particular del Valle de Juárez (sitio de ubicación de la Presa el Carrizo), se observa un aumento en la precipitación de 90 a 132 mm/km2 y un amento en la temperatura de 3.6 °C aproximadamente. Bajo este escenario y dadas las características de la región, se pude concluir lo siguiente:

- El tipo de suelo presente en la región, corresponde a un Vertisol con propiedades pelicas y epiesqueléticas. Se caracteriza por ser un suelo de gran contenido de arcillas revueltas con una alta proporción de arcillas expandibles 2:1, pobremente drenado y entre 40% y 90%(en peso) de gravas u otros fragmentos gruesos en los primeros 50 y 100 cm desde la superficie del suelo. En estos suelos se forman profundas y anchas grietas, las cuales se abren y cierran periódicamente desde la superficie del suelo cuando este se seca.
- En general, los vertisoles son suelos ampliamente usados en la agricultura, ya que cuentan con un alto contenido de arcillas y una alta capacidad de intercambio catiónico que favorece la estructura de los suelos. Bajo condiciones húmedas, el suelo puede ser fácilmente manejado y resulta altamente favorable para la agricultura. En suelos irrigados o lluvias prolongadas estos suelos se inundan rápidamente. Por el contrario, cuando se secan, presentan una fuerte compactación y una consistencia muy dura con fuertes agrietamientos por procesos de expansión contracción de las arcillas.
- Bajo el escenario de Cambio Climático planteado para esta área, se pude decir que el aumento en las lluvias puede promover diferentes escenarios para este sitio, ya que por un lado, la humedad favorece el manejo del suelo, sin embargo, el aumento que se pronostica en la precipitación más el riego podrían provocar fuertes inundaciones en el área de cultivo. Por otro lado, en los meses donde disminuye la precipitación (noviembre a mayo), los valores de temperatura van de 21 a 28°C, por lo que se deberá prevenir la desecación y compactación del suelo, con el fin de evitar los problemas antes planteados.

1.607 Es importante considerar los posibles escenarios que se presentan ante el cambio climático con el fin de implementar medidas de mitigación que prevengan y reduzcan los impactos que se pronostican para la zona de estudio.

Servicios Ecosistémicos

1.608 Los Servicios Ecosistémicos (SE) son todos los beneficios que proporcionan los distintos ecosistemas y que contribuyen al bienestar social, se obtienen principalmente de los procesos y funciones biológicas propias del mismo, pero también incluyen las percepciones colectivas de los humanos. El planteamiento en general, parte de analizar el valor intrínseco o utilitario que ofrecen los distintos ecosistemas y sopesar el beneficio a favor del mantenimiento del sistema al que pertenecen.

1.609 La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio describe, dependiendo de sus funciones, los siguientes servicios:

a) **Soporte:** son los procesos ecológicos básicos que aseguran el funcionamiento adecuado de los ecosistemas y el flujo de servicios de provisión, de regulación y culturales. Entre estos servicios se encuentran la productividad primaria, que es la conversión de energía lumínica en tejido vegetal, el suelo y el mantenimiento de la biodiversidad.

b) **Provisión:** se trata de bienes tangibles, también llamados recursos naturales o bienes; en esta categoría están incluidos los alimentos, el agua, la madera y las fibras. Estos servicios proporcionan el sustento básico de la vida humana. Los esfuerzos por asegurar su provisión guían las actividades productivas y económicas.

c) **Regulación:** se incluyen procesos ecosistémicos complejos, mediante los cuales se regulan las condiciones del ambiente en que los seres humanos realizan sus actividades productivas. En esta categoría se incluyen la regulación climática, la regulación de los vectores de enfermedades y la regulación de la erosión de los suelos, entre otros.

d) **Culturales:** se refiere a beneficios que dependen de las percepciones colectivas de los humanos acerca de los ecosistemas y de sus componentes, los cuales pueden ser materiales o no materiales, tangibles o intangibles. Los beneficios espirituales, recreativos o educacionales que brindan los ecosistemas también se consideran en esta categoría.

1.610 En general, los cambios que afectan a estos servicios, repercuten de diversas maneras en el bienestar social. En el caso particular de las obras o actividades como la agricultura, los ecosistemas son activamente manejados por los humanos para optimizar distintos servicios de infraestructura, provisión de comida, obtención de fibras, combustible entre otros. No obstante, a su vez, estos servicios clasificados como de provisión, dependen de una red de servicios de apoyo y regulación como insumos para la producción (suelo, vegetación, polinización, fertilidad etc). En este sentido, resulta importante identificar las redes funcionales de las cuales depende un servicio, con el fin de optimizar su aprovechamiento y mantener la resiliencia del mismo.

1.611 El presente análisis identifica de manera general, algunos SE en la zona que por sus características afectan o pueden ser afectados por el Proyecto.

1.612 Los SE analizados en este trabajo son la vegetación, el suelo, la hidrografía y el relieve como factor regulador.

1.613 Para llevar a cabo este proceso, se usó como unidad de análisis a la cuenca, ya que permite delimitar e identificar zonas funcionales dentro de un espacio, al mismo tiempo que facilita la comprensión y dinámica de las interacciones entre diferentes SE.

Metodología

1.614 Con ayuda del Software ArcGis 10.3 y su extensión ArcSWAT 2012.10.18 del modelo SWAT2005, se identificaron 23 subcuencas de la red de drenaje correspondiente a la subcuenca del Río Tuxpan, ubicado en la cuenca del RíoCoahuayana.

1.615 De cada subcuenca se obtuvo una caracterización morfométrica con el fin de evaluar el funcionamiento y comportamiento de la región a partir de indicadores del medio físico (área de la cuenca, pendiente media, longitud del cauce principal, pendiente del cauce principal, altitud media, máxima y mínima, coeficiente orográfico, densidad de drenaje y densidad de drenaje perenne) que guardan una estrecha relación con los procesos de modelación del paisaje.

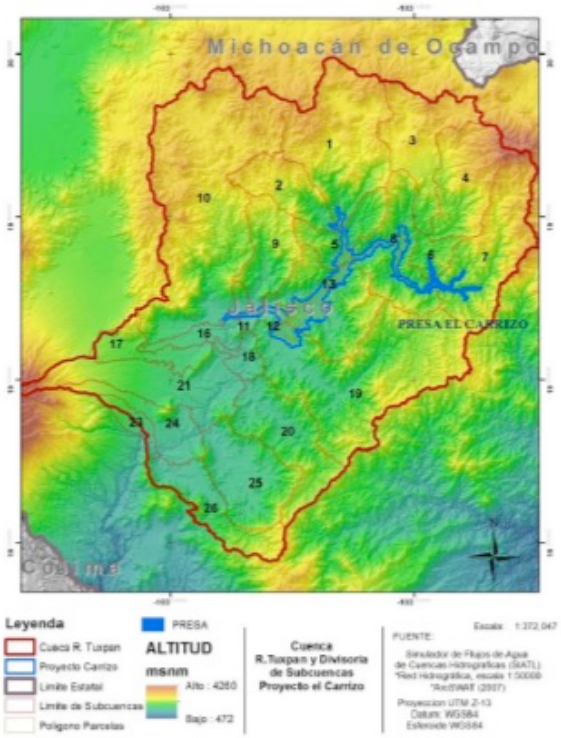
1.616 Posteriormente, se usó la carta de uso de suelo y vegetación, la carta edafológica y de perfiles serie II, la carta hidrológica, la carta hidrogeológica, rasgos topográficos y modelo digital del terreno. Estas cartas se vincularon con cada una de las subcuencas y se realizó un análisis de la relación de cada variable con la funcionalidad que presentan en la cuenca en términos de SE.

Resultados y Discusión

1.617 La cuenca del Río Tuxpan cuenta con un área de 284,898 has y una altitud que va de 559 a 4,260 msnm, esto representa una diferencia altitudinal de 3,701 m. El Proyecto (presa y área de cultivos), se vincula con la zona de transporte y emisión de la cuenca del Río Tuxpan atravesando a ésta por la zona de menor altitud (cauce principal de la cuenca).

1.618 Los SE y las características ambientales de las 23 subcuencas se describen a continuación:

Cuenca del Río Tuxpan, con la subdivisión de las 23 subcuencas



*Se observa el área del Proyecto el Carrizo, la cual se ubica en la zona de trasporte de menor altitud de la Cuenca

Variables Morfométricas

1.619 Una herramienta clave en el análisis fisiográfico de una cuenca (sobre todo cuando se carece de información a detalle en la zona de estudio) es la morfometría, ya que permite establecer parámetros de evaluación del funcionamiento y comportamiento de una región a partir de una serie de indicadores del medio físico que guardan una estrecha relación con los procesos de modelación del paisaje. Las variables morfométricas analizadas son las siguientes:

a) **Densidad de drenaje:** en general, las subcuencas presentan una densidad de drenaje de bajo a medio lo cual indica un régimen pluvial con pendientes medias y de mediana complejidad ambiental. La mayoría de las subcuencas con mayor densidad de drenaje (subcuencas 26, 29, 19 y 13 con excepción de la 6), se encuentran en la zona de emisión de la cuenca del Río Tuxpan. Es una zona donde vierten las subcuencas de mayor altitud. Estas subcuencas, resultan ser las de mayor importancia como fuente potencial de provisión de agua.

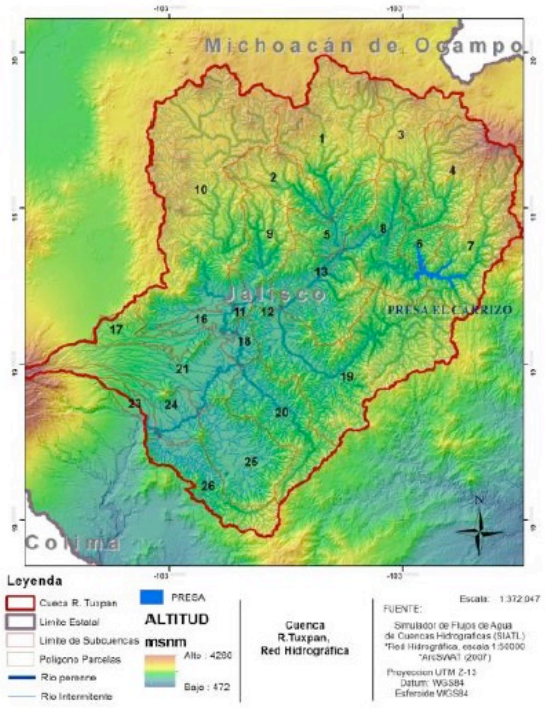
b) Por su parte, la subcuenca 13, sitio donde se encuentra la mayor superficie de cultivos, forma parte del cauce principal de la cuenca, es aquí donde inicia la superficie de emisión de la cuenca del Río Tuxpan y por lo tanto, representa un sitio importante de provisión de SE por la oferta de agua hacia los cultivos. También es un sitio donde se llevan a cabo las mayores crecidas y por lo tanto el mayor volumen de escurrimiento, si a esto se le suma el suelo tipo *Vertisol* (ver análisis Cambio Climático), esta área se caracteriza por tener un alto potencial de inundación, pero también un alto potencial de almacenamiento de agua. Por lo tanto, se recomienda mantener los SE de regulación que ofrecen las subcuencas 5 y 8, en conexión con la subcuenca 13, con la finalidad de retener el agua y el suelo cuenca arriba y así evitar inundaciones y el transporte de sedimentos que pueden dañar a los cultivos o a otras áreas de la superficie de emisión.

c) **Drenaje perenne:** todas las subcuencas, con excepción de la número 17, cuentan con al menos un cuerpo de agua de este tipo. Este rango distintivo es la razón por la cual la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) caracteriza al sitio como de extrema prioridad acuática epicontinental para la conservación de la biodiversidad, aunque toda el área alrededor del rio pertenece a uso de suelo agrícola. La mayor densidad se tiene en las subcuencas 2, 7, 8 y 9 correspondientes a la zona de transporte, en ellas se puede proveer de agua durante todo el año y de ellas depende el suministro de agua de las subcuencas de menor altitud en conexión con estas, por lo tanto se consideran como prioritarias por sus SE de provisión de agua hacia las zonas de cultivo y la presa. Para la construcción del paso del acueducto por la subcuenca número 8, se deberá tener precaución con el cuerpo de agua perenne presente, así también en la subcuenta número 5 y 13 donde se presenta la misma situación. La conservación de estos sitios es de suma importancia en el abastecimiento de agua.

d) La cuenca forma parte de la Región Hidrográfica Armería-Coahuayana, cuyo Río Coahuayana, es considerando dentro de los 50 principales ríos de México. Esto es importante si se considera que esta zona es fuente potencial de abastecimiento de agua a los cultivos, que si bien, su abastecimiento será partir de la presa, el mantenimiento de estos cuerpos de agua reduce los costos en la demanda del líquido a la presa y ayuda a conservar el microclima en la región para el mantenimiento y calidad de los cultivos. Además, de toda el agua en el planeta, solo 0.0001% corresponde a los ríos, por lo tanto su conservación también contribuye con la conservación de los SE hidrológicos

e) **Desnivel altitudinal:** El desnivel altitudinal en una cuenca es representativo de variación ecosistemas por diferencia de piso altitudinal (cambios climáticos por temperatura, precipitación, evapotranspiración, oxígeno o por pasar de zonas planas a regiones con mayor altitud). Las subcuencas con mayor desnivel altitudinal, corresponden a la 21 y la 7 con más de 1,500 m de diferencia altitudinal. La cuenca 21, no se vincula con el acueducto y las áreas de cultivo delimitadas en el Proyecto. Esta subcuenca alimenta a su zona de emisión (área agrícola) con las aguas provenientes del Nevado de Colima, sitio funcional de captación y transporte de agua. La subcuenca número 7, con un desnivel altitudinal de 1,601 m, contiene en la superficie de menor altitud a la Presa El Carrizo y la gran diferencia altitudinal por lo tanto, le confiere mayor oportunidad para captar el agua proveniente de las partes más altas de la subcuenca. En este sentido, el relieve de gran diferencia altitudinal, ofrece a la presa potencial para recibir los SE de soporte al mantener el ciclo del agua; regulación evitando contaminación y azolve de la presa y provisión del agua misma. En primera instancia, un gradiente altitudinal, expresa heterogeneidad ambiental y por tanto, es representativa de variedad ecosistémica a lo largo del gradiente. En estos ambientes la interdependencia entre un sistema y otro es muy fuerte y cualquier perturbación se verá reflejada en la red hidrográfica. De esta manera, si los sistemas por los cuales transcurre el cauce son estables, se mantiene la calidad y cantidad del agua ofreciendo así un SE de regulación y provisión para el mantenimiento de la presa. Se recomienda, por lo tanto, mantener en la medida de lo posible la conectividad de los sistemas en el gradiente altitudinal, con el fin de mantener el aporte y preservar la calidad y cantidad de agua en la presa.

Red Hidrográfica de la cuenca del Rio Tuxpan



*En la imagen se puede observar la importancia de la cuenca como Región Prioritaria Epicontinental

f) **Pendiente media %:** En general el 65% de las subcuencas, presenta una pendiente media de más de 20%, lo que implica un relieve escarpado con alta capacidad erosiva. En estas áreas es importante mantener la cubierta forestal con el objetivo de regular los fenómenos de remoción de masa. El paso del acueducto no se ve afectado ni afecta ninguna zona de relieve accidentado, ya que su ubicación corresponde a los sitios de emisión de las subcuencas cuyo relieve es casi plano. No obstante, las subcuencas con mayor valor en pendiente corresponden a la 7, 8 y 6 con valores de pendiente mayor a 35% correspondiente a laderas de montaña fuertemente escarpada y alta capacidad erosiva. Las subcuencas 7 y 6 son las que se encuentran en vinculación con la presa, por lo tanto, esta depende de los SE que regulan la erosión como lo es la vegetación y el mantenimiento de la estructura del suelo. De no mantener la protección al suelo, se corre el riesgo de azolvar la presa y además eutrofizar los cuerpos de agua. Con el azolve disminuye la cantidad y la calidad del agua y los costos de reparación son altos. Por otro lado, las subcuencas 8, 5 y 13 con pendientes de 38%, 34% y 32%, respectivamente, en la zona de transporte, se vinculan con las áreas de cultivo. En este sentido, resulta importante mantener estables a los suelos de las zonas de ladera, ya que ante un evento erosivo, el material proveniente de las laderas se depositará en las partes bajas (en este caso áreas de cultivos) sepultando a los cultivos y al suelo fértil. El material depositado, contiene partículas de todos tamaños (arenas, limos, arcillas, gravas, lodo), por lo tanto carece de estructura, este hecho, imposibilita cualquier práctica agrícola por lo que el suelo pierde su funcionalidad. Los SE que regulan la erosión, son fundamentales para mantener la funcionalidad de cualquier sistema ambiental, por lo tanto, se fortalece la recomendación de promover iniciativas de restauración y conservación en estas áreas, con el fin de mantener la calidad y cantidad de agua en la presa y las áreas de cultivos.

g) **Pendiente del cauce principal:** las pendientes del cauce principal van de ligeramente inclinadas a moderadamente inclinadas en su mayoría, por lo tanto, las velocidades en el transporte de agua y los tiempos de concentración también son medios. Esta situación representa una la limitante para que el agua de la Presa el Carrizo llegue a las áreas de cultivo, pues las velocidades de transporte

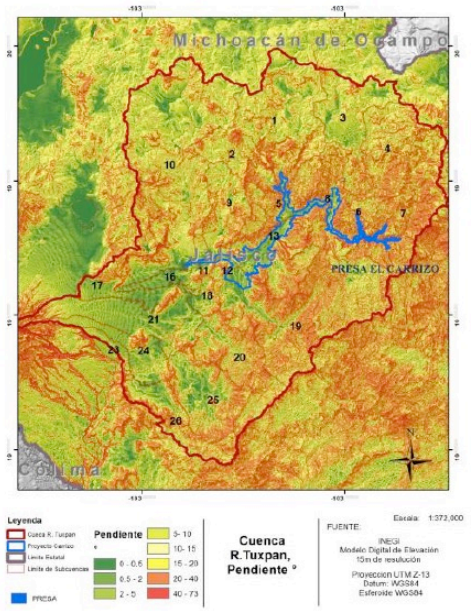
son moderadamente bajas y los tiempos de infiltración son mayores desde la presa hacia la zona de cultivo. En este sentido, el acueducto favorecerá la provisión de agua a la zona agrícola y con ello se disminuirá el abatimiento por la extracción de agua a los pozos, ofreciendo así, un SE de regulación y provisión, pues también el agua de estos quedará a disposición del consumo humano. Resalta aquí, la subcuenca número 8, ya que presenta una pendiente de cauce de 1.61% lo cual corresponde a un terreno casi plano, donde se deberá incrementar la energía para que el acueducto pueda trasportar el agua hacia las zonas agrícolas de menor altitud.

Resultados de las variables morfométricas para cada una de las subcuencas

Subcuencas	Área Km²	Densidad de drenaje perenne	Densidad de drenaje perenne	Coeficiente Orográfico	Desnivel altitudinal	Pendiente media	Pendiente del cauce principal
1	198.99	2.00	0.40	17,998.21	1,240	26.10	3.13
2	71.78	2.27	**0.60**	42,525.56	1,157	32.24	4.53
3	117.81	2.05	0.33	31,007.16	1,137	19.24	2.95
4	112.14	2.37	0.33	33,227.87	1,515	34.10	4.50
5	55.61	2.56	0.10	36,429.42	837	34.22	4.87
6	26.44	2.94	0.33	**80,279.24**	622	**37.13**	4.37
7	159.74	2.60	**0.59**	20,854.90	**1,601**	**42.26**	4.06
8	110.61	2.69	**0.57**	18,594.53	867	**38.07**	1.61
9	77.93	2.40	**0.56**	30,149.68	880	28.22	3.48
10	416.37	2.09	0.28	8,221.75	1,335	23.83	1.67
11	13.02	2.40	0.21	**116,089.32**	735	17.18	**8.86**
12	12.01	2.52	0.41	**119,881.66**	456	26.50	3.68
13	127.56	2.79	0.27	14,851.07	900	32.17	3.19
16	29.19	1.53	0.34	48,530.69	488	8.80	1.93
17	52.32	1.73	0.00	38,230.08	785	11.75	1.12
18	19.86	2.55	0.33	66,602.64	354	19.76	2.47
19	307.47	2.81	0.40	7,365.02	961	34.25	1.60
20	121.84	2.88	0.31	15,541.73	974	33.56	2.32
21	133.84	2.01	0.10	14,639.18	**2,413**	14.46	**5.55**
23	22.46	1.24	0.17	73,698.27	634	16.02	**5.79**
24	59.78	2.01	0.17	26,758.90	1,093	12.92	4.06
25	118.15	2.36	0.01	13,435.24	881	25.98	3.57
26	85.12	3.01	0.12	22,332.31	1,049	30.33	3.05

* En negritas para cada variable se representan las subcuencas con los valores más altos y en color naranja las subcuenca con los valores más bajos.

Pendiente en grados de la cuenca del Rio Tuxpan



*En la imagen se puede observar el relieve accidentado que presenta la cuenca, la mayoría de las pendientes sobrepasan los 10°, lo cual se considera ya un relieve moderadamente escarpado y prioritario para conservación.

SE de la Vegetación que contribuyen al proyecto

1.620 La cuenca del Río Tuxpan, presenta 14 diferentes tipos de vegetación y 10 diferentes usos de suelo

1.621 La zona de cabecera de la cuenca, se constituye por las subcuencas 1, 2, 3, 4, 7 y 10. La vegetación dominante en estas áreas corresponde a bosques de pino, pino-encino, encino-pino y vegetación secundaria arbórea y arbustiva de estas mismas categorías. Este tipo de ecosistemas, se caracteriza por presentar comunidades de vegetación siempre verde que se distribuyen en las zonas de mayor humedad y frío, por lo tanto, al encontrarse en la zona de cabecera, ayudan a retener el agua y evitan su pérdida por evaporación, ya que la cubierta vegetal protege al suelo de la desecación, lo que contribuye a la formación de los primeros cuerpos de agua.

1.622 Adicionalmente, los grupos de árboles de los bosques templados desempeñan un papel fundamental en la captura y almacenamiento de carbono, en la formación y retención de suelos y en la provisión de una enorme cantidad de recursos forestales.

1.623 En promedio, se ha estimado que un bosque templado dominado por pinos en México mantiene un acervo de carbono de casi 180 toneladas por ha (conjuntando la biomasa en pie y en el suelo). El mayor almacén de este y de materia orgánica se tiene en el suelo (entre 61 y 65% del total) presente en todo el ecosistema.

1.624 La cantidad de SE que ofrecen los bosques templados, es amplia, pero sobre todo son elemento clave en el sostén y resiliencia de sitios como el área de estudio, ya que al ser parte de la zona de cabecera, de ellos depende, en primera instancia, la calidad y la cantidad de agua que se distribuye a toda la cuenca, y por lo tanto su conservación es primordial.

1.625 Posteriormente, la zona de transporte se conforma en su mayoría por las subcuencas 9, 8, 5, 6 y 13, en esta área domina la vegetación secundaria de Selva Baja Caducifolia (SBC) (ver anexo tabla 17).

1.626 Este tipo de ecosistemas se desarrollan en climas del trópico húmedo y subhúmedo en condiciones de anegación total del suelo en la temporada de lluvias, que se seca durante el estiaje (época donde los arboles tiran todas sus hojas y aportan materia orgánica al suelo) y constituyen el límite térmico e hídrico de los tipos de vegetación de las zonas cálido-húmedas. Al ser una región de transición, el componente endémico es muy importante, en el caso de la flora, esta se estima en un 25% al nivel de género, 40% al de especie; y una elevada diversidad β.

1.627 La biodiversidad de este tipo de sitios mantiene la polinización, dispersión de semillas y en general la dinámica ecosistémica, las especies en su mayoría presentan un comportamiento mutualista por lo que la existencia de una depende de las funciones de otra, en este sentido, el equilibrio del sistema previene también el control de plagas.

1.628 Se sabe que en ecosistemas como la SBC la presencia de varios grupos funcionales de animales saprófagos (incluyendo termitas, escarabajos, invertebrados del suelo) y organismos saprófitos (bacterias y hongos) afectan el ciclo de carbono y los nutrientes, degradando la necromasa según el ritmo estacional de la lluvia. Esta acción favorece la capacidad de amortiguamiento del suelo, ya que incorpora materia orgánica que le da estructura y soporte, protegiendo al suelo de la pérdida de agua, erosión y otros agentes durante la época de secas.

1.629 Otro atributo funcional relacionado con el comportamiento de tirar las hojas durante la época de sequía en estos ecosistemas, es que se evita la pérdida de agua por transpiración, con ello las plantas mantienen un almacén de agua en el ecosistema y evitan la desertificación del sitio.

1.630 En resumen, la SBC ofrece importantes SE en el área de estudio, funciona como sistema de amortiguamiento para las áreas de cultivo, ya que controla la generación de plagas o enfermedades (al mantener en equilibrio la interacción depredador-presa); al ser una zona más cálida, evita la completa desecación almacenando grandes cantidades de agua en sus tallos y raíces; las hojas que tiran protegen al suelo de la desecación y además estas son incorporadas como materia orgánica al suelo por diversos organismos, con ello se brinda soporte y estructura, lo cual le permite retener más agua y resistir procesos de erosión; las raíces de las plantas también retienen el suelo y evitan procesos de remoción de masa en laderas, que podrían sepultar el suelo fértil de la zona de cultivos.

1.631 Finalmente, en la zona de emisión de la cuenca, el uso de suelo dominante es el agrícola (ver anexo tabla 18). La agricultura, se considera un SE de provisión.

1.632 En el caso particular de México, la elevada diversidad biológica y cultural contribuyó a que un gran número de plantas silvestres fueran domesticadas; nuestro país es uno de los principales centros de origen de la agricultura.

1.633 La caña de azúcar Saccharum officinarum (principal cultivo en esta cuenca), es un especie que fue introducida a México durante el periodo de la conquista. Sin embargo, hoy en día su cultivo tiene un fuerte impacto socioeconómico que genera empleos e ingresos en el país, puesto que es una de las principales fuentes de calorías en las dietas de todos los países.

1.634 En México, el Estado de Jalisco, es uno de los productores más importantes de esta especie después del Estado de Veracruz.

1.635 La caña genera múltiples beneficios y SE de provisión, ya que proporciona una gran variedad de productos a través del procesamiento de la misma, tales como fuente de energía, alimento para animales, mieles, levaduras, alcohol, productos hidrolizados, papel, pulpa, furforol, tableros, fertilizante, combustible, gas metano en digestores que sirven para estufas, luz, celulosa, papel tipo kraft, ácidos, aislantes, fermentos, glicerina, vitaminas, gomas, plásticos, productos farmacéuticos, Nylon y resinas.

1.636 Es importante realizar prácticas sustentables, ya que uno de los problemas que más atañe a estos cultivos son las plagas y las enfermedades. En este sentido, se ha visto que la diversidad de cultivos y variedades genéticas tienen un efecto positivo en la regulación de plagas, enfermedades y condiciones de fertilidad del suelo.

SE que ofrece el suelo

1.637 En general la cuenca presenta 9 distintos tipos de suelo. La zona de captación de la cuenca donde se encuentra el bosque templado, se constituye principalmente por Andosol en el caso de las cuencas 1 y 3; y Luvisol en las cuencas 4 y 7:

a) **Andosol:** se forman sobre cenizas y vidrios volcánicos, así como a partir de otros materiales piroclásticos. Son de colores oscuros que les permiten almacenar calor y propiciar la actividad de los organismos que ayudan a integrar la materia orgánica al suelo, con ello la estructura del suelo se favorece y se forman suelos altamente porosos, ligeros, permeables, con alta carga y gran área superficial por la presencia de alofanos. Estas características, le confieren al suelo mayor capacidad de amortiguamiento para captar, almacenar, retener y filtrar agua, ofreciendo así, mayor cantidad y calidad de la misma. Al mismo tiempo fortalece la resistencia de los mismos ante la erosión hídrica.

b) **Luvisoles:** son suelos que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos (especialmente migración de arcilla), por lo tanto llevan a un horizonte subsuperficial árgico, las arcillas de este horizonte presentan una alta actividad y elevada saturación con bases. Por lo general, son muy estables y tienden a desarrollarse sobre tierras llanas o suavemente inclinadas en regiones templadas frescas y cálidas con marcada estacionalidad.

c) La capacidad de amortiguamiento de estos suelos es alta si se conservan sus propiedades. Sitios como este captan, retienen y distribuyen el agua hacia toda la cuenca. De no establecer estrategias de conservación en esta zona la mayoría de los SE descritos en cada punto podrían perderse.

Superficie total en hectáreas de los diferentes tipos de suelo

Suelo	Área Km²
Cambisol	521.07
Regosol	456.98
Luvisol	384.53
Phaeozom	345.78
Andosol	304.85
Leptosol	219.11
Vertisol	171.16
Arenosol	27.83
Fluvisol	2.7

1.638 La importancia y función de los suelos tipo Cambisol y Vertisol presentes en la zona de transporte y emisión de la cuenca han sido descritas ya en el apartado de Cambio Climático.

SE de los manantiales y cuerpos de agua

1.639 Existe presencia de manantiales en toda la cuenca. La subcuenca 10 cuenta con 13 de ellos, la mayoría delimitados por una capa rocosa impermeable que se extiende hasta la subcuenca número 26, se trata de rocas sedimentarias marinas predominantemente arcillosas (lutitas, limolitas y calizas arcillosas) de permeabilidad baja.

1.640 En la zona de la presa también se observa la presencia de manantiales, en esta área la limitante de su distribución corresponde a una roca intrusiva, granítica, granodioritica y doleritica de baja permeabilidad.

1.641 Existen otros manantiales de sitios de permeabilidad de roca media alta, como lo es el caso del área norte de la cuenca, aquí los manantiales se presentan en áreas de bajas pendientes de pequeñas cañadas con vegetación de pino y suelos tipo Andosol. Estos manantiales pueden provenir de flujos locales de las áreas de mayor altitud.

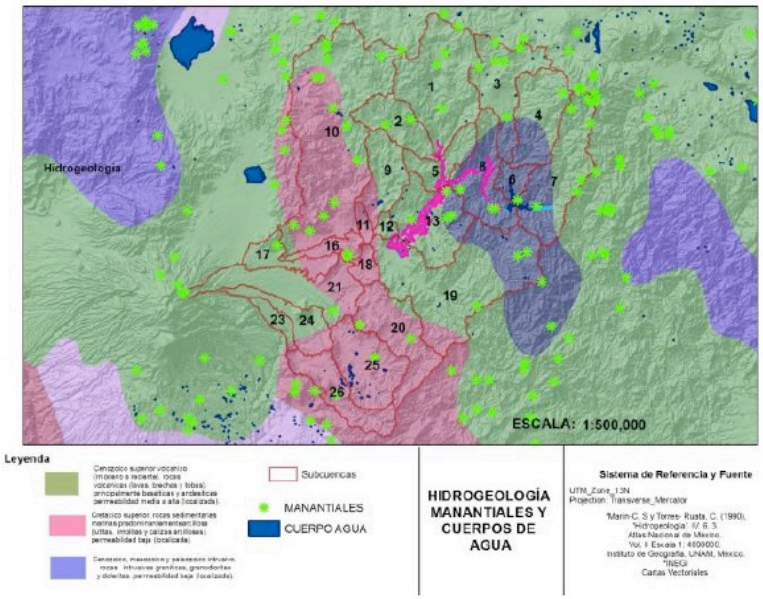
1.642 El acueducto El Carrizo cruza con 2 manantiales (subcuenca 13), por lo que se recomienda tener precaución en el área con el fin de evitar contaminar estos manantiales con las prácticas agrícolas.

1.643 Se tiene alta presencia de cuerpos de agua, muchos de ellos perennes incluyendo la Presa El Carrizo. La subcuenca 13 (área de cultivos), al ser un sitio de baja pendiente y suelos de tipo Vertisol, cuenta con 14 cuerpos de agua de tipo intermitente, que si bien, la formación de estos depende de la protección de las subcuencas de mayor altitud en conexión con esta área, ofrecen provisión de agua a las áreas de cultivo.

1.644 La existencia de cuerpos de agua permanente y/o manantiales, brinda condiciones muy particulares para el establecimiento de vegetación y el desarrollo de la biodiversidad, distinta a las regiones circundantes. En este sentido, la posibilidad de tener agua fomenta también el desarrollo de actividades humanas como el turismo; además de proveer de agua para consumo a la población. No obstante, estas condiciones están limitadas al tamaño del manantial.

1.645 Sitios como estos, presentan un SE de provisión de agua y son prioritarios para la conservación, ya que como se ha mencionado antes, la mayor problemática de esta área es el abatimiento debido a la sobreexplotación de los pozos de agua. En este sentido, el Proyecto, brindará grandes beneficios a la zona, ya que se espera que su ejecución reduzca la demanda de agua potable destinada a los cultivos y con ello, prevenir el abatimiento del área ocasionada por la sobreexplotación de los pozos y aumentar la disponibilidad de agua para consumo humano y para los ecosistemas.

Manantiales y cuerpos de agua presentes en el área de estudio



Fuente: INEGI

Número de manantiales y cuerpos de agua presentes por subcuenca

Subcuencas	Número de manantiales	Número de cuerpos de agua
1	3	2
2	2	0
3	6	6
4	1	0
5	0	0
6	0	3
7	6	2
8	3	3
9	0	4
10	13	9
11	0	1
12	0	1
13	4	14
16	3	0
17	1	0
18	0	0
19	3	11
20	2	1
21	2	0
23	0	0
24	0	0
25	1	19
26	1	7

Posibles impactos ambientales adversos

Posibles impactos adversos en cada fase del Proyecto

Factor	No.	Posibles impactos adversos en cada fase del Proyecto	Construcción	Operación
Ambiente natural	1	Modificación de las características topográficas	X	
	2	Erosión del suelo		X
	3	Contaminación de manto acuífero	X	X
	4	Contaminación del agua superficial	X	
	5	Contaminación del aire	X	
	6	Contaminación del suelo	X	
	7	Afectación a la flora y fauna por desmonte y despalme	X	
	8	Afectación a la fauna por incremento en ruido y vibraciones	X	
	9	Generación de CO2 efecto invernadero		X
Paisaje	10	Modificación del paisaje	X	
	11	Generación de residuos orgánicos e inorgánicos	X	

1.646 Los posibles impactos ambientales que podrían generarse durante las etapas del Proyecto son los siguientes:

Ambiente natural

a) Como resultado de la construcción de la presa derivadora, cuya longitud se pretende sea de 83 m con una altura máxima de 7.05 m desde su desplante, se esperan cambios en la topografía y acciones de desmonte y despalme que generan impactos negativos por la afectación de la dinámica natural del sistema.

b) A lo anterior, se suma la posibilidad de generar procesos de erosión en el área de instalación de la presa derivadora, ya que al retirar la capa orgánica del suelo, este queda expuesto a los agentes erosivos del medio físico como la lluvia o el viento. En el resto del Proyecto no se espera que se genere este tipo de impactos, ya que la línea de conducción y distribución, considera la instalación de

tubería subterránea, que pasarían por caminos saca-cosechas, paralelo a carreteras estatales y terrenos de baja pendiente.

c) De la misma forma, se decidió que el trazo de la red de distribución interparcelaria, pasará por los límites ejidales, por la red de caminos existentes, así como por los linderos de los predios, para no provocar problemas de afectaciones y tener en lo posible trazos rectos y poder disminuir el número de cambios de dirección y ligar con todas las tomas parcelarias del sector.

d) Durante las actividades de construcción es necesario asegurarse que la maquinaria utilizada cuente con el mantenimiento suficiente para evitar derrames de hidrocarburo o cualquier otro contaminante que pueda ocasionar daños o impactos al sistema en general (aire, suelo, agua, rocas, flora o fauna). Las medidas implementadas deben ser preventivas por lo que se solicita planificarlas antes de su ejecución. Algunas de estas medidas se describen en párrafos posteriores.

e) Con la finalidad de aprovechar el Río El Camichín, se requiere implementar algunas obras que implicarán el desvío y conducción del mismo, esto con la finalidad de trabajar en seco durante la temporada de construcción por lo tanto los impactos están relacionados con el aumento en la turbiedad del agua, lo cual se origina por el movimiento de tierra y su depósito en el río. En este sentido, los impactas también se generarán aguas abajo por el material arrastrado de la corriente.

f) Para construir el bordo de contención y desvío, se requiere remover, suministrar, depositar o compactar materiales arcillosos o graduados (arenas, arcillas, gravas y rocas). Los materiales geológicos pueden provenir del propio sitio o de otro lugar. No obstante, su manipulación para construir las ataguías se efectuará de manera directa sobre el cauce del río generando azolve y turbidez en el agua.

g) El mayor impacto que se prevé durante el inicio de las actividades del Proyecto, específicamente en la zona donde se construirá la presa derivadora, resulta en la afectación de la flora y fauna por desmonte y despalme. Este impacto se generará con efectos inmediatos y directos, mismos que pueden prevenirse al realizar el rescate tanto de los individuos de flora como de fauna que se registren en la zona donde se construirá la presa derivadora. El rescate debe tener mayor énfasis en aquellas especies que se registran con alguna categoría de protección ambiental por la normatividad mexicana (NOM-059-SEMARNAT-2010) o bien de aquellas especies registradas con importancia ecológica o de índole cultural por los organismos internacionales expertos en la materia.

h) Durante las actividades de construcción, la generación de ruido y vibraciones principalmente en la zona de la presa derivadora, puede afectar a la fauna, viéndose obligada a desplazarse a zonas externas a la del Proyecto, al menos durante el tiempo de construcción de la obra. En la zona donde se instalará la línea de conducción y distribución de agua no se prevé un incremento relevante de ruido y vibraciones, ya que la zona de trabajo será puntual a lo largo de toda la línea a instalar.

i) Finalmente, como impacto adverso que recaerá en el ambiente natural está la generación de CO2, el cual contribuye al efecto invernadero. Este impacto se generaría derivado de la circulación de maquinaria y vehículos en la zona de obra del Proyecto.

Paisaje

a) El paisaje natural ya ha sido alterado; sin embargo, aún se conservan relictos del sistema natural, que se han mantenido debido a su lejanía con poblados o por su acceso restringido.

b) La pérdida de la cubierta forestal puede ocasionar procesos de remoción de masa, así que de no tener cuidado durante el derribo forestal se corre el riesgo de azolvar o contaminar los cuerpos de agua.

c) La valoración de este impacto tendrá que ser corroborada en el sitio en el que se planea construir el Proyecto, con la finalidad de evaluar su magnitud.

d) Por otro lado, las aguas residuales y basura generadas durante la construcción, podrían representar eventualidades al no implementarse un correcto manejo de estos residuos, ocasionando modifica-

ciones en el hábitat acuático con la aparición de organismos no deseados y vectores de enfermedades. Dichos organismos, aparte de modificar la composición de la diversidad, podrían alterar también el tamaño de las poblaciones, ya que existirá mayor presencia de materia orgánica que fertilizará las aguas del río, incrementándose así el número de individuos no deseados. Es importante mencionar que existe la posibilidad de evitar en su totalidad este impacto, debido a que se identificaron medidas preventivas factibles de ser aplicadas técnica y económicamente.

e) En todo caso, la descarga de contaminantes será en cantidades menores por la reducida cantidad de infraestructura a acondicionar, de ahí que los efectos a presentarse se consideren a mediano plazo, hasta que sean biodegradados los contaminantes orgánicos. La afectación será únicamente temporal, durante la etapa de construcción, entonces su relación en cuanto a la presencia en el medio es temporal, siendo posible aplicar medidas de mitigación de carácter preventivo.

Medidas de mitigación

1.647 Es importante que durante el desarrollo del Proyecto se implementen las medidas de mitigación aplicables a cada una de las actividades en obra; estas medidas deberán ser preferentemente de carácter preventivo a fin de evitar en la medida de lo posible la generación de los impactos descritos anteriormente o bien de algunos otros impactos adicionales a los considerados en el presente estudio.

Medidas de mitigación a implementarse por impacto ambiental identificado

Posibles impactos adversos	Medida de mitigación a implementar
Modificación de las características topográficas	Durante los trabajos de construcción de la presa derivadora, no se deberá afectar una superficie mayor a la autorizada en el resolutivo de impacto ambiental.
Erosión del suelo	El área de afectación de la presa derivadora no deberá extenderse más allá de la superficie necesaria.
Contaminación de manto acuífero	Durante la construcción, tanto de la presa derivadora como la de la línea de conducción de agua, deberá evitarse la contaminación al manto acuífero en la zona; la cual puede originarse por la contaminación a pozos de agua existentes o por las excavaciones que deberán realizarse en la construcción de la presa derivadora y que pudieran llegar al nivel del manto, pudiendo generar su contaminación.
Contaminación del agua superficial	Durante las actividades tanto de la etapa de construcción como de operación del Proyecto deberá preverse la contaminación a los cauces o cuerpos de agua superficial, no arrojando a los mismos residuos generados en la obra (sólidos urbanos, de manejo especial, peligrosos).
Contaminación del aire	Deberá realizarse riego diario en las zonas de acceso a las áreas de trabajo durante la construcción, con el objetivo de prevenir la generación de polvos con el paso de la maquinaria y vehículos.
Contaminación del suelo	Con la finalidad de prevenir la contaminación que pudiera generarse en el suelo como producto de las actividades a desarrollarse de la obra, principalmente durante la etapa de construcción, se deberá elaborar e implementar de manera obligatoria durante el desarrollo de actividades, un Programa de Protección de Suelo; el cual, entre otras medidas preventivas deberá considerar lo siguiente: • Quedará prohibido verter al suelo sustancias contaminantes como pueden ser los residuos generados por el mantenimiento de maquinaria que deba realizarse *in situ* en el área de obra. Para ello se deberán tomar medidas preventivas como es cubrir el suelo con una lona de material impermeable y con algún material absorbente encima como puede ser aserrín, a modo de que, en caso de existir algún derrame este quede contenido en el material absorbente y pueda ser retirado fácilmente para disponerlo de acuerdo con lo que se estipula en la normatividad correspondiente. • De igual manera, quedará prohibido tirar residuos de manejo especial como son madera, varillas, concreto, neumáticos, etc. en sitios que no estén autorizados por la autoridad ambiental y cuenten con los permisos correspondientes actualizados. • Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que se generen durante la construcción de la obra deberán disponerse en el relleno sanitario autorizado más próximo, contando para ello con un permiso emitido por la empresa o el ayuntamiento a cargo de su manejo.
Afectación a la flora y fauna por	Al iniciar la etapa de construcción, previo a las actividades de desmonte deberá llevarse a cabo el rescate de flora y fauna presente en las áreas a afectar, con la finalidad de reubicar a los ejemplares

Posibles impactos adversos	Medida de mitigación a implementar
desmonte y despalme	en áreas con similares condiciones ambientales al área de donde están siendo retiradas. Para ello, deberá elaborarse e implementar un Programa de Protección de Flora y Fauna, donde se refieran las especies que serán objetivo del rescate y reubicación, de acuerdo con el inventario de especies de flora y fauna incluido en la Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto
Afectación a la fauna por incremento en ruido y vibraciones	Quedará prohibido que la maquinaria empleada en el Proyecto transite por áreas externas a las autorizadas para el mismo, para evitar el ahuyentamiento de la fauna que reside en dichas zonas.
Generación de CO2 efecto invernadero	Durante las actividades de construcción de la presa derivadora se deberá realizar el mantenimiento preventivo tanto a vehículos como maquinaria dentro de la obra, con la finalidad de emitir la mínima cantidad posible de partículas contaminantes a la atmósfera. El registro de dicho mantenimiento a vehículos y maquinaria se deberá registrar en una bitácora. Por otro lado, durante la etapa de operación, deberá realizar un chequeo periódico a la maquinaria con la que operará la presa derivadora, a fin de prevenir que una falta de mantenimiento derive en la emisión de contaminantes volátiles.
Modificación del paisaje	Estará prohibido afectar una superficie mayor a la autorizada para el Proyecto, siendo la afectación permanente en el área que ocupará la presa derivadora, mientras que el resto de las áreas de trabajo, deberán restaurarse lo más cercano posible a sus condiciones originales una vez concluidas las actividades de construcción de la obra. Para ello se deberá implementar un Programa de Reforestación con especies originarias de la zona.
Generación de residuos orgánicos e inorgánicos	Se deberá implementar de manera obligatoria un Programa de Manejo de Residuos Sólidos Urbanos, Residuos de Manejo Especial y Residuos Peligrosos durante todo el tiempo que dure la construcción de la obra.

Identificación preliminar de la problemática ambiental

1.648 El problema del agua en la zona del proyecto se deriva de las siguientes causas[13] que se han identificado como áreas de oportunidad:

- Es necesario revisar y en su caso actualizar los volúmenes concesionados de agua en función de la disponibilidad en cuencas y acuíferos.
- Es necesario reforzar en los usuarios la cultura y reconocimiento de la cuenca como bien común y medio de subsistencia.
- Se identifica la existencia de complejidad legal y normativa.
- Es necesario destinar recursos adicionales para monitorear la extracción y distribución del agua subterránea y superficial.
- Se identificaron áreas de oportunidad en los procesos de planeación, coordinación y desarrollo institucional en relación con el uso del recurso en los tres niveles de gobierno.
- Es necesario fortalecer los mecanismos para facilitar la conciliación de los acuerdos y participación social en la gestión del recurso.
- Es posible que en algunas zonas exista sobre-concesión de derechos de agua lo que en su caso deberían revisarse.
- Se identificó que existen áreas de oportunidad en la coordinación de los tres órdenes de gobierno en la aplicación de los planes de desarrollo urbano y territorial.
- Se identificó la presencia de aprovechamientos que carecen de títulos de concesión o asignación.
- Se identificó que existen títulos de concesión que están vencidos y que de acuerdo a las entrevistas realizadas puede deberse al desconocimiento del usuario para tramitar la prórroga.

[13] Programa Hídrico Estatal 2014-2018 del Estado de Jalisco, Comisión Nacional del Agua. Noviembre 2015. SEMARNAT.

- Se identificó la transmisión de títulos de concesión para lo cual se recomienda revisar el marco regulatorio para regular estas actividades.
- La CONAGUA cuenta con instrumentos económicos para regular el uso o aprovechamiento del agua tales como el cobro de cuotas de derechos y aprovechamientos. Dichos instrumentos tienen la finalidad de enviar señales económicas para incentivar al uso eficiente y sustentable del agua (gestión de la demanda), así como contribuir a financiar su administración (el agua paga el agua), sin embargo se identificaron áreas de oportunidad en el monitoreo de las obligaciones la cuales pueden mejorarse a través de uso de mayores recursos humanos y económicos.

1.649 A nivel estatal se registran claramente riesgos de índole ambiental que afectan a la región y al Proyecto, como las sequías. Las sequías afectan al estado y presenta daños relativamente recurrentes que afectan los sectores productivos y los estratos sociales más vulnerables.

1.650 Estas sequías se manifiestan principalmente en las regiones Los Altos y Norte de Jalisco y afectan principalmente a las localidades y zonas agropecuarias. En contraparte, se manifiesta una alta incidencia de inundaciones, derivando en una serie de problemas socio-ambientales:

- Se pueden identificar asentamientos humanos irregulares en zonas inundables y de alto riesgo.
- Es necesario mejorar la delimitación de zonas federales de corrientes de propiedad nacional.
- Existe un área de oportunidad en el proceso de planeación preventiva ante fenómenos hidrometeorológicos extremos.
- Es posible que la autoridad requiere una cantidad mayor de personal especializado y de trabajos técnicos para definir las zonas de alto riesgo.
- Falta de conciencia de la población al ubicarse en zonas de alto riesgo.
- Existen áreas de oportunidad en la falta de integración y coordinación de sistemas de prevención y alertamiento de fenómenos hidro-meteorológicos con la cobertura y oportunidad adecuada.
- El sector social debe involucrarse de una manera más activa en el proceso de planeación y concientización de los riesgos.

1.651 Derivado de lo anterior y con la intención de abastecer al sector agrícola y pecuario, se ha invertido en alcanzar una capacidad de almacenamiento de 3.516 hm^3 con la construcción de bordos en beneficio de más productores pecuarios. Se concluyó la construcción de la presa de almacenamiento Vista Hermosa con una capacidad de 37 hm^3 para beneficiar una superficie de riego de 3,317 has.

Población Indígena

1.652 El Artículo 2° de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos define a la nación como única e indivisible y reconoce su composición pluricultural "sustentada en sus pueblos indígenas que son aquellos que descienden de poblaciones que habitaban el territorio actual del país al iniciarse la colonización y que conservan sus propias instituciones sociales, económicas, culturales y políticas".

1.653 Ese mismo precepto constitucional señala que la Federación, las entidades federativas y los Municipios, deben promover la igualdad de oportunidades de los indígenas y eliminar cualquier práctica discriminatoria, así como determinar las políticas necesarias para garantizar la vigencia de sus derechos y el desarrollo integral de sus pueblos y comunidades, tal como lo dispuesto en el Convenio 169 de la Organización Internacional del Trabajo (OIT) sobre Pueblos Indígenas y Tribales en Países Independientes celebrado en el año 1989.

1.654 La observancia de estos ordenamientos constitucionales hace necesaria la identificación de quiénes son y donde se ubica la población indígena a fin de contribuir a que acceda al ejercicio pleno de sus derechos individuales y colectivos. Por lo tanto, cada vez que se prevean medidas legislativas o administrativas susceptibles de afectarles directamente, se deberá consultar a los interesados, mediante procedimientos apropiados y en particular a través de sus instituciones representativas.

1.655 Para identificar a estos pueblos, en el presente trabajo se usó información del Censo de Población y Vivienda 2010, obtenida a partir del portal de CONABIO, donde se identifican hogares indígenas por localidad y presencia de población indígena por municipio. Esta metodología ha permitido a la Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI) generar una estadística nacional, conocida como el Sistema de Indicadores sobre la Población Indígena de México, para dar cuenta de la distribución de la población indígena en el territorio nacional. La CDI, identifica cuatro categorías:

a) **Municipios indígenas:** aquellos en donde el 40% o más de la población total es indígena. En esta categoría se hace una distinción entre los municipios con 70% y más de población indígena (tipo A) y aquéllos en donde el porcentaje de población indígena se ubica entre el 40% y 69.9% (tipo B).

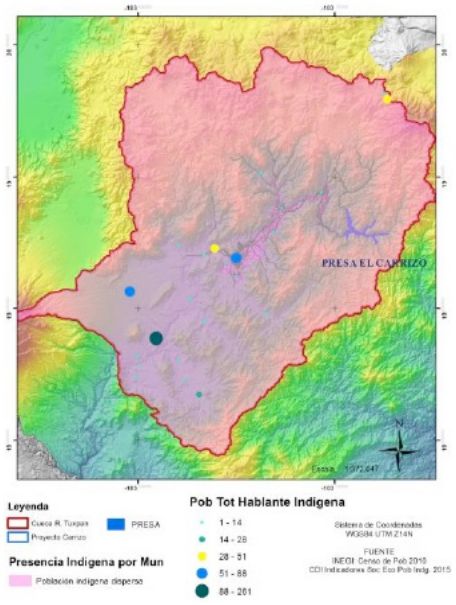
b) **Municipios con presencia de población indígena:** en este grupo se distinguen dos características, los municipios en donde la población indígena es igual o mayor a 5,000 personas, los cuales se consideran de interés porque cuentan con un volumen importante de la población en términos absolutos (municipios tipo C) y aquéllos en donde reside población que habla alguna lengua con menos de 5,000 hablantes (municipio tipo D).

c) **Municipios con población indígena dispersa:** Son aquéllos municipios cuyo volumen de población indígena no cumple cualquiera de los casos anteriores (tipo E).

d) **Municipios sin población indígena:** aquellos en donde no se identificó población indígena alguna (tipo F)

1.656 En la zona de estudio al parecer se tiene la presencia de la Familia Yuto-nahua, variante náhuatl. Sin embargo, su presencia es del tipo dispersa, por lo tanto no aplica lo dispuesto por el convenio de la OIT en cuanto a la vinculación con estos pueblos.

Figura 1: Distribución de la Población Indígena



Fuente. INEGI

Conclusiones

1.657 De manera general, se puede concluir que el proyecto representa una fuente de oportunidad para el desarrollo de la región.

1.658 El proyecto no cuenta con ninguna restricción jurídica ambiental que limite su construcción y las afectaciones en materia de impacto ambiental solo presentan, en su mayoría, durante el periodo de construcción y no provocarán grandes daños si se realizan las recomendaciones para su mitigación.

1.659 Aun cuando el paso del acueducto y la presa no se ven afectados ni afectan sitios de interés ambiental, su vinculación con iniciativas auspiciadas por instituciones gubernamentales y no gubernamentales, nacionales e internacionales, así como la relevancia en la provisión de SE a nivel regional, permiten realizar algunas recomendaciones al proyecto en materia ambiental, que se sugiere llevar a cabo con el fin de optimizar y mejorar las condiciones para su desarrollo en cuanto a calidad y cantidad de agua y producción agrícola.

1.660 La vinculación de las características del espacio a nivel regional, en este caso bajo el enfoque de cuenca, brindaron un campo de oportunidad para entender la dinámica en la provisión de los SE de los cuales se favorece el proyecto y podrían ayudar a mejorar la calidad de la producción agrícola creando ambientes más sustentables y con mayor proyección a futuro. Estos servicios incluso pueden someterse a pago por servicios ambientales hidrológicos, por captura de carbono y conservación de la biodiversidad, lo cual incrementaría la fuente de ingresos a la región y al proyecto. Así mismo, se ofrece un campo de oportunidad para minimizar los efectos que se prevén con el Cambio Climático.

1.661 Retomando los SE de regulación, es importante considerar el potencial erosivo de más del 60% en la región vinculante a las áreas de cultivo y la presa, los cuales corresponden a las áreas de captación y transporte de agua. Se sugiere mantener su regulación y por ende su cubierta forestal, ya que de no hacerlo se corre el riesgo de azolvar la presa y además eutrofizar los cuerpos de agua, así como imposibilitar las áreas de cultivo al sepultar el suelo fértil con material carente de estructura y funcionalidad en la producción.

1.662 Aun con los efectos de Cambio Climático planteados, en el que el incremento en la temperatura amenaza los contenidos de agua, no se visualiza esto como una limitante para poder llevar a cabo el Proyecto si se realizan las acciones recomendadas en este documento. Por el contrario, de considerar las acciones recomendadas, el Proyecto podría contribuir a contrarrestar los efectos del escenario de Cambio Climático que se presenta.

ANEXO C: ESTUDIO AMBIENTAL DEL PROYECTO DEL ABASTECIMIENTO DEL VALLE DE GUADALUPE

VIABILIDAD AMBIENTAL

Caracterización ambiental

Fisiografía y geomorfología

1.663 El noroeste del estado de Baja California presenta una llanura costera que se desarrolló hacia el Océano Pacífico, perpendicular a ella se encuentran diversos valles de disposición este – oeste conectados con otros de dirección norte – sur. Sobre las cuencas medias se encuentran, en dimensiones distintas, valles originados por sedimentos y valles intermontanos, todos previos a las cuencas altas del este que alcanzan a la Sierra de Juárez. Las fallas geológicas principales son La Ensenada, Ojos Negros y San Miguel Vallecitos.

1.664 Fisiográficamente, la zona del Proyecto se localiza dentro de la Provincia Península de Baja California, Subprovincia Sierras de Baja California. Esta provincia es delimitada por las sierras y llanuras sonorenses, por las Sierras de Juárez y de San Pedro Mártir que tienen una dirección; en lo general, del nornoroeste al sursureste. De ellas se desprenden otras sierras de menores dimensiones con dirección este – oeste, intercaladas por amplios valles y cañones, mesetas y llanuras de abanicos aluviales hacia la costa del Pacífico.

1.665 Al sur del "Ejido Nueva Colonia Hindu", en el Valle de las Palmas, se encuentra la falla normal "Cañada del Yaqui", donde predomina la roca diorita y la granodiorita. Los valles al norte, oeste y sur de este poblado son suelos aluviales. Al este del poblado referido se tiene conglomerado y arenisca (grava y arena – banco de materiales) hasta llegar al valle donde desemboca el Cañón El Alamo. Este cañón, así como la meseta La Calabaza y el valle intermontano al sur del mismo, están constituidos por granodiorita. Al este del Valle La Calabaza, se encuentra una falla normal de dirección suroeste – noreste que separa a la granodiorita de roca sedimentaria.

1.666 La confluencia de las corrientes intermitentes del Cañón El Álamo y la proveniente del Valle La Calabaza, se compone de conglomerado y arenisca. Un km al sureste del poblado Ejido Héroes del Desierto, la carretera separa al conglomerado arenisca de la granodiorita. Entre ambos tipos de roca, a dos km al sureste de poblado mencionado, pasa una fractura con dirección oeste – noroeste a este – sureste. Esta subcuenca termina al sur con conglomerado arenisca en el entorno de la Carretera 3.

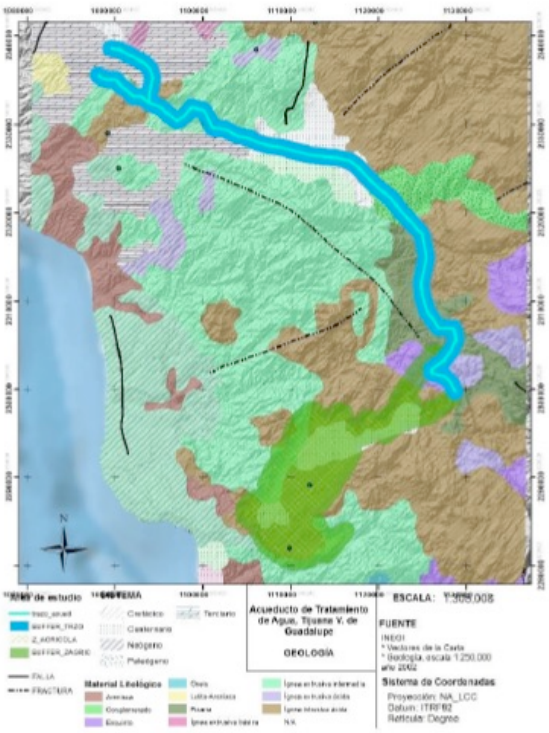
1.667 Al oeste de la Cuenca Las Palmas, sobre la zona montañosa, se tienen materiales que se originaron en el Jurásico Superior – Cretácico Inferior, compuesto por Andesita y Brecha volcánica de alrededor de 155 millones de años, cuyo origen corresponde a un ambiente de arco volcánico marino; con afloramientos extensos. Presenta silificación y oxidación sin depósitos calizos. De la misma edad sobreyacen discordantemente con una extensión reducida rocas riodacitas, dacitas, traquiandesitas, tobas riodacitas y andesitas salificadas. Al norte de los cerros Bola y Gordo pasa la falla San Miguel Vallecitos. Al sur los mismos cerros, ya sobre la subcuenca "b" se da una hegemonía de estas rocas: Andesita, Brecha Volcánica, Riodacita y Dacita.

1.668 El norte de la subcuenca, al igual que buena parte de la correspondiente al Río Tijuana, y al este de todas las subcuencas correspondiente a la vertiente oeste de la Sierra de Juárez, poseen un batolito peninsular cretácico de granito, granodiorita - tonalita y diorita, producto de un levantamiento y enfriamiento rápido.

1.669 Dentro de la subcuenca Río de Guadalupe, se tiene una variedad de tipos de roca en su parte este, riodacita en las montañas que separan a los valles, el que corresponde al Ejido Ignacio Zaragoza del que correspondiente a El Palomar. Al sur se tiene dacita, caliza y al interior de la klippe San Marcos cuarzita – mármol.

1.670 Del Ejido Ignacio Zaragoza al poblado de Francisco Zarco, la sierra va paralela a la falla normal con predominio de suelo aluvial al este y de granodiorita al oeste. En general la subcuenca es atravesada por diversas fracturas.

Geología en la zona del proyecto



Fuente. INEGI

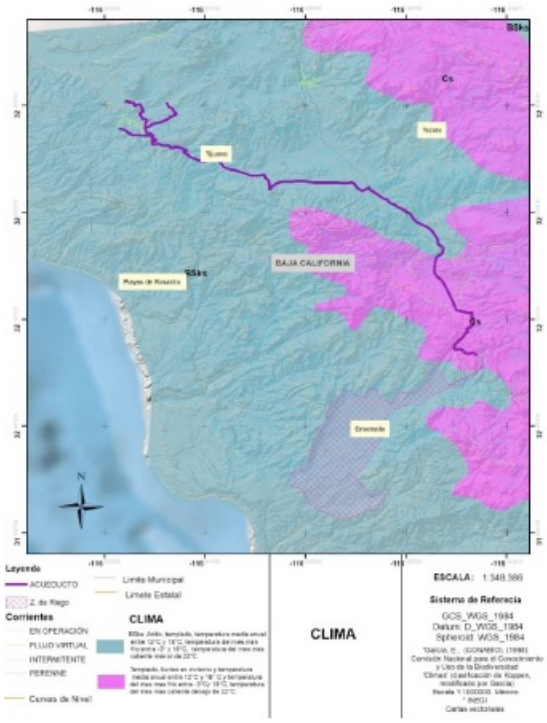
Clima

1.671 De acuerdo con el mapa del INEGI, escala 1:1´000,000 entre el Valle de las Palmas y San Antonio de las Minas se tiene un clima BSk, es decir seco templado con lluvias en invierno.

1.672 La temperatura media del mes más cálido ocurre en agosto y oscila entre 19°C y 25.9°C, ya que el incremento de la temperatura, durante la primavera y el verano de cielos despejados lo permite; en septiembre se observa descenso de la temperatura media debido al paso de los frentes fríos a través de la península, de manera que se llega a enero con las temperaturas medias más bajas, entre 8°C y 12.4° C. Por lo tanto, la oscilación térmica es amplia, entre 12°C y 13.5°C. Las temperaturas máximas mensuales se dan en agosto y van de los 39.3°C en Tecate a los 28.1° C en Ensenada. Las temperaturas más bajas se presentan entre diciembre y enero.

1.673 Por su parte, la precipitación acumulada anual varía de los 360 mm a los 250 mm. La evaporación media anual varía de 2,038 mm a 2,174 mm. Las precipitaciones comienzan su ascenso en octubre con el incremento en el número de frentes fríos que aportan humedad procedente del Pacífico y de la afluencia de humedad aportada por las ondas tropicales, entre diciembre y marzo. Con el aumento en la frecuencia e intensidad de los frentes fríos sube el nivel de precipitación.

Tipos de Clima en la Zona Norte de Baja California



Fuente. INEGI

1.674 El viento es variable debido a que su dirección cambia conforme avanzan las ondas tropicales durante la temporada de verano y los frentes fríos durante la temporada de invierno. Durante el verano, de mayo a agosto, los vientos del sur son los dominantes, sobre todo durante el mes de julio con un 31%, en el que alcanza las mayores velocidades promedio (20 km/hr). El aporte de humedad del aire proveniente del sur no logra la saturación del vapor de agua debido a que coincide con los meses en los que se incrementan las temperaturas hasta llegar a su máximo en agosto, después de alcanzar la mayor incidencia de la radiación solar en julio y la subsidencia del aire cálido y seco, todos estos factores contribuyen a que se limite la cantidad e intensidad de las lluvias durante esta época.

1.675 Durante el resto del año, salvo diciembre, los vientos dominantes son los del oeste que aportan aire húmedo del Pacífico norte, asociado a los frentes fríos; esto provoca un descenso de las temperaturas, por lo que el aire puede saturarse de vapor de agua y facilitar las precipitaciones. En cambio, en diciembre, con la llegada de más aire seco del norte, descienden las precipitaciones extremas con respecto a noviembre.

1.676 El viento de Santa Ana se forma en altitudes elevadas de la Gran Cuenca entre la Sierra Nevada y las Montañas Rocosas. Esta masa de aire se vuelca hasta la Gran Cuenca, el aire circula en el sentido de las agujas del reloj desde un centro de alta presión y genera vientos hacia Baja California provenientes del este y noreste, durante el otoño y comienzos de la primavera cuando el desierto de Mojave y Sonora son relativamente fríos, aunque pueden formarse en cualquier momento del año. El aire se calienta al ser comprimido durante su descenso. También favorece que la humedad en superficie se evapore de modo relativamente homogéneo.

1.677 La región costera de Baja California, durante la formación del viento de Santa Ana, es típicamente más cálida hacia la costa que en los desiertos y la humedad cae a menos del 15%. La combinación de viento, calor y sequedad convierte el chaparral en un combustible explosivo para los conocidos incendios que muchas veces arrasan la región. Estos incendios son estimulados por los vientos de Santa Ana.

Suelos

1.678 La mayoría de los suelos en la región son azonales y poco desarrollados, según la clasificación de la FAO-UNESCO 1971. En la zona del proyecto se presentan suelos con menos de 60 cm de profundidad como los Regosoles, Litosoles y Feozems. Los suelos de profundidad de hasta un metro son representados por Vertisoles y Fluvisoles. Los que van más allá de un metro de profundidad son los Xerosoles. Son predominantes los suelos afectados en profundidad por presencia lítica, petrocálcica o una fase pedregosa y gravosa superficial.

1.679 La composición granulométrica de los suelos es dominada por las arenas. Las arcillas están presentes con los limos en los Vertisoles y con arenas en los Xerosoles. La textura dominante es la mediana. Las características químicas de los suelos de la entidad arrojan un potencial hidrógeno, pH ligeramente ácido (6.7 en los Regosoles) como consecuencia de la fase lítica que le dio existencia, hasta un pH alcalino de 8.2 en el caso de los suelos Vertisoles, traduciendo su saturación en calcio intercambiable.

1.680 La transformación de los suelos debido a la materia orgánica es baja por la débil incorporación del material orgánico en la conformación edafológica. Esto se debe a dos factores: la baja productividad de la biomasa y su reducida contribución al ciclo húmico; más las altas temperaturas que favorecen la mineralización en detrimento del proceso trófico de humidificación.

1.681 En la zona del Río Las Palmas, el litosol se distingue por tener una profundidad menor a 10 cm, se localiza en las sierras, en laderas y barrancas, así como en lomeríos y algunos terrenos planos. Pueden ser fértiles o infértiles, arenosos o arcillosos. Su susceptibilidad a la erosión depende de la zona en donde se encuentren. Se extiende sobre el entorno de la cañada El Yaqui y el Cañón Hondo. A 750 m al sur del poblado "Los Bateques", se tiene regosol de fase lítica asociado con litosol hasta las proximidades del poblado Valle Las Palmas donde se presentan dos suelos diferentes.

1.682 Primero, sobre la planicie al occidente del poblado, se tiene Fluvisol eutrico que a partir del poblado "El Fortín", se extiende sobre el valle, incluyendo la confluencia de los valles Cañón, El Álamo y la corriente de Las Calabazas. Al oriente del poblado Valle Las Palmas se extiende suelo Xerosol háplico en fase gravosa asociado a Regosol.

1.683 El Fluvisol eutrico es un suelo aluvial de textura media, rico en nutrientes (Ca, Mg, K, Na) dentro de los primeros 50 cm de profundidad. Se le distingue por estar formado siempre por materiales acarreados por el agua. Está constituido por materiales disgregados; es decir, son suelos poco desarrollados. Se encuentran cercanos a las sierras, desde donde escurre el agua a los llanos, así como en los lechos de los ríos. Muchas veces presentan capas alternadas de arena, arcilla o gravas. Pueden ser someros o profundos, arenosos o arcillosos, fértiles o infértiles, en función del tipo de materiales que lo forman.

1.684 Se tiene la misma composición en la meseta La Calabaza, mientras que los cañones El Álamo y Las Parras, al igual que el valle intermontano al norte de estos, poseen suelo Xerosol háplico en fase gravosa asociado a Regosol.

1.685 El Xerosol tiene una capa superficial de tono claro y muy pobre en humus, debajo de la cual puede haber un subsuelo rico en arcillas. Muchas veces presentan manchas, polvo o aglomeraciones de cal a cierta profundidad, así como cristales de yeso o caliche. Ocasionalmente son salinos. La explotación del mato-

rral se lleva a cabo en estos suelos en especies como la candelilla. Los Xerosoles tienen baja susceptibilidad a la erosión, excepto cuando están en pendientes o sobre caliche.

1.686 La Cuenca Las Palmas, donde se encuentra la montaña de Puerto Ladrones y las demás adyacentes a los valles interiores hasta el límite sur de la subcuenca, presenta suelo Litosol asociado a Regosol; en tanto, los valles entorno a los poblados Carmen Cerdán, Vallecitos y El Palomar poseen suelo Xerosol háplico.

1.687 En el Río Guadalupe, al norte de la subcuenca, en el entorno del poblado Ignacio Zaragoza, el suelo es Xerosol háplico de más de un metro de profundidad. El resto continua con Litosol asociado a Regosol hasta el noroeste del poblado Francisco Zarco, hasta llegar a la llanura donde cambia a suelo Regosol asociado al Feozem háplico al norte y sur de la misma, mientras que al centro de la llanura se asocia con suelo Litosol.

1.688 En la siguiente figura se presentan los tipos de suelo que abarca el Proyecto según datos de INEGI.

Tipos de suelo en la zona del proyecto

Fuente. INEGI

Vegetación

1.689 En Baja California, el carácter extremoso del clima y el precario desarrollo del suelo se expresan raramente con bosques y altas densidades de vegetación. En la mayor parte de la superficie se observan formaciones dispersas que reflejan en gran medida las condiciones de aridez y otros factores limitantes locales. Sin embargo, lo anterior no disminuye la riqueza y la diversidad de la flora, lo cual contribuye a la conformación de paisajes espléndidos y únicos.

1.690 El Estado de Baja California comprende dos regiones fitogeográficas: la Región Californiana o también llamada Mediterránea, y la Región del Desierto Central o Desierto Sonorense. Las comunidades vegetales en que se divide la primera son cinco, mientras que la segunda se divide en cuatro, tres de las cuales se encuentran en la entidad.

1.691 Los pisos bioclimáticos o de vegetación que corresponden a la región del Proyecto, son: el Mesomediterráneo y el Termomediterráneo. Se presenta en climas áridos y semiáridos dominados por las coníferas heliófilas que forman bosques abiertos entre 1,300 y 1,200 m. El estado original de la comunidad queda

representado por Pinus Quadrifolia sobre un estrato subordinado de Adenostoma Sparsifolium y Juniperus Californica. Por la acción del fuego los pinos quedan como individuos aislados o llegan a faltar por completo, por ello tiende a abundar el Adenostoma Fasciculatum; mientras que se encuentran ejemplares aislados del Pinus Quadrifolia que alcanzan alturas de 2,700 m.

1.692 La distribución de Pinus Monophylla es preferente sobre clima árido y semiárido, de ahí que las mejores poblaciones ocupen de forma más o menos continuas, los flancos orientales de la Sierra de Juárez, bordeando los matorrales mesotropicales. Por su parte, la especie Pinus Quadrifolia habita preferentemente en clima semiárido a seco, por lo que las mejores condiciones se encuentran en el piso mediterráneo, pero en exposiciones oeste que reciben la humedad del Pacífico. La especie Quercus Agrifolia sólo es dominante en pequeños bosquecillos de galería sobre algunos fluvisoles.

1.693 En las zonas donde se presenta mayor precipitación (450 mm anuales) se desarrollan bosques de encino, aunque se pueden encontrar encinos en áreas con precipitaciones de 350 mm de lluvia anual.

1.694 Por su parte, Adenostometum Fasciculatum es muy diferente. Su ciclo reproductivo está claramente adaptado a los incendios y una cierta periodicidad de éstos parece ser esencial para el prolongado mantenimiento de sus poblaciones. Por ello, casi el 70% de la cobertura de la asociación corresponde al arbusto Adenostoma Fasciculatum, el resto son plantas que habitan áreas que no han sufrido incendios recientes y que representan la regeneración del clímax del chaparral, particularmente en las laderas orientadas al norte. Aunque no hay que olvidar la sucesión secundaria motivada por la actividad agropecuaria porque con ella aparece una cubierta dominante de Erigorium Fasciculatum, Artemisa Californica y diferentes especies de salvia, entre otros arbustos que pueden ser denominados como matorrales costeros de Baja California. Este hábitat también es específico de laderas de solana, sitios escarpados y áreas con litosuelos.

1.695 Por último, dada las necesidades de agua de Quercus Agrifolia, en ocasiones aparece formando bosques mixtos con la especie caducifolia Platanus Racemosa.

1.696 La zona ribereña en la que ha sido proyectada la Presa Bellotas, comprende una nutrida comunidad de este tipo de bosque, bien desarrollada por la abundante humedad que conserva esta cañada a través del ciclo anual.

Uso de suelo y Vegetación en la zona del proyecto

Fuente. INEGI

Fauna

1.697 La fauna es uno de los componentes del medio natural que con seguridad serían impactados por un proyecto hidráulico como el planteado. Este impacto puede ser positivo o negativo según el control que se tenga en la calidad del agua en el vaso de la presa.

1.698 La fauna de Baja California pertenece al Reino Neártico y cuenta con una gran afinidad a la fauna de la Alta California en Estados Unidos de América. Su singularidad e importancia ha sido reconocida al decretarse varias Áreas Naturales Protegidas (ANP) que tienen por objetivo preservar especies endémicas, raras y amenazadas.

1.699 Con relación a la herpetofauna, existe poca información, por lo que en la mayoría de los listados de especies se infiere su composición recurriendo a información generada de las regiones fitogeográficas. Estas regiones se utilizan como indicadoras para establecer provincias bióticas, ya que proveen información ecológica respecto a las interacciones de clima, topografía y suelo, basándose en que las especies de plantas que comparten un mismo ecosistema probablemente compartan la misma historia ecológica y ambiental. Los listados potenciales son una enumeración de especies probables, por lo que solo con la realización de un inventario herpetofaunístico, con una duración aproximada de un año (debido a la marcada estacionalidad del sitio), es posible aproximarse a un conocimiento realista de la diversidad del grupo.

1.700 De acuerdo con la bibliografía de la fauna reportada en el área del proyecto, se tiene un total de 43 especies que potencialmente pueden existir en la región donde se propone la realización del Proyecto. Los grupos que conforman la mayoría de reptiles son las culebras, víboras, lagartijas y salamandras, cada uno con 17 especies, seguidas por las ranas y sapos con 8 especies.

1.701 Respecto al grupo de las aves, la revisión bibliográfica arrojó un total de 232 especies de este grupo que potencialmente pueden ubicarse en la región. Este número representa el 21.1% del número de especies reportadas para el país. El listado incluye 90 especies residentes, 76 especies que invernan en la región y 35 especies transitorias que se observan en las migraciones de otoño y primavera en ruta a sitios más sureños o norteños, 18 especies son residentes durante el verano. Las restantes tienen estatus doble por presentar organismos residentes, migratorias, vagabundas o introducidas.

1.702 En el grupo de la maztofauna, la bibliografía reporta un total de 65 especies de mamíferos que potencialmente pueden observarse en el área del Proyecto. Este número representa el 12.3% del número de especies reportadas para el país. Los grupos que conforman la mayoría de la lista son los roedores con 25 especies y los murciélagos con 20 especies.

Análisis jurídico ambiental

1.703 El deterioro ambiental de los ecosistemas y la pérdida de especies exponen la necesidad de formular e implementar estrategias y acciones de conservación y restauración ecológica. En México, más de la mitad de la vegetación natural se ha perdido o transformado en campos agrícolas, pastizales cultivados, asentamientos humanos, entre otros usos del suelo y más de la mitad de los suelos muestran evidencias de algún tipo de degradación. Considerando que muchas áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad están afectadas por las actividades humanas, resulta clave contar con una guía espacial explícita para enfocar sitios que por sus características resulten importantes desde el punto de vista funcional y ecosistémico.

1.704 Como parte de una estrategia de planeación territorial en el país, resultado de diversas iniciativas auspiciadas por instituciones gubernamentales y no gubernamentales, nacionales e internacionales. Se han identificado en el país 152 RTP's que cubren 515,558 km^2.

1.705 A continuación, se describen aquellos sitios que, por sus características, ofrecen una gama de SE que deben ser considerados ante cualquier desarrollo que implique modificaciones en el habitad natural.

Regiones Terrestres Prioritarias y Sitios Prioritarios para la Restauración

1.706 Para brindar un panorama de las necesidades de conservación y restauración más relevantes dentro de una estrategia de desarrollo territorial sustentable, se identificaron los SAP y los SPR. Estos estudios se basan en los resultados de los análisis de vacíos y omisiones para la conservación de la biodiversidad terrestre, dulceacuícola y costero-marina.

1.707 Las RTP, representan unidades estables desde el punto de vista ambiental en la parte continental del territorio nacional, en donde se destaca la presencia de una riqueza ecosistémica, así como una integridad biológica significativa.

1.708 Hablando específicamente del Proyecto, la RTP Santa María - El Descanso, se localiza a 5 km de distancia, en su punto más cercano, en dirección oeste cuenta con una superficie de 572 km^2, y representa una región importante desde el punto de vista botánico y ecológico por ubicarse en una de las cinco zonas con clima mediterráneo en el mundo y con un endemismo florístico muy alto. Constituye uno de los últimos remanentes de matorral costero en la parte norte de Baja California, además de la presencia de los humedales del Río Descanso.

1.709 La influencia marítima provoca un patrón ecosistémico, relativamente homogéneo. Los principales tipos de vegetación y uso del suelo en esta región, así como su porcentaje de superficie son: chaparral 65%, matorral rosetófilo costero 24%, agricultura, pecuario y forestal 11%.

1.710 Desde el punto de vista antrópico, el desarrollo de zonas habitacionales (principalmente para jubilados extranjeros), así como el uso ganadero en la zona, han provocado la rápida desaparición de matorral costero. Este hecho hace notar la necesidad de gestionar medidas de protección y, por lo tanto, evitar cualquier impacto que pueda poner en riesgo la funcionalidad del ecosistema de la zona.

1.711 Por otro lado, los SPR fueron diseñados para identificar áreas de alto valor biológico que requieren acciones de restauración, con el objetivo de asegurar en el largo plazo la persistencia de su biodiversidad, función ecológica y los servicios ecosistémicos que proveen. Además, buscan incrementar la conectividad de ecosistemas y la recuperación de hábitats de las especies más vulnerables.

1.712 La identificación de los SPR se basa en la importancia biológica y en la factibilidad de restauración de cada ecosistema. El objetivo de este programa se encamina al cumplimiento de la meta 15 de las "Metas de Aichi para la Biodiversidad[14]" (restauración del 15% de las áreas degradadas) en contribución a la adaptación del Cambio Climático y su mitigación, así como a la lucha contra la desertificación.

1.713 En el área de estudio, el paso del acueducto cruza en diversas áreas identificadas como SPR catalogados de alta prioridad, sobre todo en el área cercana a la presa La Bellota, correspondiente a una vegetación de chaparral con asociación de encinos bajos y vegetación arbustiva; así como múltiples sitios de extrema, alta y media prioridad en las áreas aledañas, como la vegetación de Matorral Rosetófilo Costero que se ubica a nivel de costa con algunos pequeños manchones de indicación de protección media.

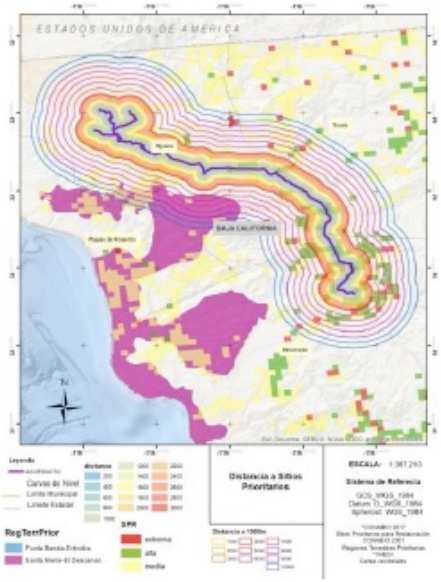
1.714 Es importante mencionar, que si bien estos decretos carecen de carácter constitucional, es un hecho que ameritan ser tomados en consideración, previo a la etapa de construcción de la obra, ya que están valorados entre otras cosas, por la factibilidad que presentan las áreas a ser restauradas. En este sentido, una

[14] El objetivo estratégico A de las Metas de Aichi para la Biodiversidad es: Abordar las causas subyacentes de la pérdida de diversidad biológica mediante la incorporación de la diversidad biológica en todos los ámbitos gubernamentales y de la sociedad.

obra que implique el aumento de la fragmentación del ecosistema podría poner en riesgo la resiliencia del mismo y con ello la posibilidad de recuperar el ecosistema en cuestión.

1.715 En el caso de las áreas aledañas a la presa, con indicaciones de restauración de prioridad alta y extrema, se recomienda tomar estas iniciativas como hecho, ya que la recuperación del área contribuye al fortalecimiento del proyecto en materia de provisión de agua (ver análisis de Cambio Climático y Servicios Ecosistémicos)

Regiones Terrestres Prioritarias y Sitios Prioritarios para la Restauración



Fuente. INEGI

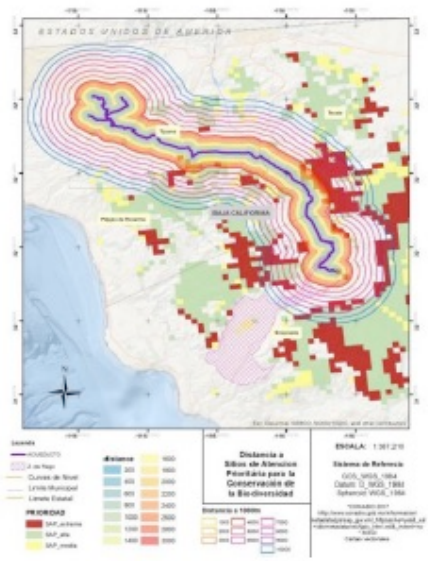
Sitios de atención prioritaria para la conservación de la biodiversidad

1.716 La biodiversidad juega un papel muy importante en el funcionamiento de los ecosistemas, se involucra directamente con la polinización, dispersión de semillas, regulación climática, secuestro de carbono, control de plagas, enfermedades agrícolas, regulación de la salud humana; además, de afectar los procesos ecosistémicos como la producción primaria, el ciclo de nutrientes y agua; la formación y retención del suelo, apoya indirectamente la producción de alimentos, fibra, agua potable, refugio y medicamentos.

1.717 Conocer y conservar porciones representativas de la biodiversidad es un reto de gran magnitud y complejidad por la elevada riqueza biológica que alberga el país, por lo que, resulta imperante reconocer los sitios que por sus características puedan albergar gran biodiversidad y riqueza ecosistémica.

1.718 La siguiente figura muestra los sitios en el área de estudio considerados como prioritarios para la conservación de la biodiversidad. Se puede observar que la zona de mayor proximidad al acueducto se localiza entre 150 y 200 m de distancia en dirección sureste, que corresponde a un SAP de prioridad extrema.

Sitios de Atención Prioritaria para la conservación de la biodiversidad



Fuente. INEGI

1.719 Dentro del área del Proyecto, la biodiversidad representa un factor de máxima importancia, ya que se encuentra dentro del área con el único clima mediterráneo en el país. Esta ecorregión alberga una extraordinaria diversidad de flora y fauna, entre las que destacan anfibios y reptiles de afinidad mediterránea.

1.720 Es importante mencionar, que estos sitios presentan un alto grado de endemismos y funciones ecosistémicas únicas en el mundo, dado que el área incluye vegetación, bacterias, hongos y protoctistas que no han sido identificados o determinados y pueden estar incluso exentos de usos actuales. Entre las especies de mayor riesgo de extinción está el cóndor de California. únicas en el mundo, dado que el área incluye vegetación, bacterias, hongos y protoctistas que no han sido las especies de mayor riesgo de extinción está el cóndor de California.

1.721 La biodiversidad favorece a la producción de cultivos al protegerlo de riesgos contra plagas, degradación del suelo.

Efecto del Cambio Climático

1.722 Durante la "Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", México comparte con el mundo la preocupación por el Cambio Climático global y reconoce la necesidad de participar en el esfuerzo por la mitigación.

1.723 Como parte de las estrategias, la adaptación al Cambio Climático se enmarca en el contexto de la gestión de riesgo[15], con el objetivo de reducir, prevenir y controlar en forma priorizada el potencial de ocurrencia de desastres en la población, en un sector o una región, combatiendo las causas estructurales de los problemas, fortaleciendo las capacidades de resiliencia de la sociedad y construyendo un modelo que, bajo un clima distinto, siga dando viabilidad al desarrollo.

1.724 En este sentido, las medidas de prevención frente a fenómenos meteorológicos extremos son una mejor forma de coexistir con la naturaleza misma.

[15] Riesgo: resultado de la interacción de amenazas definidas física mente con las propiedades de los sistemas expuestos, es decir, su sensibilidad o vulnerabilidad (social). El riesgo también puede considerarse como la combinación de un evento, su probabilidad y sus consecuencias.

1.725 Una herramienta que permite modelar posibles escenarios de proyección de Cambio Climático, son los Modelos de UNIATMOS (2012). Estos escenarios son una representación plausible y a menudo simplificada del clima futuro, basada en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas, que se constituyen para ser utilizadas de forma explícita en la investigación de las consecuencias potenciales del Cambio Climático antropogénico y que sirve a menudo de insumo para las simulaciones de los impactos.

1.726 El uso de estos modelos, facilita la planificación de proyectos ante las posibles amenazas provenientes del Cambio Climático y ayuda a prevenir e implementar planes de mitigación.

1.727 Para fines de este trabajo, se usó el modelo HADGEM2-RCP6[16] a mediano (2015 -2039) y largo plazo (2075-2099), con la finalidad de prever las posibles afectaciones en el Proyecto bajo un escenario de Cambio Climático.

1.728 Los resultados y discusión se presentan a continuación:

Resultados y discusión

1.729 Se observan cambios de temperatura y precipitación en el sitio de extracción y de emisión del acueducto, tal como se muestra en la siguiente tabla:

Variables ambientales de importancia en el cultivo de vid y la zona de recarga del acueducto

Variables	Z1 Tijuana	Z2 Ensenada
Clima	BSKS: árido con clima templado, temperatura media anual 12 y 18°, temperatura del mes más frío entre -3 y 18°C, temperatura del mes más cálido es menor a 22°C	Templado, con lluvias en invierno y verano seco (por lo que el mínimo de precipitaciones está bastante marcado y coincide con el periodo de temperaturas más altas) y temperatura media anual entre 12 y 18°C. La temperatura del mes más cálido es menor a 22°C
Suelo	Regosol y Leptosol	Leptosol, Regosol y Phaezotom
Hidrogeología	Roca intrusiva granítica granodioritica y doleritas de permeabilidad baja. Rocas volcánicas, principalmente basálticas y andesiticas permeabilidad media alta	Gravas, arenas limos depósitos aluviales y lacustres permeabilidad media alta. Rocas volcánicas, principalmente basálticas y andesiticas permeabilidad media alta
Prec actual	128 - 300 mm/km^2	200 - 400 mm/km^2
Prec HADGM	184 - 300 mm/km^2	300 - 400 mm/km^2
Dif Prec	Disminución de 2 a 15 mm/km^2	Aumento de 2 a 3 mm/km^2
Temperatura	17°C a 18°C media anual	15°C a 16°C media anual
Tem HADGEM60	21°C a 22 °C media anual	20°C a 21 °C media anual
Dif de temp	aumento de 3°C a 4°C	aumento de 3°C a 4°C

*La tabla contiene resultados de temperatura, precipitación anual y diferencia entre la condición actual y futura de estas mismas variables con el escenario de cambio climático HADGEM2-RCP60 a largo plazo (2075-2099).

1.730 Los cambios de temperatura asociados al Cambio Climático, impactan directamente en los contenidos de agua en el suelo por influencia de la evapotranspiración. Esta circunstancia se agrava en zonas urbanas desprovistas de suelo y vegetación o en zonas áridas o semiáridas.

1.731 El suelo es un agente de soporte y regulación de servicios ambientales. Dentro de estos servicios se reconoce al suelo como proveedor de sustento y fuente de nutrientes para los organismos; así como regulador del ciclo hidrológico y otros elementos. La regulación de estos servicios fluctúa dependiendo de las características presentes en el suelo

1.732 La zona de estudio en general, se caracteriza por presentar un régimen de temperatura térmica y un régimen de humedad con un periodo de 0 días. Esto es característico de regiones como Baja California que presentan poca precipitación anual y alta evapotranspiración.

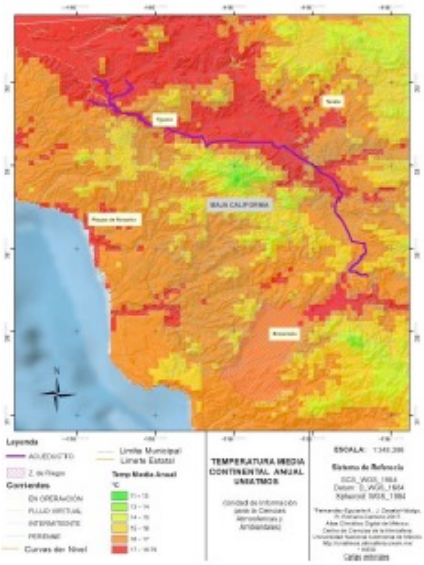
[16] Modelo desarrollado por el Reino Unido, el cual asume un forzamiento radiativo de +6 , donde las emisiones anuales de gases de efecto invernadero alcanzan un pico alrededor del año 2080 y posteriormente disminuyen

1.733 En estas regiones, las afectaciones del Cambio Climático resultan tener mayor influencia en impactos negativos, pues según datos del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) y los mostrados en este estudio, bajo un escenario de Cambio Climático, el régimen de temperatura térmico puede cambiar a un régimen hipertérmico, lo cual se traduce en condiciones de mayor aridez y escasez de agua. Este hecho podría llevar a la zona a una condición de desertificación.

1.734 La precipitación anual actual en toda el área de estudio según los modelos de UNIATMOS, varía en un rango de 128 mm - 701 mm y la temperatura media anual de 11°C a 19°C.

Precipitación actual

Temperatura Actual

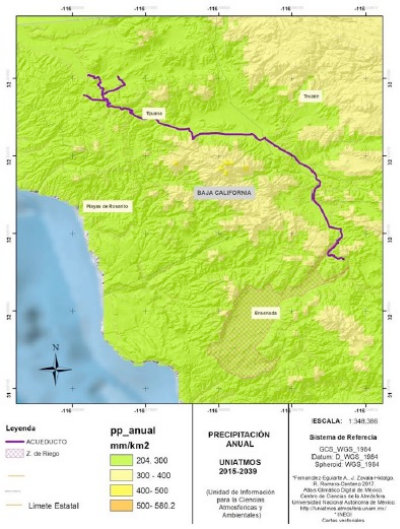


Fuente. INEGI

1.735 Bajo el escenario de Cambio Climático planteado, se observa un incremento de la precipitación en algunas áreas (este incremento se explica por el aumento en la evapotranspiración pero no será constante), y un decremento en otras, este hecho hace que el régimen pluvial anual sea de 184 a 689. Incremento en la mínima precipitación y descenso en la máxima.

Escenario de cambio climático HADGEM2-RCP60 a mediano (a) y largo plazo (b)

(a)



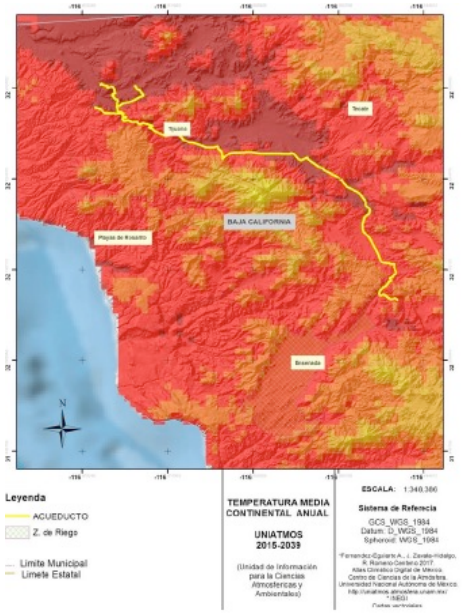
(b)

Fuente. INEGI

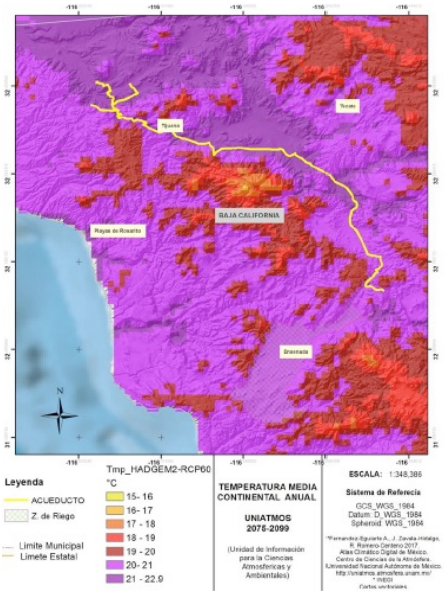
1.736 La temperatura media anual bajo el modelo de Cambio Climático varía en un rango de 15°C a 22°C. Lo cual refleja un aumento en la mínima de 4°C y 22°C en la máxima

Diferencia en la precipitación a mediano a) y largo b) plazo, entre el escenario actual y Cambio Climático

(a)



(b)

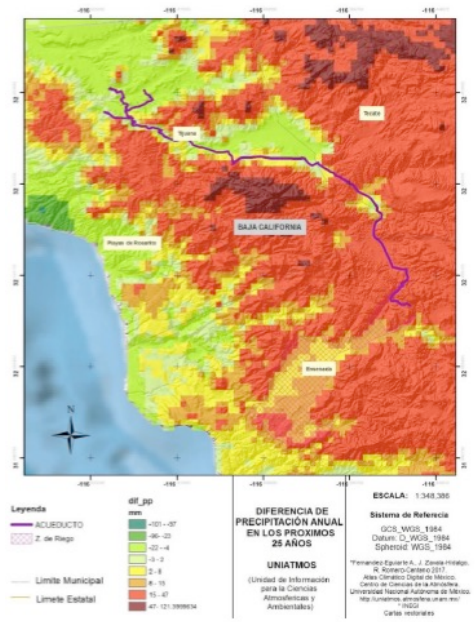


Fuente. INEGI

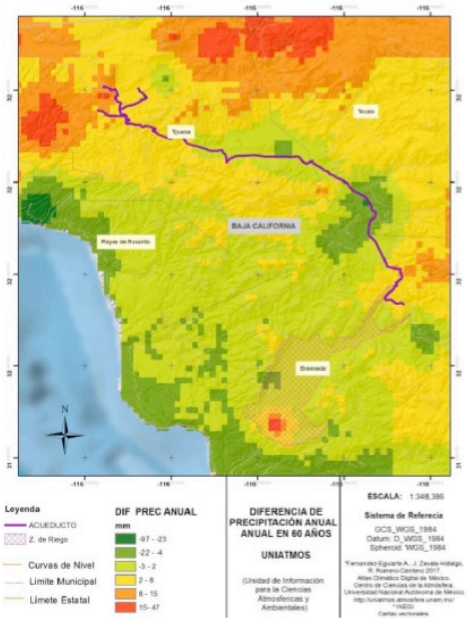
1.737 En el caso particular de la zona de extracción de agua (Z1 Tijuana), se observa una disminución en la precipitación de 2 a 15 mm/km^2 y un amento en la temperatura de 3°C.

Diferencia en la temperatura media anual a) a mediano y largo
b) plazo entre el Escenario actual y bajo Cambio Climático

(a)



(b)



Fuente. INEGI

1.738 Bajo estos escenarios y dadas las características de la región, se pude concluir lo siguiente:

1.739 Se tienen al menos 2 tipos de suelo representativos: Leptosol y Regosol:

a) **Leptosol**: con propiedades esqueléticas, eutricas y con un horizonte Ocrico. Se caracteriza por ser un suelo delgado con grava y otros fragmentos gruesos en la superficie, raíces limitadas por pedregosidad, textura franca, bajo contenido de carbono orgánico 1.7, color café, CIC de baja a regular 17.1 (lo cual explica la textura franca), con una saturación de bases de 50% o más, CE de 0.4 dS/m (por lo tanto no se muestra exceso de sales en la superficie del suelo o sobre los agregados) y un pH de 6 (ligeramente ácido).

   Ante el escenario de Cambio Climático planteado, se observa un aumento de temperatura de 2°C, una disminución de 2 a 15 mm/Km^2 de precipitación. En cuanto a las características del suelo presentes se prevé una disminución en la producción de biomasa causada por las altas temperaturas, afectación de la actividad metabólica de organismos en el suelo por escases de agua, con ello, pérdida del 30% o 40% de contenido de carbono orgánico y muy bajo o nulo contenido de materia orgánica (que dé inicio en estas áreas es baja). Al disminuir el contenido de materia, se disminuye la CIC en el suelo y se perdería la estructura, por lo que disminuiría la capacidad para retener el agua, aumentaría la evapotranspiración y el potencial de erosión eólica.

b) **Regosol:** con propiedades endolepticas y esqueléticas de horizonte Ócrico. Se caracteriza por presentar superficies muy pedregosas, raíces limitadas, textura franca arcillo arenosa, color naranja por presencia de óxidos de Fe, bajo contenido de CO de 1.1, CIC 16 de baja a regular, saturación de bases de 57.6, CE de 0.1 dS/m (por lo tanto, no se muestra exceso de sales en la superficie del suelo o sobre los agregados) y pH de 6. A pesar de que las características indican un avance un poco mayor en los procesos pedogenéticos dado el aumento de arcillas del suelo, en comparación con el Leptosol, sigue siendo un suelo con poca capacidad de amortiguamiento debido a su limitado desarrollo, bajo contenido de materia orgánica, baja estructuración, rocas en superficie que limitan el desarrollo de organismos y pH ligeramente ácido (que facilita el mantenimiento de metales pesados en solución). Este hecho, expone a este suelo a las mismas condiciones planteadas en para el Leptosol, bajo un escenario de Cambio Climático.

1.740 Bajo estas premisas y siendo esta zona, una región de abastecimiento de agua para el acueducto, se recomienda implementar acciones de reforestación en las áreas aledañas al suelo que ayuden a minimizar la pérdida de agua, aumenten el contenido de materia orgánica y la estructura del suelo, ya que aun cuando son aguas residuales, el desabasto de agua se generaliza en toda la región.

1.741 La Zona 2, correspondiente al Municipio de Ensenada (sitio al cual se pretende destinar el agua tratada), se caracteriza por tener un clima mediterráneo, que se ve modificado con un aumento en la precipitación de 2 mm/km^2 a 3 mm/km^2 y un aumento en la temperatura media anual de 3°C a 4.5° C.

1.742 Presenta dominancia de 2 tipos de suelo. Leptosol, Regosol (se reportan algunos suelos de tipo Solonchaks en muy baja proporción).

a) **Leptosol:** con propiedades esqueléticas, húmicas, y con un horizonte Ocrico. Se caracteriza por ser un suelo delgado con grava y otros fragmentos gruesos en la superficie, raíces limitadas por pedregosidad, textura franco arenosa, contenido de carbono orgánico 2.3 (hecho que le da las características húmicas por el aporte de las hojas de encinos y otros arbustos en el chaparral), color café claro, CIC de baja a regular 9.6, saturación de bases de 100, CE de 0.3 dS/m (por lo tanto no se muestra exceso de sales en la superficie del suelo o sobre los agregados) y ph de 6.3. Bajo este tipo de suelo se encuentra la presa.

   El sitio en general presenta condiciones buenas de drenaje, de textura franco arenosa, es poco profundo y esto lo limita a poder absorber y retener iones y cationes provenientes de las aguas residua-

les. Por otro lado, presenta un pH ligeramente ácido que pone en evidencia una ligera pérdida de bases por lixiviación y a su vez contribuye a mantener a las sales en solución, permitiendo así, el paso de metales pesados y otras sustancias hacia los cultivos. Se puede decir en general, que su capacidad de amortiguamiento es baja. A esta situación, le favorece las características húmicas que ayudan a estructurar y a retener el paso de minerales. Es así, que se recomienda mantener la cubierta forestal en esta área, para fortalecer las capacidades de amortiguamiento en la zona, además de brindar protección para evitar la pérdida de agua.

b) **Regosol:** con propiedades epilépticas y esqueléticas de Horizonte Ócrico. Se caracteriza por presentar superficies muy pedregosas, raíces limitadas, textura franca, color café, bajo contenido de CO 1.3, CIC regular 23.6, CE de 0.1 dS/m (por lo tanto no se muestra exceso de sales en la superficie del suelo o sobre los agregados), saturación de bases de 100 y pH de 7.2.

   Este suelo presenta una mayor capacidad de amortiguamiento en comparación con el Leptosol, ya que se observa una mejora en la textura con el aumento de arcilla en el suelo, que le da una mayor CIC, lo cual le permite absorber mayor número de sales y sustancias peligrosas provenientes de las aguas tratadas que pudieran afectar a los cultivos, además el pH de 7.2 limita el contenido de metales pesados en solución. La alta pedregosidad limita el desarrollo de raíces a profundidad, hecho que favorece el cultivo de la vid.

c) **Solonchacks.** Los suelos en los canales aluviales tienen poco desarrollo, tenderían a ser Fluvisoles, pero la acumulación de sales desvía la clasificación hacia Solonchaks, sin embargo, en algunas secciones de esos canales, pero más someras (<1 m de profundidad) también hay Fluvisoles y en ciertos sitios Cambisoles, dependiendo de la magnitud del aporte reciente de material. Es importante resaltar que la excesiva acumulación de sales en estos sitios parece ser resultado de un proceso antrópico, atribuible a la mala calidad del agua de riego, por lo tanto, este tipo de suelos resulta ser aún más afectado con las modificaciones del Cambio Climático.

1.743 En general, aunque existe una mejora en las características del suelo en comparación con la Z1, los suelos de la Z2 siguen presentando una baja capacidad de amortiguamiento ante los escenarios de Cambio Climático, por su baja profundidad, bajo contenido de materia orgánica, baja estructura y la mayoría con pH ligeramente ácido. Por lo tanto, son susceptibles a padecer los efectos negativos de este cambio, descritos para la Z1.

1.744 Por otro lado, aunque se observa un incremento de 2 mm/km^2 a 3 mm/km^2 de precipitación, el aumento de temperatura es de 3°C a 4.5° C en la Z2, lo cual indica que la evaporación tenderá a exceder a la precipitación. La alta evaporación en el suelo, incrementa los flujos de agua a la superficie por capilaridad, el agua remueve partículas (sales e iones) de las partes más profundas del suelo y las transporta a la superficie, lo cual puede conllevar a un proceso de salinización.

1.745 La salinización del suelo en regiones áridas o semiáridas como Baja California, representa la mayor causa de degradación y desertificación de los suelos. Estos efectos se intensifican si el agua de riego en los cultivos no presenta un control de calidad en cuanto a contenido de sales. Las aguas de riego por lo general, tienen una CE entre 0.15 dS/m y 1.5 dS/m. Sin embargo, tienden a concentrarse debido a la evapotranspiración.

1.746 Para fines prácticos, uno de los principales indicadores de la calidad del agua en los suelos es la CE. En el área de estudio este valor es menor a 0.4 dS/m (sin exceso de sales), lo cual permite el libre desarrollo de los cultivos de la vid en la zona.

1.747 La vid es una planta moderadamente tolerante a la salinidad del suelo, pero se reporta que a partir de 2 dS/m hay una reducción en la producción de fruto del 10% al 25% si la plantación es franca (no injertada). Aunado a esto, el incremento de aguas residuales también modifica el pH y acidifica el suelo, por lo que se puede comprometer el rendimiento de los cultivos al alterar la absorción de los nutrientes.

1.748 Las grandes cantidades de aguas residuales al suelo, aportan contenido de materia orgánica, que al ser removida durante los procesos de labranza, libera gases de efecto invernadero como el CO2 que pueden comprometer la calidad del aire en la zona.

1.749 Dados los posibles escenarios antes mencionados, es importante considerar el control en los contenidos de sales de las aguas residuales con el fin de mitigar, en la medida de lo posible, los futuros impactos.

1.750 Otro punto a considerar en esta área es la distribución de la temperatura y precipitación a lo largo del año, ya que la vid depende en gran medida de la temperatura, tanto en la parte expuesta como en el área subterránea. En este sentido, ante el escenario de Cambio Climático expuesto, se observa que el área mantiene la temporalidad de lluvias y época de seca en los mismos meses, salvo que la temperatura del mes más cálido (julio-agosto) se modifica de 23°C a 27°C, por lo que habrá que considerar estos cambios en el manejo del cultivo.

1.751 A grandes rasgos, los suelos descritos en la Z1 y la Z2 presentan una gran similitud, salvo que los suelos de la Z2 proyectan una mejoría en cuanto a la estructura del suelo y contenido de carbono orgánico en algunos casos. No obstante, con el alto incremento en la temperatura, esta mejora no parece ser suficiente para minimizar los impactos que se prevén.

1.752 Ante esta situación, se recomienda implementar un crecimiento futuro al Proyecto, considerando acciones de adaptación al Cambio Climático, si de inicio no se pueden establecer.

Servicios Ecosistémicos

1.753 Los SE son todos los beneficios que proporcionan los distintos ecosistemas y que contribuyen al bienestar social, se obtienen principalmente de los procesos y funciones biológicas propias del mismo, pero también incluyen las percepciones colectivas de los humanos. El planteamiento en general, parte de analizar el valor intrínseco o utilitario que ofrecen los distintos ecosistemas y sopesar el beneficio a favor del mantenimiento del sistema al que pertenecen.

1.754 La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio describe dependiendo de sus funciones los siguientes servicios:

a) **Soporte**: son los procesos ecológicos básicos que aseguran el funcionamiento adecuado de los ecosistemas y el flujo de servicios de provisión, de regulación y culturales. Entre estos servicios se encuentran la productividad primaria, que es la conversión de energía lumínica en tejido vegetal, el suelo y el mantenimiento de la biodiversidad.

b) **Provisión**: se trata de bienes tangibles, también llamados recursos naturales o bienes. En esta categoría están incluidos los alimentos, el agua, la madera y las fibras. Estos servicios proporcionan el sustento básico de la vida humana, los esfuerzos por asegurar su provisión guían las actividades productivas y económicas.

c) **Regulación**: se incluyen procesos ecosistémicos complejos mediante los cuales se regulan las condiciones del ambiente en que los seres humanos realizan sus actividades productivas. En esta categoría se incluyen la regulación climática, la regulación de los vectores de enfermedades y la regulación de la erosión de los suelos, entre otros.

d) **Culturales:** son aquellos beneficios que dependen de las percepciones colectivas de los humanos acerca de los ecosistemas y de sus componentes, los cuales pueden ser materiales o no materiales, tangibles o intangibles. Los beneficios espirituales, recreativos o educacionales que brindan los ecosistemas se consideran en esta categoría.

1.755 En general, los cambios que afectan a estos servicios repercuten de diversas maneras en el bienestar social. En el caso particular de las obras o actividades como la agricultura, los ecosistemas son activamente manejados por los humanos para optimizar distintos servicios de infraestructura, provisión de comida, obtención de fibras, combustible entre otros. No obstante, a su vez, estos servicios clasificados como de provisión, dependen de una red de servicios de apoyo y regulación como insumos para la producción (suelo, vegetación, polinización, fertilidad etc). En este sentido, resulta importante identificar las redes funcionales de las cuales depende un servicio, con el fin de optimizar su aprovechamiento y mantener la resiliencia del mismo.

1.756 El presente análisis identifica de manera general, algunos SE en la zona, que por sus características afectan o pueden ser afectados por el Proyecto. Los SE analizados en este trabajo son la vegetación, el suelo, la hidrografía y el relieve como factor regulador.

1.757 Para llevar a cabo este proceso, se usó como unidad de análisis a la cuenca, ya que permite delimitar e identificar zonas funcionales dentro de un espacio, al mismo tiempo que facilita la comprensión y dinámica de las interacciones entre diferentes servicios ecosistémicos.

Metodología

1.758 Con ayuda del Software ArcGis 10.3 y su extensión ArcSWAT 2012.10.18 del modelo SWAT2005, se identificaron dos redes de drenaje, a partir de las cuales se trazaron dos cuencas. La primera, correspondiente al sitio de mayor latitud, contiene el trazo del acueducto casi en su totalidad y desemboca hacia la zona urbana del Municipio de Tijuana; la segunda, corresponde al destino del acueducto, en este lugar se encuentra la presa y las áreas de cultivo, su desembocadura se dirige hacia el Océano Pacífico.

1.759 Cada cuenca se dividió en subcuencas y de cada una se obtuvo una caracterización morfométrica con el fin de evaluar el funcionamiento y comportamiento de la región a partir de indicadores del medio físico (área de la cuenca, pendiente, longitud del cauce principal, pendiente del cauce principal, altitud media, máxima y mínima, coeficiente orográfico, densidad de drenaje y densidad de drenaje perenne) que guardan una estrecha relación con los procesos de modelación del paisaje.

1.760 Finalmente, se usó la carta de uso de suelo y vegetación, la carta edafológica y de perfiles serie II, la carta hidrológica, la carta hidrogeológica, rasgos topográficos y modelo digital del terreno. Estas cartas se vincularon con cada una de las subcuencas y se realizó un análisis de la relación de cada variable con la funcionalidad que presentan en la cuenca en términos de SE.

1.761 El siguiente mapa muestra dos vertientes hidrográficas a partir de las cuales se delimitaron las cuencas. Laa aguas de la cuenca 1, correspondiente al sitio de recarga del acueducto, desembocan hacia la zona norte del Municipio de Tijuana. Por su parte, las aguas de la cuenca 2, correspondiente al área de cultivos, desembocan hacia el Océano Pacífico.

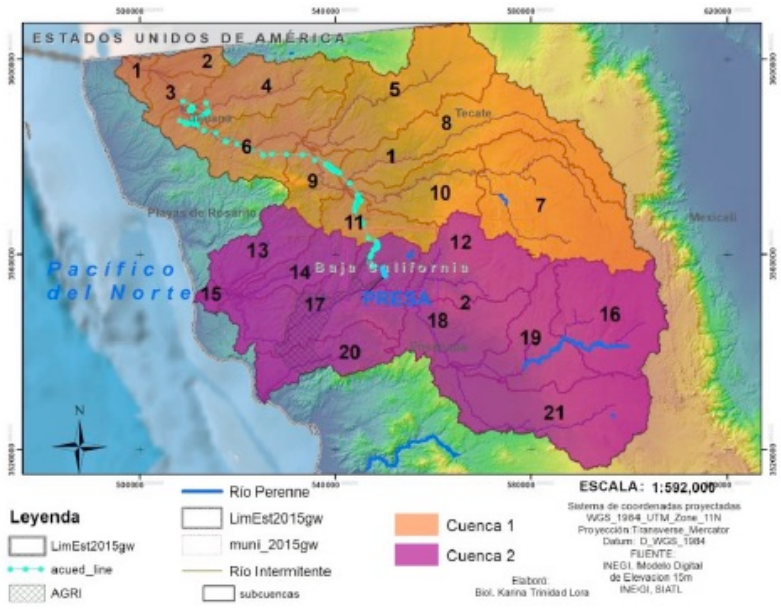
Vertientes hidrográficas de las cuencas

Fuente. INEGI

Resultados y Discusión

1.762 La cuenca sobre la cual se pretende construir el acueducto Valle de Guadalupe, presenta dos vertientes, cuenta con una elevación que va de 0 msnm a 1,879 msnm y un área de 5,971.64 km^2. En ella se trazaron 21 subcuencas, de las cuales las primeras 11 corresponden a la vertiente norte (cuenca 1) y de la 12 a la 21 vierten hacia el Océano Pacifico (cuenca 2).

División de las cuencas en subcuencas



Fuente. INEGI

Cuenca 1. Vertiente norte, zona del acueducto

Variables morfométricas

1.763 Una herramienta clave en el análisis fisiográfico de una cuenca (sobre todo cuando se carece de información a detalle en la zona de estudio) es la morfometría, ya que permite establecer parámetros de evaluación del funcionamiento y comportamiento de una región a partir de una serie de indicadores del medio físico que guardan una estrecha relación con los procesos de modelación del paisaje.

1.764 De manera general, se observa que la construcción del acueducto no parece ser afectado ni afectar significativamente ningún proceso de regulación explicado a partir de la morfometría de cuencas. No obstante, en esta sección, se explican algunos puntos que podrían ser de interés dada la vinculación del acueducto con estos espacios.

a) Densidad de drenaje: en general las subcuencas presentan una densidad de drenaje de bajo a medio, lo cual indica un régimen pluvial con pendientes medias y de mediana complejidad ambiental.

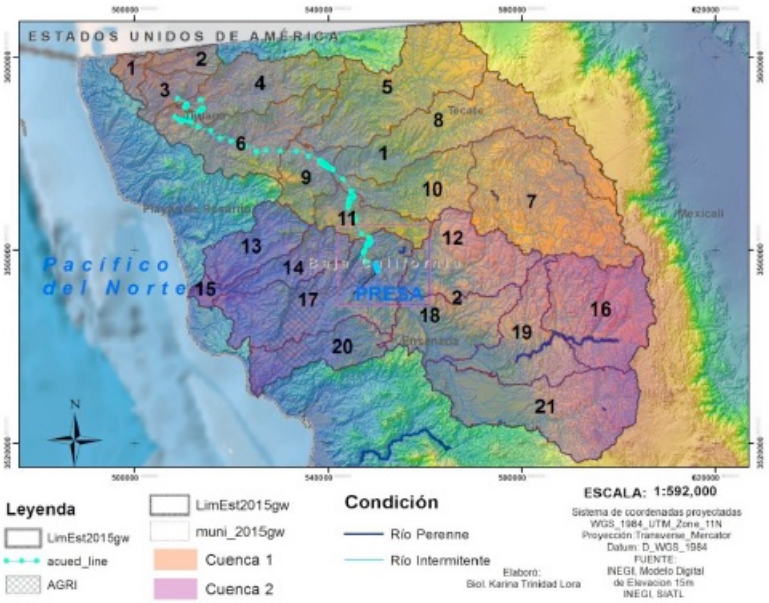
   Las subcuencas con valores altos de densidad (subcuencas 9, 10, 8 y 6) corresponden a zonas donde se encuentran las menores altitudes y por lo tanto sitios donde vierten sus aguas las subcuencas de mayor altitud. Estas cuencas, con excepción de la 10, conforman el cauce principal de la cuenca 1 y representan el sitio donde se llevan a cabo las mayores crecidas y mayor volumen de escurrimiento. No obstante, las corrientes presentes en su mayoría son de tipo intermitente, por esta razón la condición se aplica solo durante la época de lluvia. Estas subcuencas son las de mayor importancia como fuente potencial en la provisión de agua y sitios de gran heterogeneidad ambiental dada la modelación que generan las corrientes en el paisaje.

b) El acueducto Valle de Guadalupe, se vincula con el cauce principal de la cuenca 1, atravesando a las subcuencas 4, 6, 9, 10 y 11. Sin embargo, aun cuando corresponde a la zona de mayor aporte de agua, los daños provocados por el paso del acueducto serán temporales y no parecen generar mayor impacto. Se recomienda su construcción en temporada de secas, para evitar costos adicionales por la presencia de ríos intermitentes que puedan complicar el desarrollo de la obra.

c) Drenaje perenne: en esta región la escasa presencia de ríos perennes resulta evidente, por tal motivo, las cuencas 7 y 6 donde se presentan estos cuerpos de agua, resultan ser prioritarias, ya que pueden proveer de agua durante todo el año. La segunda planta de bombeo, en una dirección de derecha a izquierda en la zona de recarga del acueducto Valle de Guadalupe, se encuentra aproximadamente a 2,000 m de distancia cuenca arriba de la Presa Abelardo L. de Rodríguez (subcuenca 6). En general, no parece generar mayor afectación a esta zona, sin embargo, se recomienda tener precauciones en el manejo de esta área, ya que al estar ubicada la presa a corta distancia y menor altitud (cuenca abajo), es propensa a recibir cualquier impacto por derrame, arrastre de sedimentos, entre otros, derivado del mal manejo del acueducto.

   Las presas representan un SE de provisión de agua y por lo tanto se deben manejar con cuidado, sobre todo en una región donde la limitación por agua es un tema de prioridad.

Distribución de Ríos



Fuente. INEGI

d) Pendiente media: el paso del acueducto no se ve afectado ni afecta ninguna zona de relieve accidentado, ya que su ubicación corresponde a los sitios de emisión de las subcuencas cuyo relieve es casi plano. No obstante, las subcuencas con mayor valor en pendiente son las 9, 6, 10, 11 y 4. En estas áreas, es importante mantener la cubierta forestal con el objetivo de regular los fenómenos de remoción de masa. Las subcuencas 6 y 9 son las que requieren mayor atención dada su vinculación con el acueducto. Sobre todo considerando que el acueducto se encuentra en un valle y un fenómeno de remoción podría sepultar la obra.

e) Pendiente del cauce principal: se puede observar en la siguiente tabla que las pendientes de cauce son bajas, las de mayor magnitud alcanzan casi el 4%, lo cual es característico de cuencas planas o semiplenas a lo largo de su cauce, determina velocidades bajas en el transporte de agua y posiblemente mayor tiempo de concentración e infiltración de la misma. La construcción del acueducto va contra pendiente de la cuenca 1 y aunque las pendientes son bajas, se debe considerar el costo de bombeo para hacer llegar el agua a su destino. Estas zonas representan elevaciones que generan un costo adicional de energía de bombeo para mantener el transporte del agua a su destino.

Resultados de las variables morfométricas para cada una de las subcuencas

Subcuencas	Área (Km^2)	Densidad de drenaje	Densidad Perennes	Desnivel altitudinal	Coeficiente Orográfico	Pendiente media	Pendiente del cauce principal
1	48.80	1.53	0.00	388.00	7.40	12.82	2.33
2	69.81	2.08	0.00	817.00	9.68	18.14	3.90
3	91.28	2.64	0.00	524.00	7.41	16.18	2.07
4	281.07	2.82	0.00	1,028.00	21.65	20.02	1.72
5	490.26	2.45	0.00	1,018.00	130.56	12.24	1.55
6	359.52	3.13	0.000120	1,166.00	16.92	24.66	1.79
7	610.37	2.52	0.004840	854.00	1,661.37	11.26	1.09
8	519.87	3.16	0.00	1,246.00	217.16	12.62	1.32
9	143.30	3.82	0.00	1,029.00	446.69	31.51	2.18
10	248.71	3.22	0.00	1,190.00	470.28	21.20	1.85
11	150.21	2.70	0.00	864.00	756.06	24.08	2.60

Vegetación

1.765 La cuenca en general presenta una vegetación de tipo chaparral, este hecho se refleja en la dominancia de uso de suelo para la mayoría de las subcuencas (ver anexos). La excepción se da en las subcuencas 1, 2 y 3 que en su mayoría se constituyen por zonas urbanas o de asentamientos humanos con actividad agrícola.

1.766 El chaparral se desarrolla en regiones áridas y semiáridas como son las laderas de algunos cerros, con un clima seco y semiseco, con inviernos húmedos y veranos cálidos y secos. En algunas zonas llega a ser tan densa la vegetación que no permite el acceso de animales grandes o seres humanos.

1.767 En México, el chaparral cubre 20,858.6 km^2, esto significa el 1.0% del territorio nacional. En su mayoría, se distribuye al noroeste de Baja California, donde se encuentra la mayor cobertura. Estos ecosistemas, comprenden una flora en la cual predominan los géneros de afinidad neotropical, con alto nivel de endemismos y una contribución al 60% de los géneros, por lo tanto, este tipo de vegetación esta entre las más importantes para México por su extensión y contribución a la flora endémica del país.

1.768 Algunas especies representativas de esta región son:

a) Herbáceas: *Paeonia califórnica, Delphinium cardinale, Penstemon centranthifolius*.

b) Arbustivas: Ceanothus oliganthus, Ceanothus crassifolius, Ceanothus papilosos, Ephedra sp, Salvia apiana, Salvia leucophylla, Lepechinia fragrans, Rhus ovata, Romneya trichocalyx, Rhus trilobata.

c) Arbóreas: *Hesperocyparis forbesii*. Se trata de una de varias especies de gimnospermas halladas en el chaparral baja californiano.

d) Agavaceas: *Yucca schidigera*. Probablemente la yuca más conocida del estado de Baja California

1.769 Presenta una alta diversidad β, con elevada tasa de recambio de especies entre sitios y regiones. No obstante, hasta el 2005, se reportaban 1.8 millones de has de chaparral sin clasificar.

1.770 La biodiversidad, juega un papel muy importante en el funcionamiento de los ecosistemas, por lo tanto, se considera un SE de Soporte, ya que se involucra directamente con la polinización, dispersión de semillas, regulación climática, secuestro de carbono, control de plagas, enfermedades agrícolas y regulación de la salud humana.

1.771 En sitios como este, donde no se ha concretado la clasificación de especies, se debe mantener la posibilidad de estar presentes ante especies carentes de uso actual pero que podrían ser la base para el descubrimiento futuro de nuevos productos farmacéuticos o industriales.

1.772 El acueducto, en su mayoría, se vincula con áreas de cultivo. No obstante, se recomienda realizar un estudio a mayor detalle por lo sitios de paso del acueducto y realizar un inventario florístico de las especies presentes en la zona, con el fin de salvaguardar el Patrimonio Nacional.

Chaparral

Fuente. INEGI

Suelo

1.773 En general la cuenca presenta 9 distintos tipos de suelo, de los cuales solo 7 se presentan en la cuenca 1 (ver anexo). El suelo con mayor presencia en toda la cuenca, es el Leptosol, seguido del Regosol, ya descritos en el apartado de Cambio Climático, donde se argumenta la baja capacidad de amortiguamiento que tienen estos suelos ante posibles perturbaciones.

1.774 Al ser suelos en su mayoría someros y poco estructurados, se recomienda presentar especial cuidado en aquellos sitios donde las pendientes sobrepasen los 10° (pendientes fuertemente inclinadas), ya que en estas zonas el potencial erosivo del suelo aumenta y se corre el riesgo de sobrepasar la resiliencia del sistema (al menos en la superficie donde se pretende incorporar el acueducto).

1.775 Una situación como esta, donde se ponen en riesgo los SE de soporte y de regulación para este suelo, parece estar presente a lo largo de la subcuenca número 6, donde se observan pendientes de más de 30° bajo el paso del acueducto.

1.776 Algunos otros suelos con menor representación en la cuenca, son el Pheozem Cambisol, Luvisol y Fluvisol. En la cuenca 1, se observa que la mayor diversidad de estos, se tiene en la subcuenca 8 y la 11 (ver anexo). La diversidad de suelos, ayuda a mantener los procesos de regulación de los ecosistemas y amortigua efectos negativos que pudieran llegar a presentarse.

1.777 Sobre la cuenca 8 y 11, el acueducto Valle de Guadalupe, afecta a un pedón de tipo Fluvisol con características Endoesqueleticas, hiposodicas y un horizonte Ocrico. Estos suelos se caracterizan por presentar una marcada diferenciación textural dentro del perfil del suelo. En este sentido, presentan un horizonte superficial agotado de arcilla y con una acumulación de ésta en un horizonte subsuperficial argico. Contiene entre 40% y 90% de gravas en la superficie y sitios de saturación con sodio intercambiable, textura franco arenosa, bajo contenido de CO, baja CIC en el horizonte superficial, y pH ligeramente básico.

1.778 Nuevamente se presenta un suelo poco estructurado (sobre todo en el horizonte superficial). El intercambio de bases por sustitución de sodio incrementa la superficie difusa, con lo cual este pierde estructura y facilita la erosión, estas partículas de sodio tienden a hincharse y por tanto disminuir el espacio poroso, con ello disminuyen la permeabilidad de agua al suelo y limita el crecimiento de las plantas. El paso del acueducto por este tipo de suelo, no parece generar mayor impacto ni pérdida de SE.

Superficie total de los diferentes tipos de suelo presentes en toda la cuenca

Suelo	Area Km²
Leptosol	332,537.78
Regosol	146,719.04
Phaeozom	41,515.93
Planosol	20,661.18
Cambisol	16,793.58
Lluvisol	12,670.88
Vertisol	6,645.60
Fluvisol	2,897.77
Arenosol	205.37

Cuenca 2. Vertiente al Pacífico, zona vinícola

Variables morfométricas

a) **Densidad de drenaje**: En general, las subcuencas presentan una densidad de drenaje de bajo a medio, lo cual indica un régimen pluvial con pendientes medias y de mediana complejidad ambiental.

Las subcuencas 13, 20 17 y 14 con valores altos de densidad, corresponden a zonas de baja altitud y por lo tanto se trata de sitios donde se llevan a cabo las mayores crecidas y el mayor volumen de escurrimiento. Estas cuencas, con excepción de la 20 que descarga directamente al Océano Pacífico, vierten sus aguas primero a la subcuenca 15. En su mayoría son de tipo intermitente, por esta razón la condición de aporte de agua se aplica solo durante la época de lluvia. Estas subcuencas son las de mayor importancia como fuente potencial en la provisión de agua y sitios de mayor heterogeneidad ambiental, dada la modelación que generan las corrientes en el paisaje.

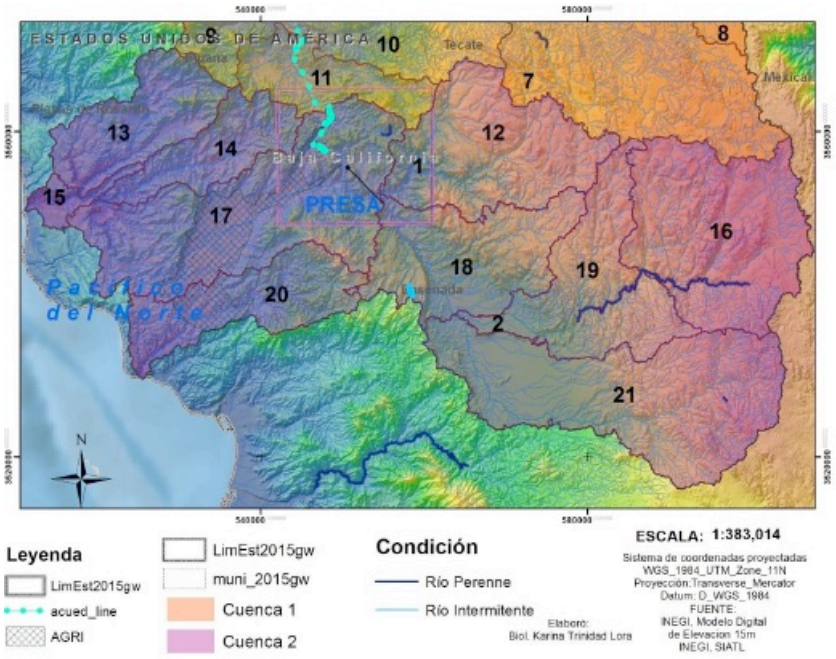
La zona vinícola abarca casi en su totalidad el área de emisión de la subcuenca 17, por lo tanto, es el área de menor altitud y donde trascurre el cauce principal con una pendiente media de 1.43% (relieve casi plano) para esta subcuenca. Es una zona estable de convergencia de ríos, por lo tanto se puede apreciar que la provisión de agua, de la cual dependen los cultivos de manera natural, en gran medida está sujeta al drenaje que ofrecen las subcuencas 12, 18, 16, 19, 21 y el área de cabecera de la misma subcuenca 17.

En este sentido, aunque se pretende llevar a cabo un riego artificial para esta zona, es importante considerar la provisión de agua y la regulación del ciclo hidrológico que frecen las subcuencas en conexión con los cultivos.

b) **Drenaje perenne**: en esta región la escasa presencia de ríos perennes resulta evidente, por tal motivo, las cuencas 16, 19 y 21 donde se presentan estos cuerpos de agua, resultan ser prioritarias, ya que pueden proveer de agua durante todo el año. La subcuencas 19 y 16 (área de cabecera y transporte de la cuenca 2), cuentan con el mayor índice de corrientes perennes. En la siguiente figura se puede observar, que este cuerpo de agua constituye el cauce principal de estas dos subcuencas con una pendiente de cauce muy baja, lo cual implica baja capacidad de transporte y menor velocidad de desplazamiento de este cuerpo de agua hacia las subcuencas de menor altitud. No obstante, sus aguas contribuyen al abastecimiento del líquido hacia las áreas de cultivo ubicadas cuenca abajo.

Dado el sitio estratégico de ubicación del cuerpo de agua, la protección de estas áreas es vital en los SE de soporte, regulación, y provisión. Por un lado, al estar ubicado el cuerpo de agua en la zona de cabecera, ofrece un SE de Soporte, ya que representa la captación y formación de los primeros ríos que posteriormente se distribuyen y abastecen de agua a toda la cuenca. Por otro lado, el cuerpo de agua como tal brinda un SE de provisión, sobre todo si se considera su permanencia a lo largo de todo el año. Finalmente, la zona se relaciona con la retención de agua y por lo tanto protección contra el arrastre de sedimentos e inundaciones hacia las áreas de cultivo, de ahí la importancia de salvaguardar el sitio.

Distribución de Ríos para la cuenca 2



Fuente. INEGI

c) **Desnivel altitudinal:** las subcuencas con mayor desnivel altitudinal, son la 20 y 17, ambas con más de 1,000 m de diferencia altitudinal. Este factor refleja de manera indirecta heterogeneidad.

La heterogeneidad ambiental es un factor que se relaciona con la diversidad ambiental, por lo tanto puede llegar a proveer de múltiples servicios a las zonas agrícolas, ya que fortalece la diversidad de especies que regulan el control de plagas, favorecen la formación de suelo, contribuyen con la retención de agua y aportan materia orgánica. El área de cultivo se encuentra ubicada en la subcuenca número 17, por tal motivo se recomienda implementar acciones de protección en el área de cabecera y transporte de esta subcuenca, con el fin de fortalecer los SE de soporte, provisión y regulación antes mencionados hacia los cultivos.

d) **Pendiente media:** las subcuencas 14, 13, 20 y 17 presentan pendientes mayores a 20°, en las que se observa un terreno accidentado. En estas áreas es importante mantener la cubierta forestal con el objetivo de regular los fenómenos de remoción de masa.

Las cuencas 13, 14 y 20 no presentan ningún riesgo de afectación a los cultivos. Sin embargo, la subcuenca 17 muestra un área altamente accidentada en la zona de transporte que la rodea. En este sentido, resulta importante mantener estables a los suelos de las zonas de ladera, ya que ante un evento erosivo, el material proveniente de las laderas se depositará en las partes bajas (en este caso áreas de cultivos) sepultando los cultivos y el suelo fértil. El material depositado contiene partículas de todos tamaños (arenas, limos, arcillas, gravas, lodo), por lo tanto carece de estructura, lo cual imposibilita cualquier práctica agrícola, por lo que el suelo pierde su funcionalidad.

Se recomienda mantener los servicios de regulación que puede ofrecer la cubierta forestal en cuanto a la protección del suelo, evitando así, pérdidas por procesos de remoción de masa, sobre todo si se considera en general, la baja estructura que presentan los suelos en el área de estudio.

Resultados de las variables morfométricas para cada una de las subcuencas

Subcuencas	Área Km²	Densidad de drenaje	Densidad Perennes	Desnivel altitudinal	Coeficiente Orográfico	Pendiente media	Pendiente del cauce principal
12	337.36	1.67	0.00	1,155.00	505.60	17.80	2.05
13	197.06	**3.55**	0.00	1,010.00	0.51	**25.87**	**2.71**
14	149.75	2.48	0.00	904.00	2.67	**27.60**	1.68
15	36.56	2.27	0.00	436.00	1.75	19.08	1.95
16	419.52	1.78	**0.05136**	827.00	**2,638.04**	12.21	1.49
17	**510.25**	2.63	**0.00463**	**1,336.00**	0.02	**21.32**	1.43
18	285.74	1.74	0.00	994.00	596.94	15.43	1.65
19	290.94	2.04	**0.05563**	945.00	**1,479.15**	15.46	1.59
20	211.59	**3.09**	0.00	**1,345.00**	0.23	**25.30**	2.42
21	**519.67**	2.30	**0.00135**	1,189.00	830.62	10.73	1.62

* En negritas para cada variable, se representan las subcuencas con los valores más altos y en color gris las subcuenca con los valores más bajos.

Vegetación

1.779 Al igual que la cuenca 1 la vegetación dominante es el chaparral, aunque se cuenta en menor proporción con bosque de encino, vegetación de galería, matorral rosetófilo costero y bosque de pino.

1.780 En la zona de cabecera de la cuenca es importante resaltar el papel de la vegetación de pino presente en la subcuenca 16, ya que los bosques de coníferas son comunidades de vegetación siempre verde que se distribuyen en las zonas de mayor humedad y frío, por lo tanto, al encontrarse en la zona de cabecera, ayudan a retener el agua y evitan su perdida por evaporación, debido a que la cubierta vegetal protege al suelo de la desecación, y por lo tanto contribuye a la formación de cuerpos de agua, hecho que fortalece el soporte que brinda la cuenca como zona de captación.

1.781 El 67% de la subcuenca 17, correspondiente a la zona de viñedos, cuenta con vegetación de tipo chaparral asociada a la zona funcional de cabecera y transporte de la subcuenca. En el área de emisión, la mayor parte del uso de suelo está destinado a la agricultura y asentamientos humanos. En este sentido, se ha mencionado ya la importancia del chaparral en la contribución de los SE de soporte y regulación para los cultivos, incluso como sostén y amortiguamiento ante fenómenos de cambio climático.

1.782 Finalmente, cabe resaltar que en la zona de emisión de la cuenca, el uso de suelo dominante es el agrícola (ver anexo). La agricultura se considera un SE de provisión, pero también es una actividad que genera las mayores fuentes de emisión de CO2 a la atmósfera. En este sentido, la evaluación de la fijación de carbono en plantas de sistemas agrícolas es una herramienta útil para estimar la capacidad de almacenaje de los cultivos, sobre todo aquellos de componente arbóreo y arbustivo.

1.783 En el caso de los cultivos de vid, se sabe que en promedio pueden almacenar alrededor de 10 tC-ha-1, lo que está por arriba de lo que algunas otras especies de cultivo como maíz o frijol pueden almacenar, pero por debajo de lo que una superficie arbórea como el bosque de pino almacena. No obstante, se puede decir que el cultivo de vid juega un papel importante por su productividad y puede ser considerado como potencial sumidero de C, ofreciendo así, un SE de regulación en los ecosistemas mediterráneos.

1.784 Otros SE que ofrecen los viñedos se vinculan con el mantenimiento de la biodiversidad, dada la interacción estrecha entre el manejo humano y el ambiente natural circundante; así como con la regulación de los flujos de agua y nutrientes (por su sistema de raíces, que mantienen el agua en superficie), y; la protección al suelo, al retener y cubrir a este bajo su cobertura, brindándole así protección contra la erosión y desecación.

1.785 El potencial que los cultivos de la vid presenten como agentes mitigadores del Cambio Climático dependerá de las prácticas agrícolas que se implementen en la gestión de residuos, aplicación de fertilizantes, riego, laboreo etc.

Manantiales y cuerpos de Agua

1.786 En algunos sitios y debido a la presencia de una capa rocosa impermeable localizada a poca profundidad, el agua llega a alcanzar la superficie formando manantiales.

1.787 La distribución de los manantiales en toda la cuenca (1 y 2) está delimitada por una roca intrusiva, granítica, granodioritica y doleritica de baja permeabilidad. El mayor número de ellos se localizan en las subcuencas 21, 9, 11, 5, 8 y 17. En el caso de la subcuenca 21 se presentan 9 manantiales.

1.788 La existencia de agua o humedad permanente en estas áreas brinda condiciones muy particulares para el establecimiento de vegetación y el desarrollo de la biodiversidad, que en las regiones circundantes no puede prosperar dadas las condiciones del clima.

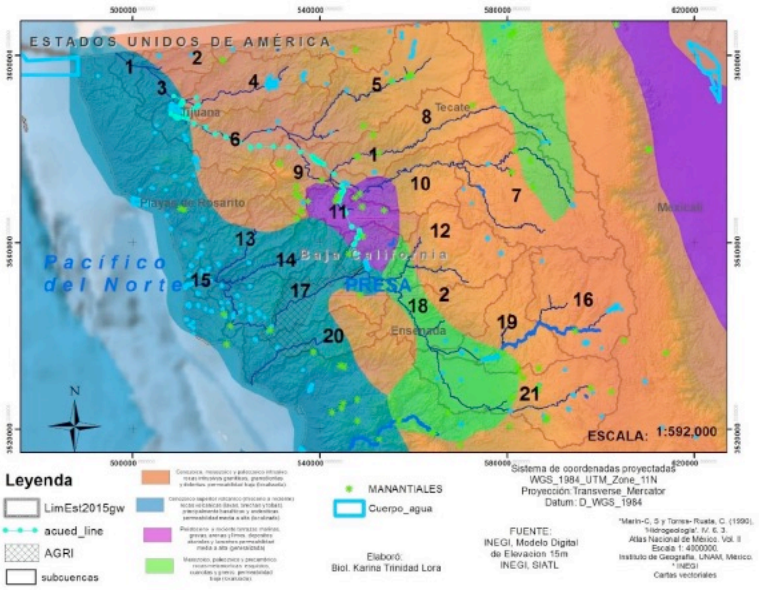
1.789 La posibilidad de tener agua fomenta también el desarrollo de actividades humanas como el turismo (SE culturales); además de proveer de agua para consumo a la población. No obstante, estas condiciones están limitadas al tamaño del manantial.

1.790 El acueducto Valle de Guadalupe no se intersecta directamente con ninguno de los manantiales, y por lo tanto no parece estar afectando el servicio. Sin embargo, se debe tener precaución con los manantiales presentes en la subcuenca 11, cuya proximidad al acueducto es de aproximadamente 1,000 m pendiente abajo.

1.791 Por otro lado, la mayoría de los cuerpos de agua presentes son de tipo intermitente. El más cercano al acueducto se encuentra en el área de emisión de la subcuenca 10, alrededor de 290 m. De los cuerpos perennes en la zona, solo se tiene la presa Abelardo L. Rodríguez mencionada con anterioridad y presente en la subcuenca número 6.

1.792 Sitios como estos presentan un SE de provisión de agua y son prioritarios para conservación, ya que como se ha mencionado antes, el abastecimiento de agua para consumo humano en zonas áridas es limitado.

Manantiales y cuerpos de agua presentes en el área de estudio.



Número de manantiales y cuerpos de agua presentes por microcuenca

Subcuenca	A_KM	Numero de manantiales	Numero de cuerpos de agua	Superficie de cuerpos de agua Km²
1	48.80	0	0	0.00
2	69.81	0	2	0.06
3	91.28	0	0	0.00
4	281.07	0	11	2.13
5	490.26	5	20	0.35
6	359.52	0	7	2.18
7	610.37	4	4	0.04
8	519.87	5	6	0.09
9	143.40	7	1	0.03
10	248.71	2	1	0.07
11	150.21	6	0	0.00
12	337.36	0	2	0.10
13	197.06	1	8	0.05
14	149.75	0	0	0.00
15	36.56	0	9	0.24
16	419.52	1	6	0.98
17	510.25	5	18	0.15
18	285.74	0	1	0.01
19	290.94	3	3	0.33
20	211.59	0	7	0.03
21	519.67	9	19	0.31

1.793 Es importante mencionar el cuidado que se debe presentar en los sitios de baja permeabilidad de la roca, ya que en estas áreas el manto freático es poco profundo, y por lo tanto el acuífero se puede contaminar fácilmente si no se regula la cantidad de residuos vertidos a él.

1.794 Finalmente, la importancia y función de los suelos tipo Cambisol y Vertisol, presenten en la zona de transporte y emisión de la cuenca, ha sido descrita en el apartado de Cambio Climático.

Posibles impactos ambientales

a) **Acueducto.** En la zona en que se construirá el acueducto la alteración del medio será temporal, dado que se estima que en un tiempo no mayor a dos años, una vez concluida dicha obra, el entorno absorberá la afectación ocasionada por las actividades de desmonte, ya que el acueducto se plantea como una obra subterránea y no será visible, salvo por la señalización que se instalará.

   Durante la etapa de operación del acueducto no se considera la generación de impactos, salvo en el caso de que no se implementen las medidas necesarias para prevenir alteraciones en el flujo de los escurrimientos, o que la aplicación de la capa orgánica no se realice adecuadamente; de otra forma, el medio recuperará la totalidad de las características previas a su construcción y la operación del mismo no presentará ningún impacto ambiental.

b) **Presa.** Actualmente la zona de la presa es una cañada profunda cubierta por un bosque de encinos y alisos bien desarrollados, habitada por una diversa población de vida animal atraída por la protección natural que la cañada ofrece; misma que se transformará en un lago rodeado por laderas cubiertas con matorral.

   El servicio de protección a la fauna que ofrece el bosque rivereño actual se perderá y se anticipa que el lago atraerá a una variedad de aves migratorias y de permanencia estable. Se prevé que con el tiempo algunas especies piscícolas se establezcan en el lago y en la ribera se desarrolle algún tipo de vegetación rivereña. En resumen, se prevé un impacto al escenario ambiental actual y los servicios ambientales desaparecerán o se verán modificados.

c) **Zona agrícola beneficiada.** Se estima que el abastecimiento de agua promoverá el crecimiento de la superficie aprovechada para cultivo, ocasionando la generación de uno de los mayores impactos.

   Por otro lado, el incremento en la superficie de cultivo también promoverá un incremento en el desarrollo de la región. Estas actividades son entre otras, el turismo de bajo impacto asociado a las actividades enológicas; desarrollo de zonas residenciales suburbanas de baja densidad, asociadas a la actividad vitivinícola; además de la probable fundación de nuevas casas vitivinícolas en la región.

   Con el desarrollo de las actividades referidas anteriormente se deriva la creación de empleos impulsando el desarrollo regional y servicios públicos adicionales.

   Considerando que uno de los problemas que enmarcan la situación actual en la zona es la sobreexplotación del acuífero y siendo este la única fuente de agua para todas las actividades que se desarrollan en el valle, se puede concluir que su pérdida implicará un alto costo para la región. Por lo tanto, los significativos e irreversibles impactos ambientales que ocasionará este proyecto son aceptables frente a los beneficios que representan la recuperación del acuífero y su aprovechamiento para el consumo humano.

   Es importante mencionar que, para asegurar la calidad ambiental de este Proyecto, conviene apegarse a la normatividad externa del Estado de California, Estados Unidos, específicamente el Título 22, ya que la normatividad mexicana no establece con precisión los niveles óptimos de calidad de agua que se requieren para el riego de áreas de producción vitivinícola.

   En síntesis, el Proyecto promete un significativo beneficio ambiental, social y económico. Los impactos negativos más importantes durante su construcción son la pérdida de organismos de la flora y la fauna, así como la pérdida del hábitat de la zona de la presa. De esta manera, considerando la completa implementación de las medidas de protección y compensación que se propongan para minimizar el daño al medio natural, se concluye que el balance del análisis de impactos favorece a la realización del Proyecto.

Con base en el presente análisis se presentan a continuación la descripción de impactos, de acuerdo con las actividades que se tienen consideradas se realizarán durante las diferentes etapas del Proyecto.

d) **Uso de maquinaria pesada para operaciones de construcción.** En las actividades de movimiento de materiales, excavaciones, levantamiento de equipo y tubería, desmonte, etc., será necesario el uso de maquinaria pesada, la cual independientemente al uso específico que se le dé, está asociado a una serie de impactos:

- *Producción de ruido.* En general, toda la maquinaria pesada genera ruido durante su operación; sin embargo, la maquinaria que no está sujeta a programas de mantenimiento adecuados puede generar volúmenes más intensos de emisión de ruido.
- *Contaminación atmosférica.* La maquinaria pesada opera mediante motores diesel, siendo que hasta años recientes deben contar con aditamentos específicos para reducir la emisión de contaminantes atmosféricos.
- *Contaminación del suelo por derrame de combustible.* La mayoría de las veces, las condiciones de trabajo en las obras implican que el mantenimiento de la maquinaria deba llevarse a cabo en sitios sobre el suelo natural. Esta situación ha dado lugar a graves problemas de contaminación de suelos.
- *Emisión de polvo a la atmósfera.* En las operaciones de movimiento de tierra con maquinaria pesada, y en la circulación de esta maquinaria sobre caminos de terracería, es común que se produzca emisión de polvo a la atmósfera.

e) **Contratación de personal.** El desarrollo de la obra requerirá la contratación de personal para el desarrollo de las diversas actividades. A su vez, el personal requerirá de servicios, que serán generadores de impactos ambientales, como son los que a continuación se enlistan.

- *Generación de residuos por las necesidades sanitarias del personal.* Normalmente el personal labora ocho horas al día en los frentes de obra, por lo que todas sus actividades y necesidades fisiológicas se llevan a cabo en el sitio. En este sentido, el efecto acumulativo de residuos orgánicos de las cuadrillas de trabajadores durante el periodo de la construcción se considera un factor de contaminación para el medio.
- *Generación de residuos por las actividades alimenticias del personal.* Cualquiera que sea la forma en que los trabajadores atienden sus necesidades de alimentación se genera una importante cantidad de residuos, muchos de ellos de difícil degradación, y por lo tanto un factor de riesgo para la fauna del lugar.
- *Riesgo a la fauna silvestre por maltrato de los trabajadores.* En muchas ocasiones la interacción entre los trabajadores y la fauna silvestre resulta en daños ocasionados por parte de los primeros, ya sea por desconocimiento o bien con plena intensión del acto (como la cacería furtiva con fines de beneficio económico o simplemente por diversión), si no se cuenta con las medidas de protección y control para la fauna.

f) **Desmonte de la zona afectada por el trazo del acueducto y de los caminos de acceso para la construcción.** Antes de iniciar las excavaciones para el tendido de la tubería será necesario eliminar la capa vegetal del suelo. Esta actividad se podrá realizar con maquinaria pesada o a mano. En función de la forma y el cuidado con el que esta actividad se realice, se tendrá por resultado una serie de impactos en el medio natural. A continuación, se presentan una relación de estos:

- *Remoción de la capa biológica del suelo.* Al realizar la actividad de desmonte para proceder con la excavación y tendido de la tubería, a menos que se tomen las medidas procedentes, se perderá la capa orgánica que se constituye en la superficie, por lo que al concluir el tendido y

nivelar nuevamente el terreno no se contará con la capa de suelo que pueda sustentar nuevamente el desarrollo de la flora, ocasionando además una fragmentación del hábitat.

- *Exposición del suelo a riesgos por erosión hidráulica y eólica*. Si en la zona afectada por las actividades para el tendido de la tubería no se restituye una capa orgánica estructurada, se tendrá el suelo expuesto a efectos de la erosión con todos los impactos que esto conlleva.
- *Perdida de organismos vegetales.* Si durante las actividades de desmonte no se realizan actividades orientadas a rescatar y proteger a la flora, se tendrá una pérdida significativa de organismos, cuyo hecho pondría en riesgo la integridad ambiental del medio natural.
- *Riesgo para la fauna y sus madrigueras.* Si durante las actividades de desmonte no se realizan acciones orientadas a rescatar y proteger a la fauna natural, se afectará un número importante de organismos, así como madrigueras y nidos, constituyendo esto una afectación significativa al medio natural.

g) **Realización de excavaciones, cortes y nivelaciones para la introducción del acueducto, así como el movimiento de materiales.** La construcción del acueducto y presa comprenderá la realización extensiva de excavaciones, cortes y nivelaciones. La realización de esta clase de acciones conlleva el riesgo de impactar las características y funciones del suelo y las formas del relieve. A continuación se describen estos impactos:

- *Explotación de bancos de material.* Refiriéndose de esta manera al conjunto de impactos ambientales que la explotación de un banco de material puede llegar a producir.
- *Aprovechamiento de zonas como sitios de tiro.* En un sitio de tiro se pueden presentar diversos impactos a la flora, fauna, al comportamiento hidrológico y en general a los servicios ambientales relacionados con mecanismos geológicos y edafológicos. En este sentido, resulta imperante realizar un análisis detallado de todos los posibles impactos relacionados con esta actividad para mitigarla en la medida de lo posible y hacer un buen uso del material.
- *Transporte de materiales entre bancos, construcción y zonas de tiro.* Un impacto significativo que normalmente producen las obras que implican el movimiento de grandes volúmenes de materiales terrígenos, es la emisión de polvo durante las actividades de transporte de materiales entre los bancos de materiales, las zonas de la construcción y los sitios de tiro.
- *Exposición del suelo a riesgos por erosión hídrica y eólica.* La realización de acciones extensivas de movimientos de tierra puede resultar en una condición temporal o permanente de riesgo en la estabilidad del suelo y la salud humana. Este factor se acrecienta si durante la realización de la construcción se presentan avenidas de agua significativas, o bien, si se concluye la construcción y no se implementan las medidas para evitar dejar el suelo expuesto
- *Alteración de las características naturales de la estratigrafía.* Durante las actividades de relleno de excavaciones será muy probable que la estratigrafía natural del terreno no sea reproducida. La estratigrafía desempeña servicios ambientales importantes al definir los patrones del comportamiento hídrico o simplemente la función del suelo como sistema de soporte y regulación. En estos casos, alterar las características de la estratigrafía natural del suelo resulta en su degradación.

h) **Actividades de la construcción en general.** En general, la realización de toda obra tiene los siguientes impactos:

Generación de residuos de la construcción. Durante cualquier obra, además de los residuos generados por la maquinaria, los servicios sanitarios y alimenticios de los trabajadores, se generan otros residuos derivados de las siguientes actividades: residuos derivados del uso de materiales de construcción (material de empaque o las mermas y residuos del mismo material), residuos generados del manteni-

miento de maquinaria y herramienta (material de empaque, partes reemplazadas, folletos y literatura asociada), residuos biológicos derivados de las actividades de desmonte y residuos de oficina.

i) **Cambio de uso de suelo.** El cambio del medio natural a uno con fines antrópicos, generalmente resulta en los siguientes impactos :

- *Pérdida de las características naturales del medio.* Pérdida de su capacidad como hábitat natural, alteración de las funciones del ciclo hidrológico, pérdida de la capacidad de amortiguamiento para enfrentar fenómenos físicos y/o externos. Estos eventos se traducen en ambientes más vulnerables para sufrir cualquier tipo de degradación, pérdida de las cualidades estéticas y culturales del paisaje y fragmentación del hábitat en la zona que limita la conectividad de las funciones ecosistémicas.
- *Pérdida del hábitat natural.* Cuando se alteran o pierden superficies de hábitat natural, las especies de organismos de fauna y flora que habitan el sitio pierden su espacio. En el caso de los animales, estos pueden o no encontrar un nuevo espacio para su desarrollo, pero en cualquier caso, se origina un impacto, ya que se activa un mecanismo de mayor competencia entre las especies por la lucha del espacio y esto inevitablemente implica pérdida de organismos y de su material genético.
- *Pérdida de organismos del medio natural.* La pérdida de la biodiversidad como servicio o como característica del medio se traduce en desequilibrio para la subsistencia de la vida, ya que los servicios que brinda un espacio dependen también de las funciones e interacciones entre especies que en conjunto habilitan un sistema. La pérdida de la biodiversidad equivale, en términos técnicos, a sistemas más vulnerables a sufrir degradación.
- *Pérdida de la función hidrológica.* Un predio puede realizar diferentes funciones hidrológicas, como captación, recarga, retención, transporte y acumulación de agua. Todas estas funciones no solo repercuten a nivel local, ya que al ser parte de un sistema, las afectaciones se dan a nivel regional.

Medidas de mitigación

1.795 Es importante que durante el desarrollo de las etapas del Proyecto se implementen las medidas de mitigación aplicables a cada una de las actividades en obra. Estas medidas deberán ser preferentemente de carácter preventivo, a fin de evitar en la medida de lo posible la generación de los impactos descritos anteriormente, o bien de algunos otros impactos adicionales a los considerados en el presente estudio.

Medidas de mitigación a implementarse por impacto ambiental identificado

Actividades que pueden generar impactos adversos	Medida de mitigación a implementar
Uso de maquinaria pesada para operaciones de construcción	
Producción de ruido	Toda la maquinaria deberá contar con un programa de mantenimiento preventivo a fin de prevenir una generación elevada de ruido derivado de la falta de mantenimiento. Aunado a lo anterior, los trabajos de construcción del Proyecto deberán llevarse a cabo en horario diurno, principalmente en las zonas cercanas a asentamientos humanos
	De igual manera, deberá prohibirse que la maquinaria empleada en el Proyecto transite por áreas externas a las autorizadas para el mismo, para evitar la movilidad de la fauna que reside en dichas zonas.
Contaminación atmosférica	Toda la maquinaria deberá contar con un programa de mantenimiento preventivo, así como los implementos necesarios (de acuerdo con el tipo de maquinaria) para reducir al máximo la emisión de contaminantes atmosféricos
Contaminación del suelo por derrame de combustible	Deberá quedar prohibido verter al suelo sustancias contaminantes como pueden ser los residuos generados por el mantenimiento de maquinaria que deba realizarse *in situ* en el área de obra. Para ello, se deberán tomar medidas preventivas como cubrir el suelo con una lona de material impermeable y con algún material absorbente encima como puede ser aserrín, a modo de que, en caso de existir algún derrame, este quede contenido en el material absorbente y pueda ser retirado fácilmente para disponerlo de acuerdo con lo que se estipula en la normatividad correspondiente.

Actividades que pueden generar impactos adversos	Medida de mitigación a implementar
Emisión de polvo a la atmósfera	Deberá realizarse riego diario en las zonas de acceso a las áreas de trabajo durante la construcción, con el objetivo de prevenir la generación de polvos con el paso de la maquinaria y vehículos
Contratación de personal	
Generación de residuos por las necesidades sanitarias del personal	Se deberá contratar servicio de sanitarios portátiles tipo Sanirent para uso de los trabajadores de la obra a modo de un sanitario por cada 20 trabajadores, o bien un sanitario por cada frente de trabajo, tomando en cuenta la distancia que exista entre cada frente.
Generación de residuos por las actividades alimenticias del personal	Todos los RSU que se generen durante la construcción de la obra deberán separarse de acuerdo con su tipo en orgánicos e inorgánicos, para posteriormente disponerse en el relleno sanitario autorizado más próximo, contando para ello con un permiso emitido por la empresa o el ayuntamiento a cargo de su manejo.
Riesgo de la fauna silvestre por maltrato de los trabajadores	Se deberán impartir pláticas de concientización y cuidado del medio ambiente a todo el personal que labore en la obra, haciendo énfasis en la importancia y protección a la fauna y flora presente en la región.
Desmonte de la zona afectada por el trazo del acueducto y de los caminos de acceso para la construcción	
Remoción de la capa biológica del suelo	La capa orgánica que sea retirada como producto de la construcción del Proyecto, se deberá disponer en un sitio carente de vegetación silvestre, delimitando y señalizando la zona debidamente. Este suelo posteriormente será empleado en las tareas de reforestación y/o revegetación que deberán llevarse a cabo como parte de la compensación al medio ambiente por el empleo de una zona con vegetación natural para la instalación del Proyecto.
Exposición del suelo despalmado a riesgo por erosión hidráulica y eólica	La zona afectada por las actividades del Proyecto, como es el tendido de la tubería de distribución del recurso hídrico, deberá restituirse con la colocación de una capa de suelo orgánico
Pérdida de organismos vegetales	Al iniciar la etapa de construcción, previo a las actividades de desmonte, deberá llevarse a cabo el rescate de flora presente en las áreas a afectar, con la finalidad de reubicar a los ejemplares en áreas con similares condiciones ambientales al área de donde están siendo retiradas.
	Para ello, deberá elaborarse e implementar un Programa de Protección de Flora, donde se refieran las especies que serán objetivo del rescate y reubicación, de acuerdo con el inventario de especies de flora incluido en la Manifestación de Impacto Ambiental del proyecto
Riesgo para la fauna y sus madrigueras	Al igual que lo especificado en el inciso anterior, al iniciar la etapa de construcción, previo a las actividades de desmonte deberá llevarse a cabo el rescate de fauna presente en las áreas a afectar, con la finalidad de reubicar a los ejemplares en áreas con similares condiciones ambiental al área de donde están siendo retiradas.
	Para ello, deberá elaborarse e implementar un Programa de Protección de Fauna, donde se refieran las especies que serán objetivo del rescate y reubicación, de acuerdo con el inventario de especies de fauna incluido en la Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto.
Realización de excavaciones, cortes y nivelaciones para la introducción del acueducto, así como el movimiento de materiales	
Explotación de bancos de material	Todos los bancos de material de donde provengan los insumos para el proyecto deberán contar con los permisos correspondientes de explotación otorgados por la autoridad correspondiente
Aprovechamiento de zonas como sitios de tiro	Al igual que con los bancos de material, todo terreno que se quiera emplear como sitio de tiro de materiales provenientes del Proyecto, deberá contar con los permisos correspondientes otorgado por la autoridad correspondiente, especificando el tipo de residuos que pueden disponerse en dicho predio y para el cual se adjudicó la autorización.
Transporte de materiales entre bancos, construcción y zonas de tiro	Durante el traslado de materiales hacia las zonas de la obra o bien de la obra hacia los bancos de tiro, los camiones que transportarán estos materiales deberán ir cubiertos con lonas a fin de evitar la dispersión de polvos, e incluso evitando la caída de material que pudiera generar un accidente automovilístico.
Exposición del suelo a riesgo por erosión hidráulica y eólica	Estará prohibido que el área de afectación del Proyecto se extienda más allá de la superficie necesaria para llevar a cabo los trabajos de construcción y operación del mismo.
Alteración de las características naturales de la estratigrafía	Durante los trabajos de construcción del Proyecto, no se deberá afectar una superficie mayor a la autorizada en el resolutivo de impacto ambiental.
Actividades de la construcción en general	

Actividades que pueden generar impactos adversos	Medida de mitigación a implementar
Generación de residuos de la construcción	Todos los residuos generados por la obra deberán disponerse correctamente de acuerdo con la clasificación general de RSU, residuos de manejo especial, residuos peligrosos y residuos sanitarios. El manejo y disposición de estos residuos dependerá del tipo de residuo de que se trate, debiéndose contar en los frentes de obra con los contenedores y/o almacenes temporales correspondientes para cada tipo de residuo.
Cambio de uso de suelo	
Pérdida de las características naturales del medio	Estará prohibido afectar una superficie mayor a la autorizada para el Proyecto, debiéndose restaurar lo más cercano posible a sus condiciones originales las áreas de afectación temporal, como será la franja donde se instalará la tubería de conducción. Esta restauración se realizará una vez concluidas las actividades de construcción de la obra. Para ello se deberá implementar un Programa de Restauración de la zona.
Pérdida del hábitat natural	
Pérdida de organismos del hábitat natural	
Pérdida de la función hidrológica	

Identificación preliminar de la problemática ambiental

1.796 La escasez de agua en Baja California se deriva de las siguientes causas:

- Es necesario fortalecer el monitoreo de las actividades de extracción de agua para verificar que se extraiga lo que esta concesionado.
- En el caso de los acuíferos sobreexplotados, no pueden otorgarse nuevas concesiones, lo que limita la expansión de las actividades económicas, incluso, el consumo de la población.
- Los agricultores son los principales usuarios del agua de los acuíferos.
- No en todos los casos se tratan las aguas residuales lo cual contamina las fuentes de abastecimiento.
- El agua residual tratada, que podría reutilizarse para complementar la demanda, se desperdicia o se descarga en el mar.

1.797 Por otro lado, la construcción del Proyecto plantea asegurar que el reaprovechamiento de hasta 1,200 lps de aguas tratadas (cuyo origen son las descargas urbanas de la zona oriente de la Ciudad de Tijuana) no ocasionará ninguna clase de deterioro ambiental en la zona del reaprovechamiento.

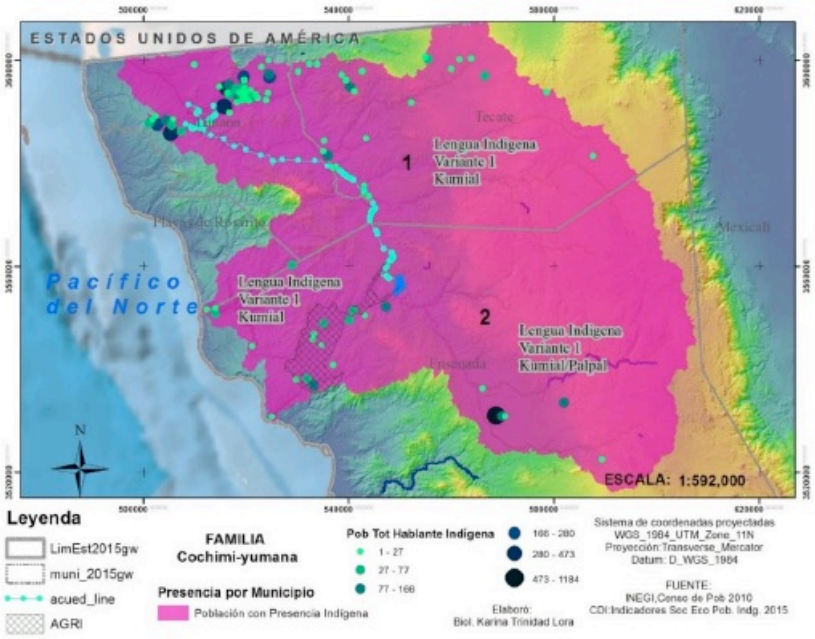
Población indígena

1.798 En la zona de estudio se tiene la presencia de la Familia Cochimi- Yumana. La cual se subdivide en dos subfamilias que representaron extremos del territorio que ocupan u ocuparon sus hablantes; la Cochimí en el extremo sur (Baja California, México) y la Yumana en el extremo norte (Arizona, Estados Unidos de América). Por lo anterior, la categoría que conforma la zona de estudio es de Tipo D.Hoy en día, se sabe que el Cochimí es un idioma extinto, pese a que en los censos han aparecido personas que se dicen hablantes de este idioma.

1.799 Por otro lado, la subfamilia Yumana recibe su nombre de uno de los idiomas que la integran, el Yuma. Algunos idiomas de esta subfamilia se hablan únicamente en el sur-occidente de los Estados Unidos de América, mientras que el Kumiai y el Cucapá se hablan tanto en este país como en México. El Kumiai, resultó ser la variante lingüística que domina la zona de estudio. Se tiene la presencia de un grupo amplio constituida en el sitio de extracción de agua del acueducto, (cuenca 1). También se observa presencia aunque con menor intensidad en el área de cultivos (cuenca 2).

1.800 Es así, que de llevarse a cabo el presente Proyecto, se deberá solicitar audiencia con los grupos interesados de estas comunidades a fin de contar con su participación y colaboración.

Distribución de la Población Indígena



Conclusiones

1.801 El Acueducto Valle de Guadalupe, no cuenta con ninguna restricción jurídica ambiental que limite su construcción y las afectaciones en materia de impacto ambiental solo se ven afectadas en su mayoría durante el periodo de construcción, por lo tanto no se prevén grandes daños si se realizan las recomendaciones para su mitigación.

1.802 Aun cuando el paso del acueducto no se ve afectado ni afectan sitios de interés ambiental, se vincula con iniciativas auspiciadas por instituciones, tanto gubernamentales como no gubernamentales, nacionales e internacionales en materia ambiental, así como sitios de relevancia en la provisión de SE a nivel regional. Si bien, estos decretos carecen de carácter constitucional, es un hecho que ameritan ser tomados en consideración, pues no solo resultan relevantes por ser sistemas naturales, ya que también representan áreas de oportunidad que favorecen al proyecto en cuanto a la mejora de la calidad y cantidad de producción de los cultivos y los cuerpos de agua, al mismo tiempo que minimizan los efectos del Cambio Climático.

1.803 Bajo el escenario de Cambio Climático planteado, se observa un incremento de la temperatura y en general un decremento en la precipitación, por lo que se sugiere implementar en las áreas recomendadas acciones de reforestación y restauración de suelo, con el fin de aumentar la captación de agua y evitar problemas de erosión que afecten al Proyecto.

1.804 Ante esta situación, se recomienda implementar un crecimiento futuro al Proyecto, considerando acciones de adaptación al Cambio Climático, si de inicio no se pueden establecer.

1.805 Así también, se recomienda controlar el contenido de sales en las aguas residuales, ya que por el tipo de suelo y con el aumento en la temperatura, el sitio cuenta con un alto potencial para presentar degradación por salinización.

1.806 El cultivo de vid ofrece grandes beneficios en cuanto a SE, se sabe que en promedio pueden almacenar alrededor de 10 tC-ha-1, motivo por el cual, juega un papel importante por su productividad y pueden ser considerado como potencial sumidero de C, ofreciendo así, un SE de regulación en los ecosistemas mediterráneos.

1.807 El cultivo de vid también es importante como fuente de gran biodiversidad dada la interacción estrecha entre el manejo humano y el ambiente natural circundante, regula y mantiene los flujos de agua y contro-la procesos erosivos del suelo. En este sentido, se le puede considerar como un agente mitigador del Cambio Climático.

1.808 El área de estudio se considera como un sitio con presencia indígena por lo cual se deberá solicitar audiencia con los grupos interesados de las comunidades expuestas.

1.809 El Proyecto no cuenta con ninguna restricción ambiental para poder llevarse a cabo, por el contrario, de implementar las acciones recomendadas, representa una fuente de oportunidad para el desarrollo regional.

ANEXO D: ESTUDIO AMBIENTAL DEL PROYECTO DE TAPANEO

VIABILIDAD AMBIENTAL

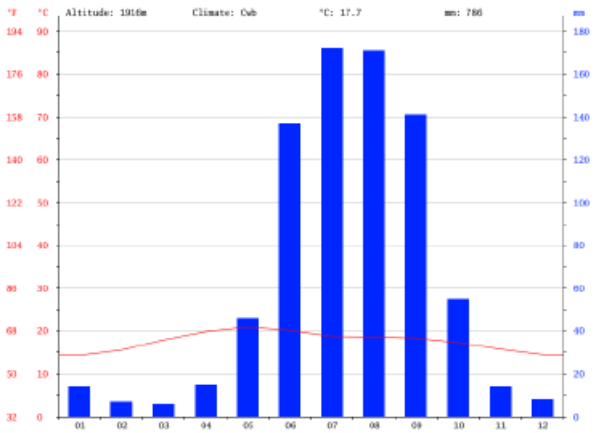
Caracterización ambiental del sitio

Clima

1.810 De acuerdo con los datos de las 26 estaciones climatológicas seleccionadas, con registros de 1940 a 2004, el clima predominante en el área del proyecto es templado subhúmedo. El promedio anual de temperatura es de 17.4° C, con una precipitación media anual de 797 mm y una evaporación potencial de 1,810 mm.

1.811 El régimen de lluvias se presenta de junio a septiembre, siendo la precipitación menos abundante la que se registra en la porción norte del acuífero y la más cuantiosa la presentada en la porción sureste.

Climograma de la Ciudad de Morelia, Mich



1.812 La zona de estudio incide dentro de zonas que reflejan ocho diferentes tipos de clima:

a) **C(w1):** es el clima de mayor predominancia en la zona del Proyecto, con una ocupación del 53% del área. Corresponde a un clima templado, subhúmedo, con una temperatura media anual entre 12°C y 18°C, la temperatura del mes más frío se encuentra entre -3°C y 18°C; mientras que la temperatura del mes más cálido es menor a 22°C. Por su parte, la precipitación en el mes más seco es menor a 40 mm; las lluvias de verano con índice P/T se observan entre 43.2 y 55 y el porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

b) **C(w2):** representa un 25% del área total de la zona. Presenta un ambiente templado, subhúmedo, con una temperatura media anual entre 12°C y 18°C, la temperatura del mes más frio se encuentra entre -3°C y 18°C, mientras que la temperatura del mes más cálido es menor a 22°C. La precipitación en el mes más seco es menor a 40 mm; las lluvias de verano con índice P/T mayor a 55 y porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

c) **C(wo):** se encuentra en el 18% del área total de la zona. Es característico de climas templados, subhúmedos, con una temperatura media anual entre 12°C y 18°C, la temperatura del mes más frio está en un rango de -3°C y 18°C y la temperatura del mes más cálido es menor a 22°C. La precipitación en el mes más seco es menor a 40 mm; las lluvias de verano con índice P/T menor a 43.2 y el porcentaje de precipitación invernal del 5% al 10.2% del total anual.

d) **(A)C(w2):** se encuentra ocupando solo el 3% del área total. Es característico de un clima semicálido subhúmedo del grupo C, con una temperatura media anual mayor a 18°C, la temperatura del mes más frío es menor a 18°C, mientras que la temperatura del mes más cálido es mayor a 22°C. La precipitación del mes más seco es menor a 40 mm; las lluvias de verano con índice P/T mayor de 55 y el porcentaje de lluvia invernal del 5% al 10.2% del total anual.

e) **Cb'(w2):** con el 1% de ocupación en la zona. Es un clima semifrío, subhúmedo con verano fresco largo, con una temperatura media anual entre 5°C y 12°C, la temperatura del mes más frio varía entre -3°C y 18°C, temperatura del mes más cálido es menor a 22°C. La precipitación en el mes más seco es menor a 40 mm; las lluvias de verano y el porcentaje de lluvia invernal es de 5% a 10.2% del total anual.

Área y porcentaje de ocupación de los distintos tipos de clima presentes en el área de estudio

Clima	Área Km2	% de área
C (w1)	770	53
C (w2)	362	25
C (w0)	266	18
(A) C (w2)	51	3
Cb' (w2)	9	1
(A) C (w1)	0	0

Hidrografía

1.813 El Municipio de Morelia se ubica dentro de la región hidrográfica número 12, conocida como Lerma-Santiago, particularmente en el Distrito de Riego Morelia-Querétaro; formando parte de la cuenca del Lago de Cuitzeo.

1.814 Sus principales ríos son el Grande y el Chiquito. Estos dos ríos llegaron a rodear la ciudad hasta mediados del siglo XX. El Río Grande fue canalizado a finales del Siglo XIX debido a los frecuentes desbordamientos. El Río Grande tiene su origen en el Municipio de Pátzcuaro y tiene un trayecto de 26 km por el Municipio de Morelia (atraviesa la cabecera municipal), y desemboca en el Lago de Cuitzeo (el segundo más grande del país). Los principales escurrimientos que alimentan a este río son el Arroyo de Lagunillas, los Arroyos de Tirio y la Barranca de San Pedro.

1.815 El Río Chiquito, con 25 km de longitud, es el principal afluente del Río Grande y se origina en los montes de la Lobera y la Lechuguilla y se une posteriormente con los arroyos la Cuadrilla, Agua Escondida, el Salitre, el Peral, Bello, y el Carindapaz. Hoy en día, el Río Chiquito ha dejado de tener aguas limpias, ya que está fuertemente contaminado por efluentes procedentes de la ciudad.

1.816 Con relación a los cuerpos de agua, en el municipio se tienen la presas de Umécuaro y de la Loma Caliente, así como la Presa de Cointzio, como las más importantes del municipio, con una capacidad de 79.2 millones de m^3.

1.817 Otro recurso importante de abastecimiento de agua en el Municipio de Morelia son los manantiales, destacando por su aprovechamiento el Manantial de la Mintzita, utilizado para el abastecimiento de agua potable para una parte importante de la población de la ciudad, así como para usos industriales.

1.818 También son importantes los manantiales de aguas termales que son aprovechados como balnearios, entre los que podemos mencionar: Cointzio, El Ejido, El Edén y Las Garzas.

1.819 El acuífero pertenece a la Región Hidrológica 12, Lerma-Chapala-Santiago. Constituye una región alta que se caracteriza por tener zonas planas y amplias, que basculan ligeramente hacia el noroeste. Estos valles se encuentran separados por elevaciones que corresponden a estructuras volcánicas, cuyas altitudes varían en un rango de 1,600 a 2,000 msnm.

1.820 Durante largos periodos de erosión las amplias depresiones han sido azolvadas, reflejándose principalmente en el Lago Cuitzeo. En la zona central de la porción de esta cuenca se localiza el Distrito de Riego Morelia-Queréndaro.

1.821 La corriente superficial más importante es el Río Grande de Morelia, el cual corre por un estrecho valle fluvial, situado en la porción occidental de la zona y desemboca en una extensa planicie ubicada en la porción central de la misma.

Geomorfología

1.822 Hay dos unidades morfológicas presentes en la zona: i) montañas y lomeríos y ii) valles. Las montañas y lomeríos están constituidos predominantemente por rocas ígneas extrusivas de edad Terciaria. En la porción sur de la zona, las montañas están conformadas por andesitas y basaltos del Paleógeno-Neógeno y alcanzan elevaciones superiores a 3,000 msnm. Presentan un relieve muy abrupto, con frentes escarpados y fuertes pendientes.

1.823 Los valles son de origen tectónico y fluvial, actualmente están ocupados, en su mayor parte, por tres unidades del Distrito de Riego 020. La planicie de Álvaro Obregón-Queréndaro, ubicada en la porción central de la zona, está formada por las llanuras de inundación de los ríos y arroyos que desembocan al Lago de Cuitzeo.

Geología

1.824 La región se encuentra afectada por sistemas de fallas con dirección este-oeste y noreste-suroeste que dieron origen al valle donde se aloja el sistema acuífero. Están presentes ignimbritas, brechas y tobas de composición riolítica que datan desde el Mioceno Inferior y depósitos lacustres y de aluvión del Cuaternario Reciente.

1.825 Según INEGI 2007, las rocas que afloran dentro de los límites del acuífero son de tipo ígneo extrusivo básica del periodo cuaternario.

1.826 El área de estudio corresponde a la Era Cenozoica. En general, cuenta con cinco diferentes tipos de roca, la más representativa, con una ocupación de 59%, corresponde a la roca ígnea extrusiva básica del Sistema Neógeno y Cuaternario, seguida de la roca ígnea extrusiva acida del Neógeno con una ocupación del 24% y Volcanoclástico del Neógeno con el 11% de ocupación.

1.827 En el área se encuentran cinco aparatos volcánicos inactivos y algunas fallas y fracturas de tipo Normal en dirección noreste-suroeste, con una longitud entre 23 km y 7 km las de mayor tamaño y menos de 2.5 km las más pequeñas.

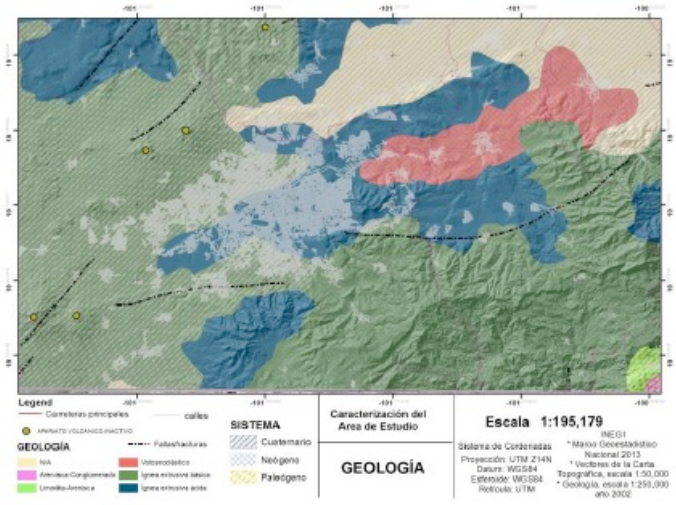
Área y porcentaje de ocupación de los distintos tipos de rocas presentes en el área de estudio

Tipo	Área *Km*	Ocupación *%*
Ígnea extrusiva básica	853.35	59
Ígnea extrusiva ácida	347.27	24
N/A	165.81	11
Volcanoclástico	82.25	6
Limolita-Arenisca	7.22	1
Arenisca-Conglomerado	1.65	0

Longitud y dirección de fallas y fracturas presentes en el área de estudio

Entidad	Dirección	Longitud *Km*
Falla	Noreste - Suroeste	23.1973
Falla	Noreste - Suroeste	12.7094
Fractura	Noreste - Suroeste	8.70722
Falla	Noreste - Suroeste	8.00268
Falla	Noreste - Suroeste	7.09987
Falla	Noreste - Suroeste	2.15525
Fractura	Noreste - Suroeste	1.98618
Falla	Noreste - Suroeste	1.88386
Falla	Noreste - Suroeste	1.59291
Falla	Noreste - Suroeste	1.08639
Fractura	Noreste - Suroeste	0.39228

Geología en el área del proyecto



Fuente. INEGI

Estratigrafía

1.828 Las unidades que afloran en la zona son:

a) **Rocas ígneas:** están constituidas por tobas, brechas y lavas ignimbríticas, de composición riolítica (Mioceno Inferior). En la sierra de Mil Cumbres, suprayace a derrames andesíticos de edad Oligoceno. En la sierra de Mil Cumbres y en el camino a Tzitzio, su espesor va de 300 a 350 m, al este de

Copándaro es del orden de 120 m. Está ampliamente distribuida en la porción sureste del área y en la ribera sur del Lago de Cuitzeo.

b) **Derrames andesíticos:** derrames de lavas, aglomerados y brechas de composición andesítica (Mioceno Medio). Las lavas se presentan al nornoreste del poblado de Tarímbaro, en ocasiones hasta con pseudoplegamientos, como en la cantera cercana al poblado de Álvaro Obregón. Su espesor es cercano a los 400 m, aflora en los macizos montañosos, en el frente de la falla que limita con el valle de Morelia-Álvaro Obregón por el sureste, constituyendo la elevación en donde se asienta este último poblado y en el extremo norcentral del área, en el fondo de las barrancas, alrededor del poblado Cañada del Herrero y en el frente del alto de la falla normal que limita a la planicie del Lago de Cuitzeo, por el sur.

c) **Lavas, brechas y conglomerados:** predominantemente derrames de lavas, brechas y conglomerados basales (Mioceno-Plioceno) los que en la porción norte tienen un espesor del orden de 260 m y en la barranca del Arroyo Uval, de 120 m.

d) **Ignimbritas y tobas riolíticas:** ignimbritas o tobas soldadas, vidrios, derrames y tobas vítreas, cristalinas, arenosas y arcillosas, pumicíticas y de composición dacítica y riolítica (Plioceno Inferior-Medio). Se han reportado espesores de cerca de 350 m. En el área del poblado de Morelos, afloran más de 150 m de tobas soldadas, con un espesor máximo de 140 m. Sin embargo, en los alrededores de la Ciudad de Morelia, el espesor de las tobas arenosas y de las ignimbritas aumentan desde el oriente de dicha ciudad hacia el poniente de la misma.

e) **Depósitos lacustres y gravas, arenas y tobas:** constituidas por sedimentos o depósitos en ambientes lacustres, de constitución arcillo-arenoso, que se gradúan vertical y horizontalmente a gravas, arenas y tobas (con edad del Plioceno Superior). Sus espesores pueden ser de hasta 80 m y llegar a ser mayores al oriente del área. Su afloramiento se restringe hacia las porciones central y centro oriental del área y en las inmediaciones del noreste de la Ciudad de Morelia, al igual que al norte de ésta, a 2 km antes de la bifurcación hacia Álvaro Obregón y Cuitzeo.

f) **Derrames basálticos y andesíticos:** son derrames de lavas, brechas y tobas de composición basáltica, basalto-andesítica, andesita-basáltica y andesítica (con edad del Plioceno Superior). En la porción oriental, sus espesores son de un máximo de 25 m y en la occidental, pueden alcanzar hasta 400 m. Los afloramientos más amplios, conforman los aparatos volcánicos de La Trampa, El Irauco y El Picacho, así como pequeñas mesetas que coronan a los depósitos de ignimbritas y tobas riolíticas, al norte del poblado Santa Ana del Arco o a los lacustres, como al noreste del poblado Francisco I. Madero.

g) **Lavas, brechas y tobas basálticas:** lavas, brechas y tobas de composición basáltica, basalto andesítico y andesíticas (Plioceno Tardío-Cuaternario Temprano). Sus espesores son variables, al poniente de la Ciudad de Morelia son de 60 m, los que aumentan hacia Quinceo hasta 600 m.

h) **Lavas, escorias, brechas, piroclastos y tobas:** derrames de lavas, escorias, brechas, aglomerados, piroclastos y lapilli (de edad Cuaternaria Media). Debido a los grandes volúmenes de rocas volcánicas de esta unidad, se estima que los espesores son mayores a 100 m, si se considera que algunos de los valles u hondonadas, donde afloran rocas de esta unidad, tienen un desnivel de más de 400 m con respecto a los afloramientos contiguos, también de rocas de esta unidad. Sus afloramientos se circunscriben a la porción poniente del área y continúan hacia el poniente y sur poniente, ya que estos se consideran como pertenecientes al extremo noreste de la meseta Tarasca.

i) **Gravas, arenas, limos y arcillas:** esta unidad está constituida por limos y arcillas, depositados en ambiente lacustre; gravas, arenas y arcillas de origen residual y aluviones compuestos por conglomerados; gravas, arenas, limos y arcillas. Se les asigna una edad del Reciente, aunque los lacustres a profundidad, en la porción oriente del valle de Morelia-Álvaro Obregón, pueden rebasar esta edad, lo mismo que en el de Lagunillas y Tiripetío. Los espesores de los residuales deben ser mayores a 3

m. Por su parte, los aluviones pueden llegar a 10 m en la periferia del valle Morelia-Álvaro Obregón. Finalmente, es posible, que los lacustres tengan sean mayores a 10 m en el centro del valle y en el de Tiripetío y Lagunillas. Están distribuidos ampliamente en el área, aunque en general sus afloramientos, son de reducidas dimensiones. Los aluviones se encuentran en las hondonadas, en el fondo del Lago de Cuitzeo, en el valle Morelia-Álvaro Obregón y en los lacustres, en la porción oriental del anterior valle y en el subsuelo de los otros dos.

Geología estructural

1.829 En lo concerniente a los alineamientos estructurales, es posible dividir a la provincia en los sectores poniente, oriente y central, basándose en la concentración de ellas y los sentidos preferenciales que muestran. El sector poniente es afectado por sistemas de alineamientos de dirección sureste – noroeste; en el sector oriental los alineamientos observan una dirección suroeste – noreste, sur-norte y nornoroeste - sursureste; siendo afectada la porción central que es donde se ubica la zona, predominantemente por el sistema suroeste - noreste, observándose también alineamientos de sentido este – oeste y nornoroeste – sursureste.

1.830 Se observa la existencia de fosas tectónicas orientadas al este – oeste, como las que corresponden con los Lagos de Chapala y Cuitzeo, así como, la zona del Bajío Guanajuatense a sur - norte, como las de los valles de México y Toluca.

1.831 Por otro lado, se observan alineamientos estructurales de direcciones coincidentes con los del sector central, esto es, suroeste - noreste, este – oeste y sursureste – nornoroeste, en donde la mayoría de ellos corresponden a trazas de fallas normales, con sus bloques bajos hacia el norte. Los sistemas sensiblemente este – oeste y suroeste – noreste, con escalonamientos hacia el norte y noroeste propiciaron los valles de Morelia-Álvaro Obregón, el de Atapaneo-Charo y la depresión existente al sureste de Morelia, entre los poblados de Buenavista-Zurumbeneo; debiéndose al sistema suroeste – noreste la depresión en donde se asienta la Ciudad de Morelia, que corresponde a un gran alineamiento sensiblemente suroeste - noreste.

1.832 El graben es evidenciado por la abrupta terminación de los afloramientos de las unidades miocénicas ubicadas al oriente, sur y suroriente de la Ciudad de Morelia. El pilar tectónico occidental se manifiesta al noroeste de Tarímbaro, sitio en donde afloran las rocas miocénicas y es cubierto hacia el sur por los derrames basálticos y andesíticos de edad Plio-Cuaternaria. La fosa tectónica o el graben, quedó enmascarado por el depósito de ignimbritas o tobas soldadas y en él se definen, además del valle de Morelia, el de Tiripetío y la depresión en donde se ubica el vaso de la Presa Cointzio.

1.833 El sistema más antiguo identificable es el suroeste – noreste, el cual afectó a las rocas de edad Mio-Pliocénicas y anteriores. Después de él, irrumpieron las ignimbritas o tobas soldadas y se sucedieron los restantes sistemas como el este – oeste y sursureste – nornoroeste, que afectan a las ignimbritas.

1.834 Las fallas de transcurrencia, desplazamiento lateral derecho, son de los últimos sistemas en aparecer, aunque son anteriores al sistema de sentido este – oeste, pues aparentemente son cortadas por éste.

Geología del subsuelo

1.835 La geometría del acuífero está definida por la depresión tectónica originada por el sistema de fallas suroeste – noreste, en rocas de composición basáltica y conglomerados Mio-Pliocénicos, que afloran en la barranca del Arroyo Uval.

1.836 El conglomerado se considera como el basamento del sistema acuífero. Sus fronteras laterales están constituidas, al oriente por el pilar tectónico que limita a la fosa; hacia el sur-oriente de la ciudad de Morelia se está también dentro del pilar tectónico, pero el cruce de fallas del sistema este - oeste determinó

que las rocas ignimbritas, basálticas y posiblemente el conglomerado mismo, adquirieran alta permeabilidad; la frontera lateral poniente no está bien definida. Los espesores de este acuífero son del orden de 300 m en el centro del acuífero, al centro-sur de 400 m.

1.837 En la planicie Álvaro Obregón-Queréndaro, las rocas que alojan al acuífero son variables, pero por lo general en su porción superior son clásticas, del tamaño de gravas y arenas, alojándose también en basaltos y tobas pumíticas, hacia las laderas de las porciones centro-norte y norcentral; hacia las laderas de la porción sur, los clásticos y lacustres suprayacen a las andesitas basálticas Miocénicas.

Edafología

1.838 La zona de estudio presenta nueve diferentes tipos de suelo: Vertisol, Luvisol, Pheozem, Andosol, Umbrisol, Regosol, Fluvisol y Planosol.

1.839 El suelo más representativo es el Vertisol, ocupando un 28% del área total. Este suelo se encuentra distribuido en su mayoría en las zonas de menor altitud, se caracterizan por su alto contenido de arcillas que se expanden con la humedad y se contraen con la sequía, lo que puede ocasionar grietas en esta última temporada.

1.840 El Luvisol, con 23% de ocupación en el área, se caracteriza por desarrollar una capa superficial poco porosa y una capa en el subsuelo con mayor aporte de arcillas. Son suelos que se encuentran sobre una gran variedad de materiales no consolidados.

1.841 El Pheozem, con 22% de ocupación, se forma sobre material no consolidado, se encuentra en climas templados y húmedos con vegetación natural de pastos altos o bosques. Son suelos oscuros y ricos en materia orgánica, por lo que son muy utilizados en agricultura de temporal.

1.842 Andosol son suelos de origen volcánico, se forman sobre cenizas y vidrios volcánicos, así como a partir de otros materiales piroclásticos, representan el 8% de ocupación en el área.

1.843 Los Umbrisoles son suelos minerales cuya formación es condicionada por el clima (regiones templadas y sub-húmedas). Son suelos con saturación de bases y ricos en materia orgánica, en el área de estudio ocupan un 5% del área total.

1.844 Finalmente, con un 5% y 3% de ocupación en el área de estudio, se tiene al Regosol y Fluvisol, respectivamente. El primero, se refiere a suelos que no pueden ser clasificados dentro de los grupos reconocidos por el Sistema Internacional Base Referencial Mundial del Recurso Suelo. En general, son suelos muy jóvenes que se desarrollan sobre material no consolidado, de colores claros y pobres en materia orgánica. El segundo tipo de suelo se refiere a suelos que están desarrollados sobre depósitos aluviales.

Área expresada y porcentaje de ocupación del componente edáfico en el área de estudio

Tipo	Área *Km*	Ocupación del área *%*
Vertisol	382.91	28
Lluvisol	313.14	23
Phaeozem	302.21	22
Leptosol	157.05	11
Andosol	113.89	8
Umbrisol	69.25	5
Regosol	42.24	3
Fluvisol	7.17	1
Planosol	1.76	0

1.845 El deterioro ambiental de los ecosistemas y la pérdida de especies exponen la necesidad de formular e implementar estrategias y acciones de conservación y restauración ecológica. En México, más de la mitad de la vegetación natural se ha perdido o transformado en campos agrícolas, pastizales cultivados, asentamientos humanos, entre otros usos del suelo y más de la mitad de los suelos muestran evidencias de algún tipo de degradación. Considerando que muchas áreas prioritarias para la conservación de la biodiversidad están afectadas por las actividades humanas, resulta clave contar con una guía espacial explícita para enfocar sitios, que por sus características, resulten importantes desde el punto de vista funcional y ecosistémico.

1.846 Como parte de una estrategia de planeación territorial en el país, resultado de diversas iniciativas auspiciadas por instituciones tanto gubernamentales como no gubernamentales, nacionales e internacionales, se han identificado en el país 152 RTP's que cubren 515,558 km^2 y 176 ANP que representan más de 25,394,779 has.

1.847 A continuación, se describen aquellos sitios que, por sus características, ofrecen una gama de SE que deben ser considerados ante cualquier desarrollo que implique modificaciones en el habitad natural.

Áreas Naturales Protegidas

1.848 Las ANP son las zonas del territorio nacional y aquellas sobre las que la nación ejerce su soberanía y jurisdicción en donde los ambientes originales no han sido significativamente alterados por la actividad del ser humano o que requieren ser preservadas y restauradas.

1.849 Se crean mediante un decreto presidencial y las actividades que pueden llevarse a cabo en ellas se establecen de acuerdo con la Ley General del Equilibrio Ecológico y Protección al Ambiente, su Reglamento, el programa de manejo y los programas de ordenamiento ecológico. Están sujetas a regímenes especiales de protección, conservación, restauración y desarrollo, según categorías establecidas en la Ley. En el área de estudio se reportan las siguientes:

Parque Nacional Cerro de Garnica

1.850 05-09-1936 Decreto que Declara Parque Nacional el "Cerro de Garnica," del Municipio de Queréndaro, Mich., destinado a la conservación perpetua de la flora y fauna. Se localiza aproximadamente a 16 km cuenca arriba sin costo de la zona de estudio.

1.851 Es una elevada cumbre cuyas laderas se encuentran cubiertas de bosque de pino y oyamel, en algunas laderas se encuentra presente el bosque mesófilo de montaña haciendo que la zona sea de admirable belleza.

1.852 Entre las especies más comunes del estrato arbóreo se presentan Pinus, pseudostrobus, , Pinus montezumae (formando bosques puros en las partes más altas), Abies religiosa, Quercus rugosa, g. laurina.

1.853 La presencia de este parque favorece el área de captación de la subcuenca 17, por lo tanto favorece la disponibilidad de agua hacia la zona de cultivos del Distrito de Riego 20

Parque Nacional "Insurgente José María Morelos", la Región del Temascal, en Morelia, Mich.

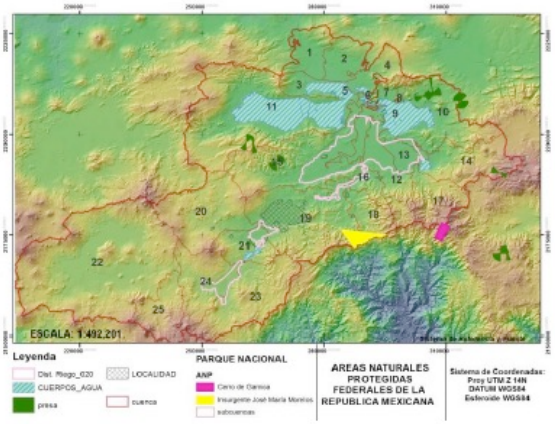
1.854 22-02-1939 Decreto que declara Parque Nacional "Insurgente José María Morelos", considerando que una parte de los bosques pertenecientes a la comunidad del Pueblo de Charo, del Municipio de Morelia, Estado de Michoacán, se encuentran sobre terreno sumamente accidentado, que en parte es atravesado

por la carretera México-Guadalajara, y que de llevarse a cabo explotaciones de árboles más o menos intensas, ocasionarían un grave perjuicio a la carretera con derrumbes constantes que demandarían un costo muy elevado para mantenerlas siempre en buenas condiciones. Considerando, por otra parte, que los bosques antes expresados constituyen panoramas escénicos muy bellos y que nacen manantiales de carácter permanente como los de La Laja y el Ojo de Agua de los Tepetates cuyas aguas forman parte del Río del Salto que es tributario del Río de las Balsas.

1.855 El parque se localiza aproximadamente a 7 km sin costo cuenca arriba de la zona de estudio constituyendo la cabecera de cuenca de las subcuencas 17 y 18, por lo que se favorece la zona de captación de agua vinculada con la zona del Distrito de Riego 20.

1.856 En general, se puede decir que la presencia de los parques constituye un área de oportunidad de provisión y regulación de agua hacia las áreas de cultivo, ya que al estar protegidas y ser parte de la zona de cabecera en vinculación directa con el Distrito de Riego 20 se asegura la recarga, captación y filtración de agua hacia la zona de cultivo.

Áreas Naturales Protegidas, Federales



Fuente. INEGI

Parque Urbano Ecológico Estatal "Parque Francisco Zarco"

1.857 El ANP Francisco Zarco se encuentra dentro del Municipio de Morelia Michoacán, ubicado aproximadamente entre los paralelos 19° 27´06" y 19° 50´12" de latitud norte, y los de meridianos 101° 01´43" de longitud. El parque se localiza en terrenos expropiados al ejido "El Rincón" en la parte suroeste de la ciudad de Morelia y al este de la loma de Santa María, la cual forma parte del escurrimiento que drena hacia la cuenca endorreica de Cuitzeo a través del Río Chiquito.

1.858 Presenta una distancia al cauce del Río Grande de 5 km sin costo de longitud.

Zona Sujeta a Preservación Ecológica, Estatal "Ex-Escuela Central Agrícola de La Huerta"

1.859 Presenta características ambientales importantes. Cuenta con bosque de pino (Pinus sp.) y encino (Quercus sp.), los cuales son los géneros más representativos, entre los árboles de clima templado. Asimismo, en los estratos herbáceo y arbustivo, suele ser muy alta, lo que hace de estos tipos de ecosistemas, zonas de alta diversidad.

1.860 Por los procesos ecológicos del ciclo hidrológico y sus características, este sitio es prioritario para la conservación y mantenimiento de las condiciones óptimas de la vegetación, para atenuar el proceso de deterioro ecológico y para fomentar la recarga de los acuíferos en el Municipio de Morelia.

1.861 La zona denominada "Ex escuela Agrícola la Huerta" se ha visto afectada por el proceso de erosión y pérdida del suelo, por lo que de continuar el proceso de degradación de los recursos naturales del sitio y su zona de influencia, se corre el riesgo de modificar su dinámica natural y la pérdida de los recursos que en ella se encuentran, proceso que tendría efectos a diferentes escalas espaciales y temporales. El área se localiza entre 2 y 3 km sin costo de la Presa Cointzio y del Río Grande.

Parque Estatal "Cerro Punhuato"

1.862 El ANP se localiza a 3 km en dirección sur-este del Río Grande, dentro del Municipio de Morelia. Este sitio es prioritario para la conservación y mantenimiento de las condiciones óptimas de la vegetación para atenuar el proceso de deterioro ecológico y para fomentar la recarga de los acuíferos.

1.863 El área ha sido afectada por erosión y pérdida del suelo, debido a la acelerada perturbación que se ha realizado sobre la cubierta vegetal, presión que ejercen las actividades que se realizan, entre las que destacan la agricultura y la ganadería extensiva, así como la amenaza de constantes invasiones de asentamientos humanos para establecerse en dicha área.

1.864 De continuar el proceso de degradación de los recursos naturales del sitio y su zona de influencia, se corre el riesgo de modificar la dinámica natural y la pérdida de los recursos que en él se encuentran, proceso que tendría efectos a diferentes escalas espaciales y temporales.

Zona Sujeta a Preservación Ecológica, Estatal "Manantial La Mintzita"

1.865 Se considera zona de amortiguamiento del Municipio de Morelia, Michoacán de Ocampo. Es una zona que sirve de refugio y nidación de su fauna silvestre, por lo que es necesario protegerlo y establecer las medidas necesarias para asegurar los procesos evolutivos de los seres vivos presentes en el ecosistema. Se recomienda evitar el cambio de uso del suelo y la introducción de especies ajenas al ecosistema, que puedan provocar el fenómeno de competencia ecológica, con el consecuente desplazamiento de las especies nativas, modificando las relaciones tróficas de las comunidades presentes.

1.866 Se localiza a 1 km sin costo de longitud de la Presa Cointzio y se limita en 2 km sin costo con dirección este por el Río Grande.

Zona de Restauración y Protección Ambiental, Estatal "Loma de Santa María y depresiones aledañas"

1.867 Ubicado en el Municipio de Morelia, localizado en un área estratégica desde el punto de vista geohidrólogico, debido a que está enclavado en la cuenca del Río Chiquito, un área de vital importancia para la provisión de bienes y servicios ambientales a la Ciudad de Morelia.

1.868 Las acciones de restauración previstas a realizar en el área del Estado de Michoacán, generarán importantes beneficios que se sumarán a los derivados de la cuenca hidrológica del Río Chiquito y sus componentes, tales como regulación climática, conservación de los ciclos hidrológicos, control de la erosión, recarga de acuíferos, mantenimiento de escurrimientos en calidad y cantidad, captura de carbono, purificación de cuerpos de agua, así como conservación y protección de la biodiversidad.

1.869 La restauración de la zona propuesta es indispensable para garantizar el desarrollo sustentable de la región al permitir la recarga de los mantos freáticos y restauración del equilibrio ecológico, para garantizar el suministro de agua para la ciudadanía, entre otros beneficios.

1.870 El ANP se localiza a 3 km sin costo del Río Grande.

Parque Urbano, Municipal "Parque Urbano del Instituto Tecnológico Agropecuario No. 7"

1.871 Este parque está ubicado en el Municipio de Tarímbaro, Michoacán. Uno de los objetivos es el establecimiento de un jardín botánico para la divulgación de la flora del Estado, del país y de otros países del mundo.

1.872 Se pretende establecer una granja autosuficiente en apoyo al proceso enseñanza-aprendizaje, tanto de estudiantes como de productores visitantes.

1.873 El ANP municipal se localiza a 2.31 km sin consto del Río grande, en dirección noroeste.

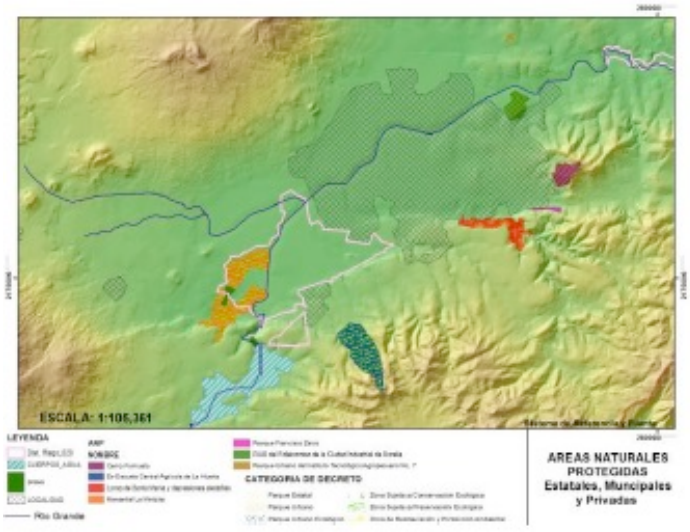
Parque Urbano, Municipal "Parque Urbano Ecológico del Fideicomiso de la Ciudad Industrial de Morelia"

1.874 Este parque está Ubicadoo en el predio de la ciudad industrial de Morelia, constituye un área que cobra especial importancia por su función como sitio de amortiguamiento de la zona noreste de la Ciudad de Morelia ante la contaminación generada por el corredor industrial.

1.875 La vegetación a pesar de ser inducida y por su cercanía con las áreas agrícolas, representa una importante fuente de alimentación refugio y acecho de fauna.

1.876 El ANP se vincula a 0.20 km en dirección sur del Río Grande, pasando el área urbana Morelia y muy cercano a la plata de tratamiento.

ANP, Estatales, Municipales y Privadas



Fuente. INEGI

Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves

1.877 Esta regionalización fue convocada por asociaciones científicas de ornitólogos, el Cipamex y BirdLife International, los cuales, por medio del Programa Áreas de Importancia para la Conservación de las Aves establecido en 1996, han promovido la formación en todo el mundo de una red de sitios importantes para el mantenimiento a largo plazo de poblaciones de aves.

Cuitzeo

1.878 Área de humedales con vegetación halófita y abundantes tulares. Es uno de los cuerpos de agua dulce más importantes del centro de México. Cuenta con vegetación acuática y subacuática.

1.879 La vegetación subacuática es una de las más restringidas en las tierras altas del centro de México. La destrucción de humedales para agricultura y la salinización de los suelos por las fluctuaciones drásticas en los niveles de agua pone en fuerte límite a la conservación de los tulares.

1.880 El Distrito de Riego 20, se vincula con 139.74 km^2, dentro del Área de Importancia para la Conservación de Aves (AICA) Cuitzeo. El listado de aves presentes en este sitio se puede consultar en: http://conabioweb.conabio.gob.mx/aicas_progs/buscar.pl?aica=2

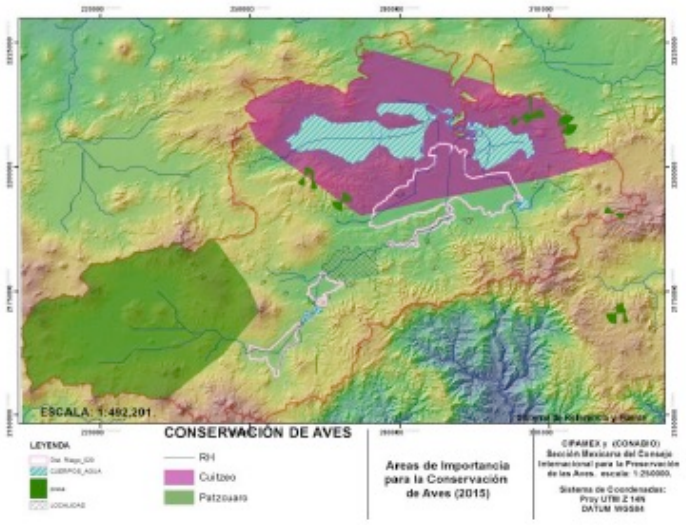
Pátzcuaro

1.881 Cuerpo de agua del sistema volcánico transversal con vegetación subacuática y bosques de pino-encino, oyamel y matorral subtropical en los alrededores. Es una cuenca endorréica que antiguamente estaba unida a la Laguna de Cuitzeo y el Lago de Zirahuén.

1.882 La desecación de algunas partes del lago, el incremento en la erosión y azolve, además de las descargas de agroquímicos y aguas negras, ponen en peligro la existencia de la vegetación subacuática y la fauna en general (en especial el pescado blanco Chirostoma estor y algunas especies de Godeidos endémicos como Ambystoma dumelleri). Desde la década de los treintas fue decretada como una zona de protección forestal.

1.883 Es una región importante dentro del área de estudio, ya que conforma uno de los sitios de mayor influencia en el transporte y captación de agua para toda la cuenca.

AICAS



Fuente. INEGI

Áreas elegibles para la conservación en México

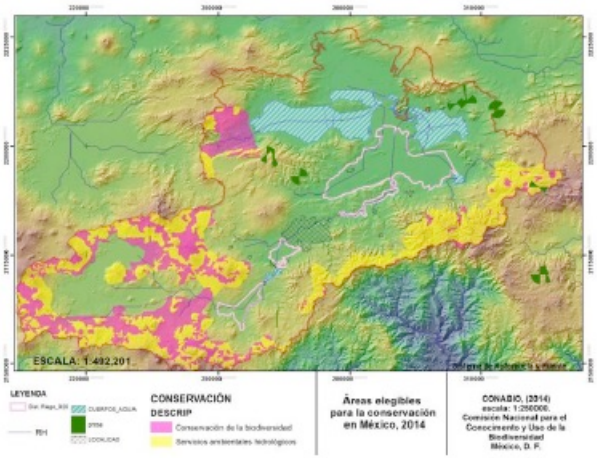
1.884 Las zonas elegibles son producto de la integración de diversas fuentes, que representa la traducción de políticas públicas relacionadas a servicios ambientales. Tienen como objetivo aumentar la eficiencia en el uso de los recursos presupuestales disponibles, de manera que se logren mejores resultados en la asignación para proteger áreas que brindan mayores beneficios ambientales y sociales.

1.885 Se determinan así, áreas enfocadas a servicios ambientales hidrológicos y áreas enfocadas para la conservación de la biodiversidad. Tienen como propósito otorgar apoyos a dueños de terrenos forestales que de manera voluntaria deciden participar en el programa de pago por servicios ambientales, con el objeto de incorporar prácticas de buen manejo para promover la conservación y manejo sustentable de los ecosistemas y fomentar la provisión en el largo plazo de los servicios ambientales, tales como la captación de agua, el mantenimiento de la biodiversidad y la captura y conservación del carbono, los cuales benefician a centros de población o el desarrollo de actividades productivas.

1.886 En el área de estudio se identifican áreas elegibles para la conservación de la biodiversidad y áreas elegibles por su importancia como proveedoras de servicios hidrológicos.

1.887 Estas áreas se localizan en sitios estratégicos dentro de la cuenca, y de llevarse a cabo las actividades planteadas, generan un campo de oportunidad para abastecer de agua a la presa y las áreas de cultivo, ya que estas conforman partes de la cabecera y zona de transporte de agua de la cuenca. En otras palabras, su conservación, ayuda al proyecto a garantizar el abasto de agua.

Áreas elegibles para la conservación en México



Fuente. CONABIO

Categoría de prioridad para la conservación del Bosque Mesófilo de Montaña en México

1.888 El Bosque Mesófilo de Montaña (BMM) es reconocido como un sistema prioritario para la conservación y restauración, debido al papel vital que desempeñan en el mantenimiento de la biodiversidad y de los ciclos hidrológicos y de nutrientes.

1.889 Dentro del marco de la "Evaluación de los Recursos Forestales Mundiales" el bosque de niebla o BMM ha sido reconocido a nivel mundial como un ecosistema que requiere de atención especial debido a su relevancia hidrológica.

1.890 Dado su importante papel en los ciclos hidrológicos, la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) en el esquema de pagos por servicios ambientales hidrológicos reconoce una categoría especial para el BMM.

1.891 Desafortunadamente, la distribución naturalmente fragmentada del BMM, el paisaje fuertemente accidentado que ocupan frecuentemente y su lenta capacidad para recuperarse de la perturbación, lo convierte en un sistema particularmente frágil.

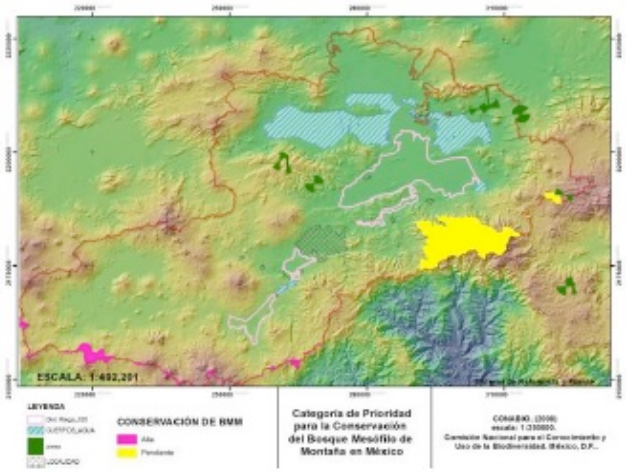
Cuenca alta del Río Cutzamala, subsistema Milcumbres (Mich.)

1.892 Forma parte de la región Cuenca Alta del Balsas. Esta subregión carece de inventarios biológicos. Es una zona con fuertes presiones forestales, principalmente tala ilegal, y por cultivo de frutales. Si bien existe poca información, dadas las condiciones de los bosques en la región, se sugiere una categoría de prioridad alta.

1.893 El área de estudio, se vincula a 4.5 km de distancia sin costo del bosque, conforma parte de la cabecera de la subcuenca 17, 18 y 19 por lo que favorece con el aporte de agua hacia el módulo II, III y IV del DR 20.

1.894 Dados los SE hidrológicos que ofrece este bosque, su conservación ayuda a garantizar el abasto de agua hacia las zonas de cultivo.

Categoría para la prioridad para la conservación del Bosque Mesófilo de Montaña



Fuente. CONABIO

Sitios prioritarios acuáticos epicontinentales para la conservación de la biodiversidad

1.895 La conservación de la biodiversidad acuática epicontinental (lagunas y ríos) es fundamental, ya que incluye una rica variedad de ecosistemas que sustenta una gran diversidad de especies nativas de flora y fauna, muchas de ellas endémicas y de gran relevancia en el ciclo hidrológico de diferentes regiones del país.

1.896 Por sus funciones ecológicas, proveen múltiples servicios, dentro de los que destacan el control de inundaciones, almacenamiento de agua, control de plagas, retención del suelo, control y estabilización de microclimas, provisión de alimentos, purificación de desechos, provisión de servicios estéticos y recreativos, entre otros.

1.897 El área forma parte de la subcuenca del Lago de Cuitzeo que a su vez forma parte de la Cuenca del Lago de Patzcuaro de la región del Balsas. Se caracteriza, por ser una cuenca endorreica y cuenta con importantes cuerpos de agua como la Laguna Cuitzeo. Es por esta razón que se clasifica como un área de extrema prioridad epicontinental.

1.898 Sin embargo, como ya se ha mencionado, debido al continuo incremento de la población y su asociado aumento de actividades económicas, la calidad del agua de la mayoría de las fuentes superficiales se ha deteriorado considerablemente, representando una opción poco viable para el riego de productos agrícolas, tales como legumbres y hortalizas. Esto tiene como consecuencia una menor oportunidad de diversificación en los cultivos y un mayor riesgo de estancamiento que puede llevar a un fracaso económico de la región.

Distancia sin costo del área del proyecto a los sitios de Interés Ambiental

Tipo de Decreto	Área de interés	Nombre	Estado	Municipio	Región	Distancia al trazo *(Km)*	Orientación
Federal	Parque Nacional (ANP)	Cerro de Garrica	Michoacán de Ocampo	Queréndaro	Lago Cuitzeo	16	Sureste
Federal	Parque Nacional (ANP)	Insurgente José María Morelos	Michoacán de Ocampo	Morelia	Región del Temascal	7	Sureste
Estatal	Parque Urbano Ecológico Estatal	Parque Francisco Zarco	Michoacán de Ocampo	Morelia	Lago Cuitzeo	5	Sureste
Estatal	Zona Sujeta a Preservación	Ex Escuela Central Agrícola de la Huerta	Michoacán de Ocampo	Morelia	Lago Cuitzeo	2 a 3	Este
Estatal	Parque Estatal	Cerro Punhuato	Michoacán de Ocampo	Morelia	Lago Cuitzeo	3	Sureste
Estatal	Zona Sujeta a Preservación Ecológica	Manantial La Mintizia	Michoacán de Ocampo	Morelia	Lago Cuitzeo	3	Este
Estatal	Zona de Restauración y Protección Ambiental	Loma de Santa María y depresiones aledañas	Michoacán de Ocampo	Morelia	Lago Cuitzeo	3	Sur
Municipal	Parque Urbano	Parque Urbano del Instituto Tecnológico Agropecuario No. 7	Michoacán de Ocampo	Tacámbaro	Lago Cuitzeo	2	Noroeste
Municipal	Parque Urbano	Parque Urbano Ecológico del Fideicomiso de la Ciudad Industrial de Morelia	Michoacán de Ocampo	Morelia	Lago Cuitzeo	0.2	Sur

Efecto del Cambio Climático sobre el Proyecto

1.899 Durante la "Quinta Comunicación Nacional ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático", México comparte con el mundo la preocupación por el cambio climático global y reconoce la necesidad de participar en el esfuerzo por la mitigación.

1.900 Como parte de las estrategias, la adaptación al Cambio Climático se enmarca en el contexto de la gestión de riesgo[17], con el objetivo de reducir, prevenir y controlar en forma priorizada el potencial de ocurrencia de desastres en la población, en un sector o una región, combatiendo las causas estructurales de los problemas, fortaleciendo las capacidades de resiliencia de la sociedad y construyendo un modelo que bajo un clima distinto, siga dando viabilidad al desarrollo. En este sentido, las medidas de prevención frente a fenómenos meteorológicos extremos son una mejor forma de coexistir con la naturaleza misma.

1.901 Una herramienta que permite modelar posibles escenarios de proyección de Cambio Climático, son los Modelos de UNIATMOS (2012). Estos escenarios son una representación plausible y a menudo simplificada del clima futuro, basada en un conjunto internamente coherente de relaciones climatológicas, que se constituyen para ser utilizadas de forma explícita en la investigación de las consecuencias potenciales del cambio climático antropogénico y que sirve a menudo de insumo para las simulaciones de los impactos.

1.902 El uso de estos modelos facilita la planificación de proyectos ante las posibles amenazas y ayuda a prevenir e intentar mitigar las posibles adversidades.

1.903 Para fines de este trabajo, se usó el modelo HADGEM2-RCP6018 (2015-2035) con la finalidad de prever las posibles afectaciones que se pueden presentar en el Proyecto bajo un escenario de Cambio Climático. Los resultados fueron los siguientes.

Resultados y Discusión

1.904 Se muestran cambios de temperatura y precipitación en el área de estudio. Los cambios de temperatura y precipitación asociados al Cambio Climático impactan directamente en los contenidos de agua del suelo por efectos de la evapotranspiración.

Variables ambientales de importancia en el Proyecto

Variables	Z1 Presa Cuitzeo	Z2 DR020
Clima	Cw1 Templado subhúmedo, con una temperatura media anual entre 12°C y 18°C, la temperatura del mes más frío esta entre -3°C y 18°C y la temperatura del mes más cálido bajo 22° C.	Cw0 Templado subhúmedo, con una temperatura media anual entre 12°C y 18°C, la temperatura del mes más frío está entre -3°C y 18°C y la temperatura del mes más cálido bajo 22° C.
Suelo	Feozem y Lluvisol	Vertisol
Hidrogeología	Cenozoico medio volcánico, rocas volcánicas (lavas, brechas y tobas) predominantemente riolitas. Permeabilidad baja a media (localizada)	Pleistoceno y reciente. Terrazas marinas, gravas, arenas y limos, depósitos aluviales y lacustres. Permeabilidad media a alta (localizada)
Precipiitación actual	800-1000	572-800
Prec HADGM	800-1000	708-800
Dif Prec	Aumento de 60 a 79 mm	Aumento de 40 a 79 mm
Temperatura	15°C a 18°C	15°C a 21°C
Tmp HADGEM60	18°C a 21°C	18°C a 21°C
Dif Temp	1°C a 2°C	1°C a 2°C

*La tabla contiene resultados de temperatura, precipitación y diferencia entre la condición actual y futura de estas mismas variables con el escenario de cambio climático HADGEM2-RCP60 a mediano (2015-2035)

1.905 En este sentido, el suelo es un agente de soporte y regulación de servicios ambientales. Dentro de estos servicios se encuentra la regulación del ciclo hidrológico, la cual es sustento y fuente de nutrientes para los organismos. La regulación de estos servicios fluctúa dependiendo de las características del suelo.

[17] Riesgo: resultado de la interacción de amenazas definidas física mente con las propiedades de los sistemas expuestos, es decir, su sensibilidad o vulnerabilidad (social). el riesgo también puede considerarse como la combinación de un evento, su probabilidad y sus consecuencias (Pnud, 2005).

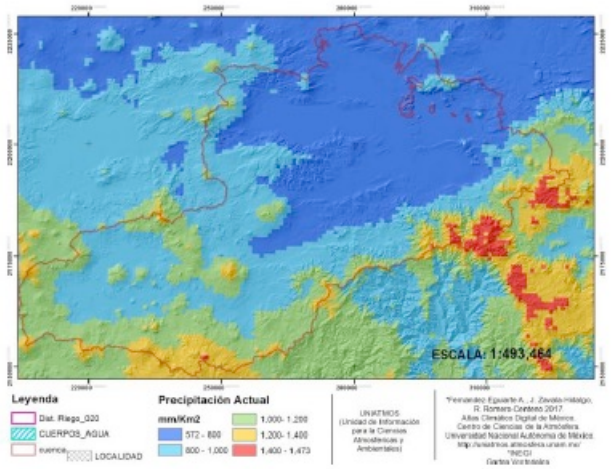
[18] Modelo desarrollado por el Reino Unido, el cual asume un forzamiento radiativo de +6, donde las emisiones anuales de gases de efecto invernadero alcanzan un pico alrededor del 2080 y posteriormente disminuyen.

1.906 La zona de estudio se caracteriza por ser una región con un balance de humedad de 91-180 días y con un régimen de humedad del tipo ústico, lo cual es característico de un clima húmedo con temperaturas medias alrededor de los 20°C.

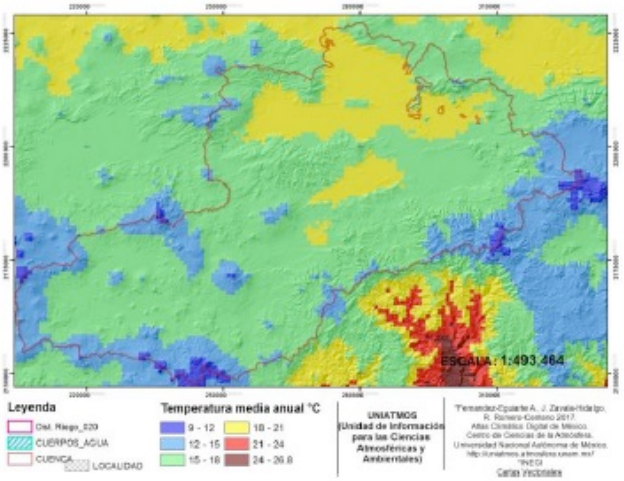
1.907 En estas regiones las afectaciones por el Cambio Climático, según datos del INECC, no parecen mostrar grandes cambios en el régimen térmico del suelo ni a corto, ni a largo plazo.

1.908 La precipitación anual actual en toda el área de estudio, según los modelos de UNIATMOS, va 572 mm a 1,473 mm y la temperatura media anual de varía en un rango de 9°C a 26.8°C.

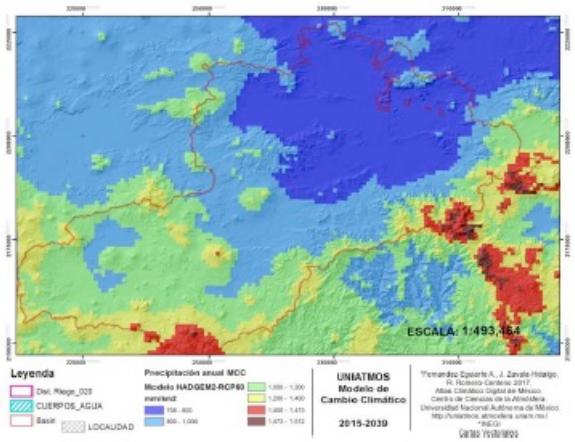
Precipitación actual



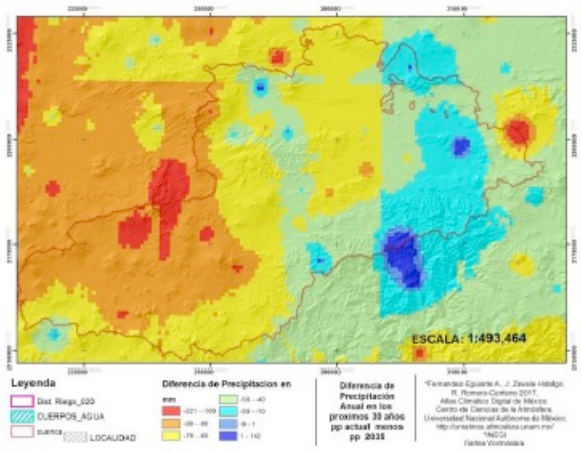
Temperatura actual



Precipitación bajo el escenario de Cambio Climático HADGEM2-RCP60 a largo plazo (2015-2035)



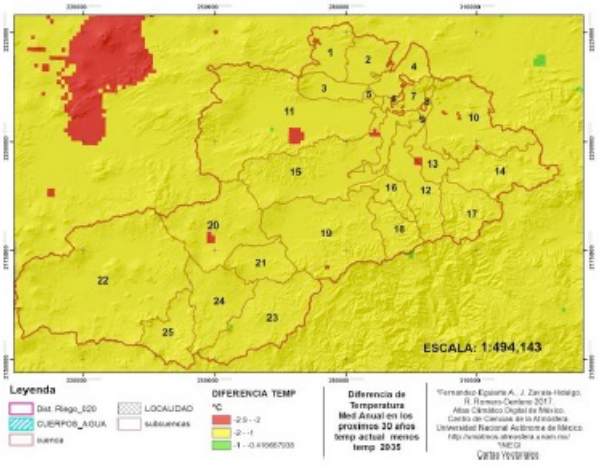
Diferencia en la precipitación entre el Escenario actual y bajo Cambio Climático



Fuente. INEGI

1.909 Se observa también un aumento en la temperatura de 1°C a 2 °C aproximadamente.

Diferencia en la temperatura entre el Escenario actual y bajo Cambio Climático



Fuente. INEGI

1.910 Bajo este escenario y dadas las características de la región, se pude concluir lo siguiente:

a) La ladera que se vincula con La Presa Cointzio cuenta con una clasificación de suelo tipo Feozem con propiedades crómicas y horizonte molico. Presenta una geología perteneciente a rocas ígneas extrusivas. Se caracteriza por ser un suelo somero debido a las pendientes, pH ligero de 6.5, bien drenado, de textura franco arcillosa, bien estructurado, oscuro, alta saturación de bases, moderado a alto contenido de materia orgánica y alta capacidad de intercambio catiónico.

b) En estas regiones el principal factor de impacto ante un Cambio Climático es la erosión hídrica del suelo y la pérdida de agua por desecación. Esto se debe a la baja profundidad del suelo y las pendientes de más de 20°, que con el aumento en la precipitación, fortalecen la escorrentía que erosiona las capas superficiales del suelo, y que con el aumento en la temperatura, podrían provocar la evaporación del agua. Sin embargo, estos suelos en general presentan una buena capacidad de amortiguamiento y de mantener la protección en la cobertura vegetal. El aumento en la precipitación favorecerá la captación y acumulación de agua en la zona.

c) Posteriormente, el área vinculante con el Distrito de Riego 20 presenta un aumento en la precipitación de 40 a 79 mm/km^2 y aumento en la temperatura de 1°C a 2°C según el modelo de Cambio Climático HADGEM-RCP60.

1.911 Bajo este escenario y dadas las características de la región, se pude concluir lo siguiente:

a) El tipo de suelo presente en la región, corresponde a un Vertisol con propiedades mesotróficas y horizonte vertico. Se caracteriza por ser un suelo de gran contenido de arcillas mezcladas con una alta proporción de arcillas expandibles 2:1, pobremente drenado y ácido (pH de 5.4). Cuando estos suelos se secan se forman profundas y anchas grietas que se abren y cierran periódicamente desde la superficie del suelo.

b) En general, los vertisoles son suelos ampliamente usados en la agricultura, ya que cuentan con un alto contenido de arcillas y una alta capacidad de intercambio catiónico que favorece la estructura de los suelos. Sin embargo, el suelo presente en la zona de estudio, manifiesta una toxicidad por acidificación, este hecho limita la productividad de las plantas. En este sentido, ante el fenómeno de Cambio Climático planteado, con el aumento en la intensidad de la precipitación aumenta el potencial de lixiviación del suelo a través del agotamiento de cationes básicos que podría incrementar más la acidificación, generando suelos infértiles.

c) Por lo mencionado, es importante controlar la acidificación y favorecer el aporte de materia orgánica en la zona. Las sales del agua tratada y el aumento de la evaporación favorecida por el incremento en la temperatura, podrían contribuir con la neutralización de la acidificación. No obstante, es importante verificar que esta condición esté presente en todos los vertisoles antes de aplicar o dejar de aplicar algún tipo de acción.

d) Por otro lado, en suelos irrigados o lluvias prolongadas estos suelos también son susceptibles a sufrir fenómenos de inundación, motivo por el cual resulta importante mantener la cobertura forestal de las zonas de ladera y de mayor altitud, con el fin de retener el agua y así evitar fuertes crecidas en estas áreas.

Servicios Ecosistémicos

1.912 Los SE son todos los beneficios que proporcionan los distintos ecosistemas y que contribuyen al bienestar social, se obtienen principalmente de los procesos y funciones biológicas propias del mismo, pero también incluyen las percepciones colectivas de los humanos. El planteamiento en general, parte de analizar el valor intrínseco o utilitario que ofrecen los distintos ecosistemas y sopesar el beneficio a favor del mantenimiento del sistema al que pertenecen.

1.913 La Evaluación de los Ecosistemas del Milenio describe, dependiendo de sus funciones, los siguientes servicios:

e) **Soporte**: son los procesos ecológicos básicos que aseguran el funcionamiento adecuado de los ecosistemas y el flujo de servicios de provisión, de regulación y culturales. Entre estos servicios se encuentran la productividad primaria, que es la conversión de energía lumínica en tejido vegetal, el suelo y el mantenimiento de la biodiversidad.

f) **Provisión:** se trata de bienes tangibles, también llamados recursos naturales o bienes. En esta categoría están incluidos los alimentos, el agua, la madera, las fibras. Estos servicios proporcionan el sustento básico de la vida humana; los esfuerzos por asegurar su provisión guían las actividades productivas y económicas.

g) **Regulación**: se incluyen procesos ecosistémicos complejos mediante los cuales se regulan las condiciones del ambiente en que los seres humanos realizan sus actividades productivas. En esta categoría se incluyen la regulación climática, la regulación de los vectores de enfermedades y la regulación de la erosión de los suelos, entre otros.

h) **Culturales:** se refiere a beneficios que dependen de las percepciones colectivas de los humanos acerca de los ecosistemas y de sus componentes, los cuales pueden ser materiales o no materiales, tangibles o intangibles. Los beneficios espirituales, recreativos o educacionales que brindan los ecosistemas se consideran en esta categoría.

1.914 En general, los cambios que afectan a estos servicios repercuten de diversas maneras en el bienestar social. En el caso particular de las obras o actividades como la agricultura, los ecosistemas son activamente manejados por los humanos para optimizar distintos servicios de infraestructura, provisión de comida, obtención de fibras, combustible entre otros. No obstante, a su vez, estos servicios clasificados como de provisión dependen de una red de servicios de apoyo y regulación como insumos para la producción (suelo, vegetación, polinización, fertilidad etc). En este sentido, resulta importante identificar las redes funcionales de las que depende un servicio, con el fin de optimizar su aprovechamiento y mantener la resiliencia del mismo.

1.915 El presente análisis identifica de manera general, algunos SE en la zona, que por sus características afectan o pueden ser afectados por el Proyecto.

1.916 Los SE analizados en este trabajo son la vegetación, el suelo, la hidrografía y el relieve como factor regulador.

1.917 Para llevar a cabo este proceso, se usó como unidad de análisis a la cuenca, ya que permite delimitar e identificar zonas funcionales dentro de un espacio, al mismo tiempo que facilita la comprensión y dinámica de las interacciones entre diferentes servicios ecosistémicos.

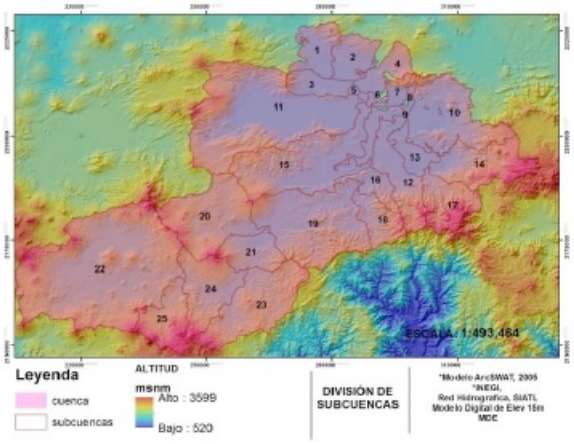
Metodología

1.918 Con ayuda del Software ArcGis 10.3 y su extensión ArcSWAT 2012.10.18 del modelo SWAT2005, se identificaron 23 subcuencas de la red de drenaje correspondiente a la subcuenca del Río Tuxpan, ubicado en la cuenca del Río Coahuayana. De cada subcuenca se obtuvo una caracterización morfométrica con el fin de evaluar el funcionamiento y comportamiento de la región a partir de indicadores del medio físico (área de la cuenca, pendiente media, longitud del cauce principal, pendiente del cauce principal, altitud media, máxima y mínima, coeficiente orográfico, densidad de drenaje y densidad de drenaje perenne) que guardan una estrecha relación con los procesos de modelación del paisaje.

1.919 Posteriormente, se usó la carta de uso de suelo y vegetación, la carta edafológica y de perfiles serie II, la carta hidrológica, la carta hidrogeológica, rasgos topográficos y modelo digital del terreno. Estas cartas

se vincularon con cada una de las subcuencas y se realizó un análisis de la relación de cada variable con la funcionalidad que presentan en la cuenca en términos de SE.

División de subcuencas



Fuente. INEGI

Resultados y Discusión

1.920 La cuenca Lago de Cuitzeo cuenta con una superficie de 715,672.048 has y una altitud que va de 1,767 a 3,426 msnm, esto representa una diferencia altitudinal de 1,659 m. El Proyecto se vincula con la zona de transporte y emisión de la cuenca Lago de Cuitzeo atravesando a ésta por la zona de menor altitud (cauce principal de la cuenca).

1.921 Los SE y las características ambientales de las 25 subcuencas se describen a continuación:

Variables morfométricas

1.922 Una herramienta clave en el análisis fisiográfico de una cuenca (sobre todo cuando se carece de información detallada de la zona de estudio) es la morfometría, ya que permite establecer parámetros de evaluación del funcionamiento y comportamiento de una región a partir de una serie de indicadores del medio físico que guardan una estrecha relación con los procesos de modelación del paisaje.

1.923 Las variables morfométricas analizadas son las siguientes:

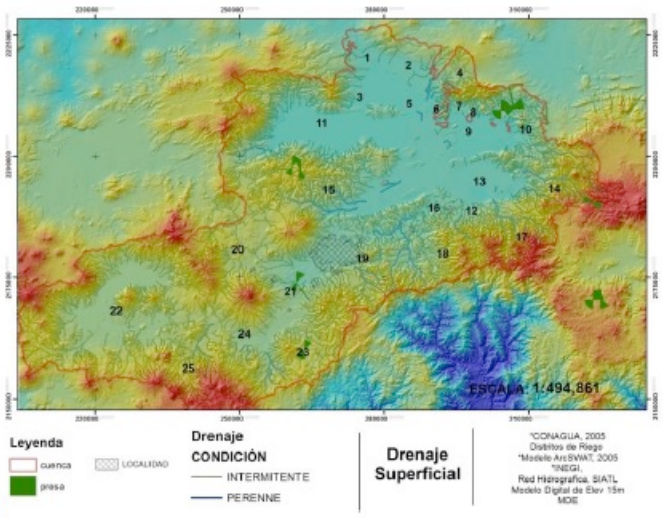
a) **Densidad de drenaje:** en general las subcuencas presentan una baja densidad de drenaje (menor a 1.7), lo cual indica un régimen pluvial con pendientes bajas y baja complejidad ambiental. Las pendientes bajas y el ambiente homogéneo permiten la acumulación de agua. Las áreas de menor densidad corresponden a las subcuencas 13, 2, 1 y 11 donde se desarrolla la Laguna de Cuitzeo y los módulos III, IV y V del Distrito de Riego 20 (área de emisión de la cuenca). Desde el punto de vista de los SE, esta zona representa el sitio donde se dan las mayores crecidas, y por lo tanto la mayor acumulación de agua, ofreciendo así un SE de Provisión. Esta situación favorece a los cultivos, ya que presentan un buen aporte de agua. No obstante, el agua que acumulan proviene de las áreas de mayor altitud de la cuenca.

   Las subcuencas de mayor densidad de drenaje son la 17 y 14 con valores por arriba de 2. Estos valores indican zonas de un régimen pluvial alto, pendientes fuertes, grandes volúmenes de escurrimiento, mayores velocidades de desplazamiento y alta heterogeneidad ambiental. Estas subcuencas ofrecen un SE de regulación a las áreas de cultivo y las presas, ya que funcionan como sitios de captación y transporte de agua, cuya desembocadura vierte a las subcuencas 12 y 13 donde se encuen-

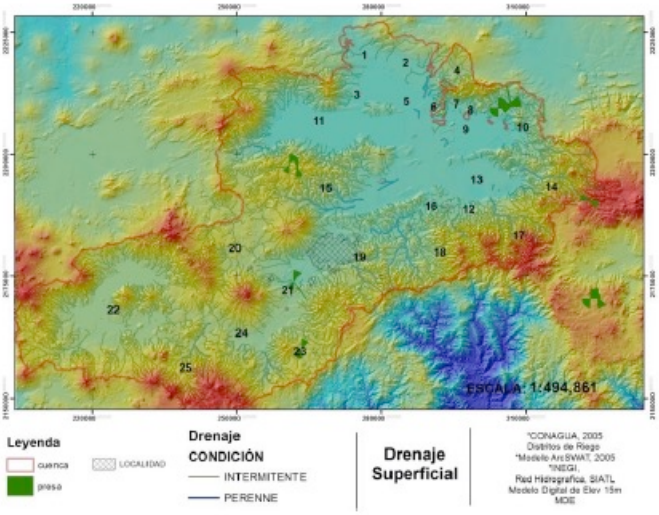
tran los módulos III, IV Y V. Este factor resulta importante, ya que la provisión de agua de las subcuencas 12 y 13 se favorece con la protección y la funcionalidad de las subcuencas 17 y 14.

b) **Drenaje perenne:** la mayor densidad se tiene en las subcuencas 14, 17 y 19, en ellas se puede proveer de agua durante todo el año y de ellas depende el suministro de agua de las subcuencas de menor altitud en conexión con estas, por lo tanto se consideran como prioritarias por sus SE de provisión de agua. En la siguiente figura se puede observar que nuevamente las subcuencas en conexión con estas áreas corresponden a la 12, 13 y área de emisión de la subcuenca 19 donde se encuentra ubicada la zona urbana de Morelia. Por lo tanto, con estos datos se fortalece la propuesta de protección de estas áreas, por considerarlas clave en la provisión de agua hacia los cultivos. Su protección reduciría gastos y demanda de agua por parte del acueducto y ayuda a conservar el microclima en la región así como mantener la calidad del agua para los cultivos. Como ya se mencionó, estas cuencas presentan pendientes elevadas, por lo que mantener la cobertura vegetal, contribuye a evitar el azolve de los cuerpos de agua.

Resultados de la densidad de drenaje perenne por subcuenca



Red Hidrográfica de la cuenca de la L. Cuitzeo



Fuente. INEG

Resultados de la densidad de drenaje perenne por subcuenca

Subcuenca	Área Km^2	Longitud del drenaje Km^2	Densidad de drenaje perenne
4	80.091	7.79	0.97
7	46.039	3.601	0.078
10	288.177	16.164	0.056
11	634.714	6.261	0.01
12	165.457	10.535	0.064
13	66.159	1.185	0.018
14	191.021	58.916	**0.308**
15	373.375	44.842	0.12
17	135.308	41.164	**0.304**
19	394.57	82.313	**0.209**
21	112.788	0.72	0.006
23	275.529	24.157	0.088
24	195.221	7.161	0.037
25	137.995	21.716	0.157

*En negritas para cada variable, se representan las subcuencas con los valores más altos y en color naranja se resaltan las subcuenca con los valores más bajos.

c) **Desnivel altitudinal:** Las subcuencas con menor desnivel altitudinal (13, 2, 8, 1 y 3) constituyen la zona de emisión de la cuenca y se caracterizan por ser áreas casi planas y homogéneas donde se acumula el agua. En su mayoría, el uso de suelo dominante para estas cuencas corresponde a cuerpos de agua y zonas agrícolas, aunque aquellas que presentan pequeños relieves o en las zonas más altas de las mismas subcuencas se encuentran manchones de Vegetación Seca de Selva Baja Caducifolia (VSSBC). Por otro lado, las subcuencas con mayor desnivel altitudinal forman parte en su mayoría del área de transporte de la cuenca. En este sentido, se observa que las subcuencas 24 y 23, con valores mayores a 1,400 m de diferencia altitudinal, presentan un relieve accidentado y un gradiente altitudinal que le permite contener distintos tipos de uso de suelo y vegetación, por lo tanto son áreas de alta heterogeneidad ambiental que alimentan con sus aguas a la Presa Cointzio. La elevada diferencia altitudinal le permite a la subcuenca 24 contener siete diferentes tipos de vegetación y ocho a la subcuenca 23 (ver anexo tabla 1). No obstante, solo se presentan manchones de vegetación y dominan las áreas agrícolas en la zona (con excepción de las áreas de mayor altitud correspondientes a las áreas de captación se conservan los bosques templados de pino y encino).

1.924 Ante esta situación se puede decir estas subcuencas tienen potencial bajo para ofrecer SE de soporte y provisión en la regulación de agua y suelo y se mantienen solo en las áreas de mayor altitud correspondientes al área de captación de la cuenca. Este soporte no es suficiente para mantener la calidad de las aguas que vierten a la Presa Cointzio, y por lo tanto representa una de las razones de contaminación de los ríos. En este sentido, la construcción del acueducto ofrecerá a la zona un SE de regulación y provisión, al mejorar la calidad del agua y proveer de ella a las áreas de cultivo.

1.925 A un así, se recomienda mantener conservadas las áreas de captación de estos sitios con el fin de reducir costos en el tratamiento del agua y evitar su disminución.

1.926 Por otro lado, las subcuencas 14 y 17 en conectividad con las áreas de cultivo y el Lago Cuitzeo presentan una diferencia altitudinal mayor a 1,300 m. Contienen 3 y 7 diferentes tipos de vegetación respectivamente, dominando el área con bosques de pino en ambos casos. No obstante, la actividad que más predomina después de las áreas forestales es la agricultura.

1.927 Se recomienda proteger la cobertura vegetal de esta área con el fin de mantener la variedad ecosistémica a lo largo del gradiente, ya que esta dinámica en términos de SE favorece la producción de las áreas de cultivo y se traduce en control y regulación de plagas y enfermedades a los ecosistemas (incluyendo áreas de cultivo), mantenimiento del ciclo de nutrientes, producción primaria, regulación del ciclo del agua y provisión de alimentos, medicamentos y otros productos de uso humano.

1.928 Cabe mencionar que estas subcuencas son consideradas por la CONABIO como Áreas elegibles para la conservación por la provisión de servicios ambientales hidrológicos (ver tema de vinculación). Es así, que su conservación reduciría costos en el abastecimiento de agua

d) **Pendiente media:** Solo las subcuencas 17, 18, 14, 7 y 25 presentaron una pendiente media de más de 20%, lo cual caracteriza a un relieve escarpado con alta capacidad erosiva. En estas áreas es importante mantener la cubierta forestal con el objetivo de regular los fenómenos de remoción de masa. Las subcuencas 17, 18 y 14 nuevamente resaltan por su complejidad y afectación a las áreas de cultivo con pendientes de más de 20%. En este sentido, resulta importante mantener estables a los suelos de las zonas de ladera, ya que ante un evento erosivo, el material proveniente de las laderas se depositará en las partes bajas (en este caso áreas de cultivos) sepultando a los cultivos y al suelo fértil. El material depositado, contiene partículas de todos tamaños (arenas, limos, arcillas, gravas, lodo), por lo tanto carece de estructura. Este hecho, imposibilita cualquier práctica agrícola,por lo que el suelo pierde su funcionalidad.

   Por otro lado, la subcuenca 21, en conexión con la Presa Cointzio, cuenta con una pendiente media de 13% lo cual caracteriza a zonas donde se fusiona el piedemonte y las laderas de montaña y corresponden a pendientes fuertemente inclinadas. Este dato corresponde a la media, por lo tanto se debe considerar que esta subcuenca tiene un área de emisión casi plana (pendientes de 0°), por lo tanto la desviación estándar debe ser alta. En este sentido, se observa que el relieve en conexión directa con la presa, presenta pendientes de más de 36% (20°), por lo tanto, es importe conservar el SE de regulación en estas áreas, ya que de no considerarlo se corre el riesgo de azolvar la presa y además eutrofizar los cuerpos de agua. Con el azolve disminuye la cantidad y la calidad del agua y los costos de reparación son altos. El paso del acueducto a simple vista no parece ser afectado ni afectar ninguna zona de relieve accidentado, ya que su ubicación corresponde a los sitios de emisión de las subcuencas cuyo relieve es casi plano.

e) **Pendiente del cauce principal %:** El promedio de las pendientes del cauce principal de cada subcuenca va de casi plano a moderadamente inclinado, por lo tanto, las velocidades en el transporte de agua y los tiempos de concentración también son medios. Este escenario limita la velocidad de transporte de agua hacia los cultivos, pues estas son moderadamente bajas y los tiempos de infiltración son mayores. En este sentido, el acueducto favorecerá la provisión de agua a la zona agrícola incrementando el abastecimiento de la misma, lo que disminuirá la sobreexplotación del acuífero Morelia Queréndaro, ofreciendo así, un SE de regulación y provisión de agua.

Resultados de las variables morfométricas para cada una de las subcuencas

Subcuenca	Densidad de drenaje	Desnivel altitudinal	Pendiente media	Pendiente del cauce principal	Coeficiente orográfico
1	0.98	667	7.41	2.09	1,804
2	0.46	387	4.66	1.41	1,807
3	1.05	697	8.39	3.14	1,803
4	1.51	798	9.67	2	1,804
7	**1.97**	797	**20.26**	3.96	1,804
8	1.59	658	11.84	**5**	1,811
10	1.5	916	13.15	2.05	1,788
11	1.58	**1,183**	12.09	0.93	1,767

Subcuenca	Densidad de drenaje	Desnivel altitudinal	Pendiente media	Pendiente del cauce principal	Coeficiente orográfico
12	1.59	**1,170**	**17.17**	2.14	1,810
13	0.2	141	2.09	0.1	1,801
14	**2.23**	**1,436**	**21.03**	2.76	1,803
15	1.33	953	12.07	1.48	1,806
16	1.31	838	**10.78**	2.16	1,806
17	**2.46**	**1,342**	**34.52**	4.66	1,839
18	**1.95**	**1,012**	**26.22**	3.81	1,858
19	1.63	889	**17.22**	1.52	1,854
20	1.27	**1,339**	12.7	3.27	1,880
21	1.48	**1,234**	13.57	3.04	1,850
22	1.58	**1,326**	12.95	2.09	**2,015**
23	1.71	**1,434**	**16.05**	4.66	**1,992**
24	1.46	**1,464**	12.34	2.24	**1,962**
25	1.77	**1,233**	**18.74**	3.81	**2,084**

*En negritas para cada variable, se representan las subcuencas con los valores más altos y en color naranja las subcuenca con los valores más bajos.

Uso de Suelo y Vegetación

1.929 La cuenca Lago Cuitzeo, presenta 8 diferentes tipos de vegetación, algunos en distinto estado de sucesión y 10 diferentes tipos de agroecosistemas. El uso de suelo dominante en toda la cuenca es agrícola, ocupando un 48% del total del área. El Distrito de Riego 20 se encuentra en su mayoría en esta área que representa la zona de emisión de la cuenca. Este sitio es adecuado para el establecimiento de cultivos, ya que la superficie es plana y de baja pendiente, por lo tanto los suelos aquí son estables y mejor desarrollados para abastecer de nutrientes disponibles a los cultivos.

1.930 Los agroecosistemas se consideran un SE de provisión, pues abastecen a la población de alimentos y/o diversos productos que satisfacen sus necesidades. Para el caso particular de distrito 20 de Morelia, la provisión de estos servicios es limitada dada la baja calidad del agua.

1.931 De construir la planta de tratamiento Atapaneo, se mejorará la calidad del agua, contribuyendo así, con la posibilidad de poder cambiar el tipo de cultivo de ornato a hortalizas o algún otro de tipo de agroecosistema encaminado a la alimentación.

1.932 Este hecho resulta importante si se considera que el balance entre la oferta y la demanda tan solo de los granos básicos en México es negativo y el resto de la demanda se satisface por medio de la importación.

1.933 Por otro lado, algunos estudios indican que en un futuro, para satisfacer el déficit actual o por lo menos la creciente demanda de alimentos asociada al crecimiento poblacional, la expansión de la frontera agrícola solo podrá darse en terrenos no aptos para la agricultura (con bajos rendimientos y elevados costos ambientales). En este sentido, el tratamiento de las aguas residuales también contribuirá con el incremento de áreas potenciales apropiadas para siembra de cultivos comestibles (SE de regulación) y la provisión de alimentos para consumo humano.

1.934 Los agroecosistemas juegan un papel importante en la conservación y el buen manejo de los ecosistemas, ya que son sistemas antropogénicos donde existe un acoplamiento entre las prácticas agrícolas y el sistema natural. La siguiente tabla muestra algunos cultivos de especies comestibles de maíz, calabaza y frijol de importancia fitogenética y comercial con potencial para desarrollarse en esta área y que podrían beneficiar la diversificación de cultivos.

Distribución potencial de cultivos y especies silvestres de maíz, frijol y calabaza

Razas de Zea mays subsp mays	Taxa calabaza	Taxa frijol
Maíz ancho	Cucurbita argyrosperma argyrosperma	Phaseolus vulgaris var. Vulgaris
Bofo	Cucurbita ficifolia	Phaseolus vulgaris var. Mexicanus
Bolkita	Cucurbita pepo	Phaseolus vulgaris
Celaya	Cucurbita pepo pepo	Phaseolus leptostachyus var. leptostachyus
Chalqueño	Cucurbita radicans	Phaseolus leptostachyus
Conejo		Phaseolus coccineus subsp. coccineus
Conico		Phaseolus coccineus
Maíz dulce		
Mushito		
Occidentales de México		
Mushito de Michoacan		
Zamorano Amarillo		

1.935 La vegetación natural en la cuenca, en su mayoría se constituye por bosques templados de pino, pino-encino, encino-pino y vegetación secundaria arbórea y arbustiva de estas mismas categorías. Estos se encuentran en manchones dentro de la zona de cabecera de la cuenca y solo representan alrededor del 15% de la misma.

1.936 El mayor foco de este tipo de vegetación se tiene en la subcuenca 18, 12, 17 y 14 en conexión con el Distrito de Riego 20, consideradas por la CONABIO como zonas prioritarias para brindar SE hidrológicos (ver tema de vinculación) y son importantes por presentar comunidades de vegetación siempre verde que al encontrarse en la zona de cabecera, ayudan a retener el agua y evitan su pérdida por evaporación, ya que la cubierta vegetal protege al suelo de la desecación, lo que contribuye a la formación de los primeros cuerpos de agua, en este caso encargados de abastecer a las áreas del Distrito de Riego 020.

1.937 Adicionalmente, los grupos de árboles de los bosques templados desempeñan un papel fundamental en la captura y almacenamiento de carbono, en la formación y retención de suelos y en la provisión de una enorme cantidad de recursos forestales. En promedio, se ha estimado que un bosque templado dominado por pinos en México mantiene un acervo de carbono de casi 180 toneladas por ha (conjuntando la biomasa en pie y en el suelo).

1.938 Otro tipo de vegetación presente en la cabecera de cuenca número 12 es el BMM, el cual es el ecosistema terrestre más amenazado a nivel nacional. Este bosque es de elevada importancia debido a la extraordinaria biodiversidad que alberga y a los servicios hidrológicos que provee. Estos servicios benefician a las áreas de cultivo al brindarles mejor calidad de agua.

1.939 Posteriormente, a lo largo de toda la cuenca en combinación con las áreas de cultivo aunque en zonas de pequeños lomeríos, se observan manchones de VSSBC. Es importante pensar en proteger y conservar estos manchones de selva, ya que constituyen un papel clave en la regeneración natural de los bosques hacia la vegetación primaria y contribuyen en los procesos de mitigación del Cambio Climático que no requiere de una inversión fuerte en reforestación o mantenimiento de los bosques. A cambio, ofrece a las áreas de cultivo importantes SE, como:

- Control de la generación de plagas o enfermedades (al mantener en equilibrio la interacción depredador-presa).

- Al ser una zona más cálida, evita la completa desecación almacenando grandes cantidades de agua en sus tallos y raíces.
- Las hojas que tiran protegen al suelo de la desecación y además estas son incorporadas como materia orgánica al suelo por diversos organismos, con ello se brinda soporte y estructura, lo cual le permite retener más agua y resistir procesos de erosión.
- Las raíces de las plantas también retienen el suelo y evitan procesos de remoción de masa en laderas, que podrían sepultar el suelo fértil de la zona de cultivos.
- Ofrece captura de carbono, restauración en la regulación hidrológica y alta biodiversidad. La biodiversidad de este tipo de sitios mantiene la polinización, dispersión de semillas y en general la dinámica ecosistémica.

Suelo

1.940 En general la cuenca presenta 13 distintos tipos de suelo. La zona de captación de la cuenca representada por las subcuencas 22, 25, 24, 23 y 14 se constituye principalmente por un suelo tipo Andosol, mientras que la zona de captación de las subcuencas 18, 12 y 17 se representa por un Luvisol.

1.941 Los Andosoles se forman sobre cenizas y vidrios volcánicos, así como a partir de otros materiales piroclásticos. Este tipo de suelo está conformado por colores oscuros que le permiten almacenar calor y propiciar la actividad de los organismos que ayudan a integrar la materia orgánica al suelo, lo cual favorece su estructura y se forman suelos altamente porosos, ligeros, permeables y con alta capacidad de intercambio catiónico por la presencia de alófanos.

1.942 Estas características le confieren al suelo mayor capacidad para captar, almacenar, retener y filtrar el agua; fortalece la resistencia de los suelos ante la erosión hídrica y propicia la absorción de nutrientes para las plantas. Por ello se recomienda mantener los bosques de pino-encino presentes en las partes más altas y correspondientes a la zona de captación.

1.943 Los Luvisoles son suelos que tienen mayor contenido de arcilla en el subsuelo que en el suelo superficial como resultado de procesos pedogenéticos (especialmente migración de arcilla), por lo tanto llevan a un horizonte subsuperficial árgico. Las arcillas de este horizonte presentan una alta actividad y elevada saturación de bases. La capacidad de amortiguamiento de estos suelos es alta si se conservan sus propiedades, ya que como se ha mencionado, esta zona es importante por el aporte de agua que brinda a la zona de Riego del Distrito 20.

1.944 Se observa también la presencia de Luvisoles con propiedades vérmicas en la zona de transporte y emisión de las subcuencas 22, 25, 24 y 23, lo cual indica una alta actividad metabólica de organismos presentes que le confieren mayor estructura y mayor contenido de materia orgánica. Este factor favorece la disponibilidad de nutrientes en los suelos para los cultivos y genera suelos más estructurados.

1.945 El Luvisol es un tipo de suelo con mayor incidencia en toda la cuenca y se encuentra ocupado en su mayoría por zonas de cultivo.

Porcentaje de ocupación de los diferentes tipos de suelo

Tipo de suelo	Área *Km²*	Ocupación *%*
Luvisol	1,152.11	27.5
Vertisol	1,018.8	24.32
Phaeozem	680.08	16.23
Andosol	675.56	16.13

Tipo de suelo	Área Km^2	Ocupación %
Leptosol	351.56	8.39
Fluvisol	76.25	1.82
Cambisol	72.03	1.72
Solonchak	55.88	1.33
Durisol	39.21	0.94
Umbrisol	30.19	0.72
Gleysol	23.35	0.61
Planosol	11.09	0.26
Regosol	1.23	0.03

1.946 El segundo suelo con mayor presencia en la cuenca es el Vertisol. Domina en el área de emisión de la cuenca, desde la subcuenca 1 a la 13. Son suelos ampliamente usados en la agricultura, ya que cuentan con un alto contenido de arcillas y una alta capacidad de intercambio catiónico que favorece la estructura y la adsorción de nutrientes. Bajo condiciones húmedas, el suelo puede ser fácilmente manejado y resulta altamente favorable para la agricultura. Este tipo de suelo es el que domina en el Distrito de Riego 20, por lo tanto, no presenta ninguna limítate para cumplir con su función como proveedor de alimentos si se toman las precauciones recomendadas en el capítulo de Cambio Climático.

1.947 Por último, el tercer suelo representativo de la cuenca es el Pheozem. Se caracteriza por tener una capa superficial oscura, suave, rica en materia orgánica y en nutrientes. En terrenos planos los SE de provisión de estos suelos son muy altos para la agricultura de riego y temporal, pues suelen ser muy profundos y con rendimientos altos. Sin embargo, los situados en laderas o pendientes, presentan como principal limitante la roca o alguna cementación muy fuerte en el suelo, por lo que tienen rendimientos más bajos y se erosionan con más facilidad, por lo anterior resulta importante regular las prácticas agrícolas en estas áreas.

1.948 Dentro de la cuenca, el suelo tipo Pheozem se localiza en zonas de lomeríos con pendientes bajas, medias y altas. Un primer pedón se tiene en la zona de cabecera entre la subcuenca 15 y 11, donde se combina por manchones vegetación secundaria de SBC y áreas de cultivo. En esta zona se observan algunas áreas de cultivo sobre fuertes pendientes y aunque este suelo suele tener buena estructura puede ser fácilmente erosionable, por lo tanto es importante mantener los SE de Regulación, protegiendo la cubierta forestal para evitar la erosión en estas áreas.

1.949 Un segundo pedón de suelo tipo Pheozem se localiza en el área de captación y transporte con fuertes pendientes de las subcuencas 19 y 21, esta última en conexión con la Presa Cointzio. En la zona de cabecera predominan los bosques templados de pino y en la zona de transporte los bosques de encino y cultivados. El suelo en estas áreas resulta ser muy favorable, ya que presenta una alta capacidad para captar, retener y filtrar el agua siempre y cuando se mantenga la cubierta forestal que lo protege. Este hecho favorece el abastecimiento de agua hacia la Presa Cointzio y reduce los riegos de azolve.

Manantiales y cuerpos de agua

1.950 En general, el acuífero se aloja en una depresión tectónica y está conformado, en su porción superior, por sedimentos clásticos de granulometría variada principalmente riolita, así como sedimentos arcillosos que se depositaron en la parte baja de la cuenca donde se localiza el Lago de Cuitzeo.

1.951 Las subcuencas 22 y 14 contienen el mayor número de manantiales, 22 y 12 respectivamente. Estos manantiales en su mayoría se localizan en la zona de cabecera de ambas subcuencas y se encuentran resguardados por la cobertura vegetal de los bosques templados de la zona.

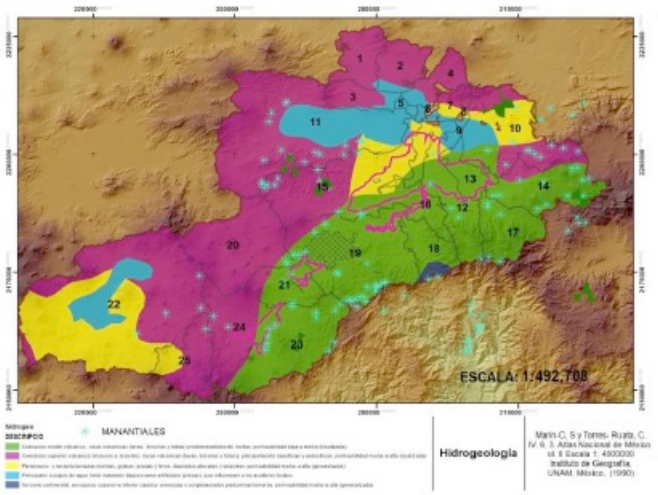
1.952 La porción inferior está constituida por rocas volcánicas que presentan permeabilidad primaria y secundaria, principalmente basaltos y tobas. La subcuenca 11 presenta 17 manantiales sobre este tipo de roca.

1.953 Los cuerpos de agua principales corresponden al Lago Cuitzeo y la Presa Cointzio, este último en la zona de emisión de la subcuenca 21.

1.954 La existencia de agua o humedad permanente en estas áreas brinda condiciones muy particulares para el establecimiento de vegetación y el desarrollo de la biodiversidad, distinta a las regiones circundantes. La posibilidad de tener agua fomenta también el desarrollo de actividades humanas como el turismo; además de proveer de agua para consumo a la población.

1.955 Sitios como estos, presentan un SE de Provisión de agua y son prioritarios para conservación, ya que en términos generales, el agua subterránea es de buena calidad y abastece de agua potable para consumo humano.

Manantiales presentes en el área de estudio



SUBCUENCA	NUM de MANANATIALES
19	22
11	17
14	12
10	11
23	11
15	10
12	4
22	4
17	3
21	3
20	2
24	2
1	1
2	1
3	1
4	1
5	1
6	1
7	1
8	1
9	1
13	1
16	1
18	1
25	1

Posibles impactos ambientales

a) **Zona agrícola beneficiada.** Uno de los principales beneficios que ofrece esta obra es la reducción del impacto que se genera con la descarga de aguas residuales a los cuerpos de agua de la zona, por lo tanto el Proyecto ayudará a minimizar de manera gradual el impacto en la degradación de estos cuerpos de agua.

Una vez que se inicie la operación, se tiene contemplado contar con agua tratada, que cumpla con los requerimientos de la normatividad aplicable, que permita impulsar la conversión del cultivo de granos básicos por cultivos más rentables como el jitomate, chile, cebolla, zanahoria, coliflor, entre otros. De esta manera se genera un impacto positivo para la población.

Con base en el presente análisis, a continuación se describen los impactos esperados, de acuerdo con las actividades que considera el Proyecto.

b) **Uso de maquinaria pesada para operaciones de construcción.** En las actividades de movimiento de materiales, excavaciones, levantamiento de equipo y tubería, desmonte, etc., será necesario el uso de maquinaria pesada, la cual independientemente al uso específico que se le dé, están asociados a una serie de impactos:

- Producción de ruido. En general, toda la maquinaria pesada genera ruido durante su operación, sin embargo, la maquinaria que no está sujeta a programas de mantenimiento adecuados puede generar volúmenes más intensos de emisión de ruido.
- Contaminación atmosférica. La maquinaria pesada opera mediante motores diesel, siendo que hasta años recientes deben contar con aditamentos específicos para reducir la emisión de contaminantes atmosféricos.
- Contaminación del suelo por derrame de combustible. La mayoría de las veces, las condiciones de trabajo en las obras implican que el mantenimiento de la maquinaria se realice en sitios sobre el suelo natural. Esta situación ha dado lugar a graves problemas de contaminación de suelos sobre todo por derrame de sustancias toxicas.
- Emisión de polvo a la atmósfera. En las operaciones de movimiento de tierra con maquinaria pesada y en la circulación de esta maquinaria sobre caminos de terracería, es común que se produzca emisión de polvo a la atmósfera.

c) **Contratación de personal.** El desarrollo de la obra requiere la contratación de personal para llevar a cabo las diversas actividades. A su vez, el personal requiere de servicios que generan impactos ambientales. A continuación se enlistan algunos de ellos.

- Generación de residuos por las necesidades sanitarias del personal: normalmente el personal labora ocho horas al día en los frentes de obra, por lo que todas sus actividades y necesidades fisiológicas se llevan a cabo en el sitio. En este sentido, se considera un factor de contaminación el efecto acumulativo de residuos orgánicos de los trabajadores durante el periodo de la construcción.
- Generación de residuos por las actividades alimenticias del personal: cualquiera que sea la forma en que los trabajadores atienden sus necesidades de alimentación, se genera una importante cantidad de residuos, muchos de ellos de difícil degradación y por lo tanto un factor de riesgo para la fauna del lugar.
- Riesgo a la fauna silvestre por maltrato de los trabajadores: si no se cuenta con las medidas de protección y control para la fauna, la interacción entre los trabajadores y la fauna silvestre en muchas ocasiones resulta en daños ocasionados por parte de los primeros, ya sea por desconocimiento o bien con plena intensión del acto (como la cacería furtiva con fines de beneficio económico o simplemente por diversión).

d) **Desmonte de la zona afectada por la construcción del proyecto:** antes de iniciar las excavaciones para el tendido de la tubería, será necesario eliminar la capa vegetal del suelo. Esta actividad se podrá realizar con maquinaria pesada o a mano. No obstante, en función de la forma y el cuidado con el que esta actividad se realice, resultará en una serie de impactos al medio natural. A continuación se presentan una relación de estos:

- Remoción de la capa biológica del suelo: a menos que se tomen las medidas procedentes, al realizar la actividad de desmonte para proceder con la construcción del Proyecto, se perderá la capa orgánica que se constituye en la superficie, por lo que al concluir el tendido y nivelar nuevamente el terreno en la parte donde se instalará la tubería, no se contará con la capa de suelo que pueda sustentar nuevamente el desarrollo de la flora, ocasionando además una fragmentación del hábitat.
- Exposición del suelo a riesgos por erosión hídrica y eólica: si en la zona afectada por las actividades en el tendido de la tubería, no se restituye una capa orgánica estructurada, se tendrá el suelo expuesto a efectos de la erosión con todos los impactos que esto conlleva.

- Perdida de organismos vegetales: si durante las actividades de desmonte no se realizan actividades orientadas a rescatar y proteger a la flora, se tendrá una pérdida significativa de organismos, cuyo impacto pondrá en riesgo la integridad ambiental del medio natural.
- Riesgo para la fauna y sus madrigueras: si durante las actividades de desmonte no se realizan acciones orientadas a rescatar y proteger a la fauna natural, se afectará un número importante de organismos, así como madrigueras y nidos, constituyendo esto una afectación significativa al medio natural.

e) **Realización de excavaciones, cortes y nivelaciones para la introducción del acueducto, así como el movimiento de materiales**: la construcción del acueducto y la presa implicará la realización extensiva de excavaciones, cortes y nivelaciones. La realización de estas acciones conlleva el riesgo de impactar las características y funciones del suelo y las formas del relieve. A continuación se describen estos impactos:

- Explotación de bancos de material: refiriéndose en esta manera al conjunto de impactos ambientales que la explotación de un banco de material puede llegar a producir.
- Aprovechamiento de zonas como sitios de tiro: en un sitio de tiro, se pueden presentar diversos impactos a la flora, fauna, al comportamiento hidrológico y en general a los servicios ambientales relacionados con mecanismos geológicos y edafológicos. En este sentido, resulta imperante realizar un análisis detallado de todos los posibles impactos relacionados con esta actividad, con el objetivo de mitigar los riesgos en la medida de lo posible y hacer un buen uso del material.
- Transporte de materiales entre bancos, construcción y zonas de tiro: un impacto significativo que normalmente producen las obras, que implican el movimiento de grandes volúmenes de materiales terrígenos, es la emisión de polvo durante las actividades de transporte de materiales entre los bancos de materiales, las zonas de la construcción y los sitios de tiro.
- Exposición del suelo a riesgos por erosión hidráulica y eólica: la realización de acciones extensivas de movimientos de tierra puede resultar en una condición temporal o permanente de riesgo en la estabilidad del suelo y la salud humana. Este factor se agrava si durante la realización de la construcción se presentan avenidas de agua significativas, o bien, si se concluye la construcción y no se implementan las medidas para evitar dejar el suelo expuesto.
- Alteración de las características naturales de la estratigrafía: durante las actividades de relleno de excavaciones, será muy probable que la estratigrafía natural del terreno no sea reproducida. La estratigrafía desempeña servicios ambientales importantes al definir los patrones del comportamiento hídrico o simplemente la función del suelo como sistema de soporte y regulación. En estos casos, alterar las características de la estratigrafía natural del suelo resulta en su degradación.

f) **Actividades de la construcción en general:** en general, la realización de toda obra da por resultado los siguientes impactos:

- Generación de residuos de la construcción: durante cualquier obra, además de los residuos generados por la maquinaria, los servicios sanitarios y alimenticios de los trabajadores, se generan otros residuos derivados de las siguientes actividades: residuos derivados del uso de materiales de construcción (material de empaque o las mermas y residuos del mismo material), residuos generados del mantenimiento de maquinaria y herramienta (material de empaque, partes reemplazadas, folletos y literatura asociada), residuos biológicos derivados de las actividades de desmonte y residuos de oficina.

g) **Cambio de uso de suelo:** el cambio del medio natural a uno con fines antrópicos, generalmente resulta en los siguientes impactos:

- Pérdida de las características naturales del medio: pérdida de su capacidad como hábitat natural, alteración de las funciones del ciclo hidrológico, pérdida de la capacidad de amortiguamiento para enfrentar fenómenos físicos y/o externos. Estos eventos se traducen en ambientes más vulnerables para sufrir cualquier tipo de degradación, pérdida de las cualidades estéticas y culturales del paisaje y fragmentación del hábitat en la zona que limita la conectividad de las funciones ecosistémicas.
- Pérdida del hábitat natural: cuando se alteran o pierden superficies de hábitat natural, las especies de organismos de fauna y flora que habitan el sitio pierden su espacio. En el caso de los animales, estos pueden o no encontrar un nuevo espacio para su desarrollo, pero bajo cualquier situación, se origina un impacto, ya que se activa un mecanismo de mayor competencia entre las especies por la lucha del espacio y esto inevitablemente implica pérdida de organismos y de su material genético.
- Pérdida de organismos del medio natural: la pérdida de la biodiversidad, como servicio o como característica del medio se traduce en desequilibrio para la subsistencia de la vida, ya que los servicios que brinda un espacio dependen también de las funciones e interacciones entre especies que en conjunto habilitan un sistema. La pérdida de la biodiversidad equivale, en términos técnicos, a sistemas más vulnerables a sufrir degradación.
- Pérdida de la función hidrológica: un predio puede realizar diferentes funciones hidrológicas, como captación, recarga, retención, transporte y acumulación de agua. Todas estas funciones no solo repercuten a nivel local, ya que al ser parte de un sistema, también impactan a nivel regional.

Medidas de mitigación

1.956 Es importante que durante el desarrollo de las etapas del proyecto se implementen las medidas de mitigación aplicables a cada una de las actividades en obra; estas medidas deberán ser preferentemente de carácter preventivo a fin de evitar en la medida de lo posible la generación de los impactos descritos anteriormente o bien, algunos otros impactos adicionales a los considerados en el presente escrito.

Medidas de mitigación a implementarse por impacto ambiental identificado

Actividades que pueden generar impactos adversos	Medida de mitigación a implementar
Uso de maquinaria pesada para operaciones de construcción	
Producción de ruido	Toda la maquinaria deberá contar con un programa de mantenimiento preventivo a fin de prevenir una generación elevada de ruido derivado de la falta de mantenimiento. Aunado a lo anterior, los trabajos de construcción del Proyecto deberán llevarse a cabo en horario diurno, principalmente en las zonas cercanas a asentamientos humanos. De igual manera, deberá prohibirse que la maquinaria empleada en el Proyecto transite por áreas externas a las autorizadas para el mismo, para evitar el ahuyentamiento de la fauna que reside en dichas zonas.
Contaminación atmosférica	Toda la maquinaria deberá contar con un programa de mantenimiento preventivo, así como los implementos necesarios (de acuerdo con el tipo de maquinaria) para reducir al máximo la emisión de contaminantes atmosféricos.
Contaminación del suelo por derrame de combustible	Deberá quedar prohibido verter al suelo sustancias contaminantes como pueden ser los residuos generados por el mantenimiento de maquinaria que deba realizarse in situ en el área de obra. Para ello, se deberán tomar medidas preventivas como es cubrir el suelo con una lona de material impermeable y con algún material absorbente encima como puede ser aserrín, a modo de que, en caso de existir algún derrame este quede contenido en el material absorbente y pueda ser retirado fácilmente para disponerlo de acuerdo con lo que se estipula en la normatividad correspondiente.
Emisión de polvo a la atmósfera	Deberá realizarse riego diario en las zonas de acceso a las áreas de trabajo durante la construcción, con el objetivo de prevenir la generación de polvos con el paso de la maquinaria y vehículos

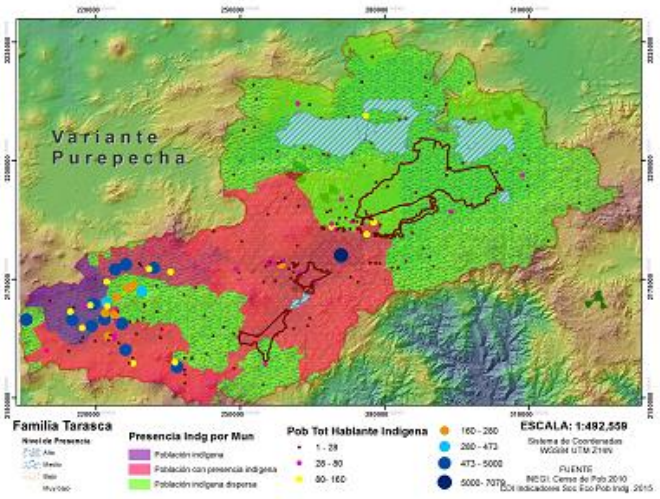
Actividades que pueden generar impactos adversos	Medida de mitigación a implementar
Contaminación del suelo por derrame de combustible	Deberá quedar prohibido verter al suelo sustancias contaminantes como pueden ser los residuos generados por el mantenimiento de maquinaria que deba realizarse in situ en el área de obra. Para ello, se deberán tomar medidas preventivas como es cubrir el suelo con una lona de material impermeable y con algún material absorbente encima como puede ser aserrín, a modo de que, en caso de existir algún derrame este quede contenido en el material absorbente y pueda ser retirado fácilmente para disponerlo de acuerdo con lo que se estipula en la normatividad correspondiente.
Emisión de polvo a la atmósfera	Deberá realizarse riego diario en las zonas de acceso a las áreas de trabajo durante la construcción, con el objetivo de prevenir la generación de polvos con el paso de la maquinaria y vehículos
Contratación de personal	
Generación de residuos por las necesidades sanitarias del personal	Se deberá contratar servicio de sanitarios portátiles tipo Sanirent para uso de los trabajadores de la obra a modo de un sanitario por cada 20 trabajadores o bien un sanitario por cada frente de trabajo, tomando en cuenta la distancia que exista entre cada frente de trabajo
Generación de residuos por las actividades alimenticias del personal	Todos los RSU que se generen durante la construcción de la obra deberán separarse de acuerdo con su tipo en RSU orgánicos e inorgánicos para posteriormente disponerse en el relleno sanitario autorizado más próximo, contando para ello con un permiso emitido por la empresa o el ayuntamiento a cargo de su manejo.
Riesgo a la fauna silvestre por maltrato de los trabajadores	Se deberán impartir pláticas de concientización y cuidado del medio ambiente a todo el personal que labore en la obra, haciendo énfasis en la importancia y protección a la fauna y flora presente en la región
Desmonte de la zona afectada por el trazo del acueducto y de los caminos de acceso para la construcción	
Remoción de la capa biológica del suelo	La capa orgánica que será retirada como producto de la construcción del Proyecto, se deberá disponer en un sitio carente de vegetación silvestre, delimitando y señalizando la zona debidamente. Este suelo posteriormente será empleado en las tareas de reforestación y/o revegetación que deberán llevarse a cabo como parte de la compensación al medio ambiente por el empleo de una zona con vegetación natural para la instalación del Proyecto.
Exposición del suelo despalmado a riesgo por erosión hidráulica y eólica	La zona afectada por las actividades del proyecto como es el tendido de la tubería de distribución del recurso hídrico deberá restituirse con la colocación de una capa de suelo orgánico
Pérdida de organismos vegetales	Al iniciar la etapa de construcción, previo a las actividades de desmonte deberá llevarse a cabo el rescate de flora presente en las áreas a afectar, con la finalidad de reubicar a los ejemplares en áreas con similares condiciones ambientales al área de donde están siendo retiradas. Para ello, deberá elaborarse e implementar un Programa de Protección de Flora, donde se refieran las especies que serán objetivo del rescate y reubicación, de acuerdo con el inventario de especies de flora incluido en la Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto
Riesgo para la fauna y sus madrigueras	Al igual que lo especificado en el inciso anterior, al iniciar la etapa de construcción, previo a las actividades de desmonte deberá llevarse a cabo el rescate de fauna presente en las áreas a afectar, con la finalidad de reubicar a los ejemplares en áreas con similares condiciones ambiental al área de donde están siendo retiradas. Para ello, deberá elaborarse e implementar un Programa de Protección de Fauna, donde se refieran las especies que serán objetivo del rescate y reubicación, de acuerdo con el inventario de especies de fauna incluido en la Manifestación de Impacto Ambiental del Proyecto
Realización de excavaciones, cortes y nivelaciones para la introducción de tubería, así como el movimiento de materiales	
Explotación de bancos de material	Todos los bancos de material de donde provengan los insumos para el proyecto deberán contar con los permisos correspondientes de explotación otorgados por la autoridad correspondiente

Actividades que pueden generar impactos adversos	Medida de mitigación a implementar
Aprovechamiento de zonas como sitios de tiro	Al igual que con los bancos de material, todo terreno que se quiera emplear como sitio de tiro de materiales provenientes del proyecto, deberá contar con los permisos correspondientes otorgado por la autoridad correspondiente, especificando el tipo de residuos que pueden disponerse en dicho predio y para el cual se adjudicó la autorización
Transporte de materiales entre bancos, construcción y zonas de tiro	Durante el traslado de materiales hacia las zonas de la obra o bien de la obra hacia los bancos de tiro, los camiones que transportarán estos materiales deberán ir cubiertos con lonas a fin de evitar la dispersión de polvos, e incluso evitando la caída de material que pudiera generar un accidente automovilístico
Exposición del suelo a riesgo por erosión hidráulica y eólica	Estará prohibido que el área de afectación del Proyecto se extienda más allá de la superficie necesaria para llevar a cabo los trabajos de construcción y operación del mismo
Alteración de las características naturales de la estratigrafía	Durante los trabajos de construcción del Proyecto, no se deberá afectar una superficie mayor a la autorizada en el resolutivo de impacto ambiental
Actividades de la construcción en general	
Generación de residuos de la construcción	Todos los residuos generados por la obra deberán disponerse correctamente de acuerdo con la clasificación general de residuos sólidos urbanos, residuos de manejo especial, residuos peligrosos y residuos sanitarios. El manejo y disposición de estos residuos dependerá del tipo de residuo de que se trate, debiéndose contar en los frentes de obra con los contenedores y/o almacenes temporales correspondientes para cada tipo de residuo
Cambio de uso de suelo	
Pérdida de las características naturales del medio	Estará prohibido afectar una superficie mayor a la autorizada para el Proyecto, debiéndose restaurar lo más cercano posible a sus condiciones originales las áreas de afectación temporal cómo será la franja donde se instalará la tubería de conducción. Esta restauración se realizará una vez concluidas las actividades de construcción de la obra. Para ello se deberá implementar un Programa de Restauración de la zona
Pérdida del hábitat natural	
Pérdida de organismos del hábitat natural	
Pérdida de la función hidrológica	

Pueblos indígenas

1.957 En la zona de estudio, el idioma que representa a las comunidades es la variante Purepecha de la familia Tarasca. En la siguiente figura se observa que los municipios presentes en el área de emisión de la cuenca, cuentan con una población indígena dispersa. Mientras que en la zona media y parte de la cabecera donde se localiza la Presa Cointzio, se tiene presencia de población indígena de menos de 5,000 hablantes. En este caso habrá que considerar la posibilidad de solicitar una audiencia con la población, si se pretenden realizar modificaciones en esta zona.

Población Indígena



Fuente. INEGI

Conclusiones

1.958 Durante la elaboración del presente análisis, no se contó con la ubicación precisa del paso del acueducto, por esta razón, todos los cálculos se basan considerando un trazo general y aproximado del área del proyecto. En este sentido, el Proyecto aparentemente se ubica en zonas donde no hay restricciones para este tipo de obras en términos jurídico ambientales; no obstante, dada la presencia muy cercana con áreas de restricción por su carácter de ANP, se deberá tomar en consideración evitar cruzar por estos sitios y así evitar complicaciones al Proyecto.

1.959 A nivel regional, el Proyecto se vincula con ANP e iniciativas auspiciadas por instituciones tanto gubernamentales como no gubernamentales, nacionales e internacionales en materia ambiental, así como sitios de relevancia en la provisión de SE que pueden ser un campo de oportunidad para mejorar la calidad y cantidad de producción de los cultivos y los cuerpos de agua.

1.960 En esta región las afectaciones por el Cambio Climático no parecen mostrar grandes cambios en el régimen térmico del suelo en el corto y largo plazo. No obstante, existe un fuerte aumento de temperatura que pone en riesgo la desecación de los cuerpos de agua, por lo tanto es necesario tomar medidas como las recomendadas, para que minimicen los impactos que se prevén.

1.961 Se recomienda realizar un estudio detallado del suelo para una mejor planificación de los tratamientos a utilizar en la producción con el fin de favorecer e incrementar la calidad de los cultivos, sobre todo si se considera que estos suelos han estado expuestos por muchos años al tratamiento por aguas residuales

1.962 En general, el Proyecto Atapaneo reducirá la demanda de agua potable destinada a los cultivos y con ello, se previene el abatimiento del área ocasionada por la sobreexplotación de los pozos; aumentará la disponibilidad de agua para consumo humano y a los ecosistemas; regulará la contaminación de agua evitando que se extienda hacia otros cuerpos de agua; mejorará la calidad de los cuerpos de agua existentes y brindará la posibilidad de proveer de cultivos para consumo humano al mejorar la calidad del agua de riego.

1.963 El sitio correspondiente a las áreas de cultivo del Proyecto, cuenta con una población indígena dispersa, mientras que en la zona de cabecera y en la parte la media de la cuenca donde se localiza la Presa Cointzio, se tiene presencia de población indígena de menos de 5,000 hablantes. En este caso, habrá que considerar que además de obtener las autorizaciones correspondientes en materia de impacto ambiental, el Proyecto posiblemente requiera someterse a un procedimiento de Consulta Indígena, al amparo del Convenio 169 de la OIT.