

CLIMAGUA

Adaptación de población vulnerable al estrés hídrico producido por el Cambio Climático en la zona del Comahue - Argentina



Fundación Bariloche



Universidad Nacional del
Comahue



Centro de Investigaciones
del Mar y la Atmósfera -
CONICET/UBA



CENEHA
Centro de Estudios
Hidroambientales –
Universidad Nacional del
Litoral



Stockholm Environment
Institute

R – Diagnóstico de Vulnerabilidad Comahue
Integrado | Octubre 2016



Grant 107097-001

Contenido

1. Introducción	3
2. Escenarios.....	3
3. Medidas de desempeño.....	4
4. Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad del sistema hídrico.....	5
5. Metodología para la visualización de resultados	6
6. Análisis general de la frecuencia y profundidad de falla del sistema hídrico	8
6.1. Frecuencia y profundidad de falla asociada a los caudales en puntos críticos del sistema hídrico	8
6.2. Frecuencia y profundidad de falla de las áreas de riego.....	12
6.3. Frecuencia y profundidad de falla de los canales de riego	16
6.4. Frecuencia y profundidad de falla de los centros urbanos	17
6.5. Frecuencia y profundidad de falla de los embalses	19
6.6. Frecuencia y profundidad de falla de la generación hidroeléctrica.....	22
6.7. Frecuencia y profundidad de falla general del sistema	23
7. Análisis de Frecuencia y Profundidad de falla por medida de desempeño	27
7.1. Frecuencia y Profundidad de falla de la cota del embalse Mari Menuco.....	27
7.2. Frecuencia y Profundidad de falla del caudal del Río Neuquén entre Portezuelo Grande y El Chañar	31
7.3. Frecuencia y Profundidad de falla del caudal del Río Neuquén en Dique Ballester ...	37
7.4. Frecuencia y Profundidad de falla del caudal del Río Neuquén entre dique Ballester y Confluencia.....	42
7.5. Frecuencia y Profundidad de falla del caudal del Río Negro en la Confluencia.....	48
7.6. Frecuencia y Profundidad de falla del caudal del Río Limay a la salida de Arroyito ...	52
7.7. Frecuencia y Profundidad de falla del caudal del Río Negro en la bocatoma del Canal Margen Norte de Valle Medio	56
7.8. Frecuencia y Profundidad de falla del caudal del Río Negro en la bocatoma del Canal Matriz de Valle Medio	62
7.9. Frecuencia y Profundidad de falla del caudal del Río Negro en la desembocadura...	66
7.10. Frecuencia y Profundidad de falla del canal Principal de riego Alto Valle	71
7.11. Frecuencia y Profundidad de falla del canal Centenario.....	74
7.12. Frecuencia y Profundidad de falla del canal Arroyito	75
7.13. Frecuencia y Profundidad de falla del canal Margen Norte de Valle Medio	76
7.14. Frecuencia y Profundidad de falla del canal Matriz de Valle Medio	78

7.15.	Frecuencia y Profundidad de falla del canal Conesa.....	79
7.16.	Frecuencia y Profundidad de falla del canal Valle Inferior.....	81
7.17.	Frecuencia y Profundidad de falla del embalse de Piedra del Águila	82
7.18.	Frecuencia y Profundidad de falla del embalse de El Chocón.....	84
7.19.	Frecuencia y Profundidad de falla del embalse de Cerros Colorados.....	87
7.20.	Frecuencia y Profundidad de falla del embalse de Chihuido I	91
7.21.	Frecuencia y Profundidad de falla de la Generación Hidroeléctrica.....	93
8.	Problemas identificados.....	95
9.	Lineamientos estratégicos	100
Anexo 1.	Esquemas del modelo WEAP de las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro ...	107
Anexo 2.	Hidrogramas.....	112
Anexo 4.	Modificación del caudal en el Cauce del Río Neuquén en función del escenario (Base vs. Riego eficiente).	118

1. Introducción

El presente trabajo evalúa la vulnerabilidad del sistema hídrico conformado por las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro para el periodo 2010-2050. Dicha evaluación fue realizada en forma decádica en base a los resultados de la modelación de este sistema efectuados con el software WEAP¹. La modelación toma en cuenta diversas incertidumbres que se presentan hacia el futuro (e.g. el clima y la evolución de la superficie bajo riego), y posibles alternativas de intervención (e.g. las centrales hidroeléctricas a construir, y las medidas de eficiencia hídrica que podrían ser adoptadas).

El análisis de vulnerabilidad es el punto de partida para realizar un diagnóstico de la cuenca y para identificar los problemas que son considerados prioritarios por los actores encargados de la gestión de los recursos hídricos. Dicho diagnóstico a su vez sirve de base para la formulación de lineamientos estratégicos, instrumentos y acciones que permitan a los organismos de gestión intervenir sobre la cuenca basándose en información que posee un fundamento científico y que puede ser mejorada y actualizada en la medida que vaya mejorando el conocimiento sobre el sistema hídrico real.

El análisis presentado en este documento debe considerarse como un primer ejercicio y una propuesta tentativa que realiza el equipo de trabajo del proyecto, y también como una demostración de la potencialidad de esta metodología y de las herramientas de modelación para contribuir al proceso de planificación del uso del recurso hídrico. Ello implica que los organismos de gestión a quienes se transfieran estos conocimientos podrán modificar las hipótesis adoptadas y el tipo de escenarios considerados en función de sus intereses específicos y de la evolución del conocimiento sobre la cuenca.

En este mismo sentido, se debe aclarar que todas las conclusiones de este estudio son válidas dentro de determinado rango de incertidumbre y en el contexto de las hipótesis adoptadas. La modificación de estas hipótesis deberá dar lugar a un nuevo análisis de los correspondientes impactos. Como ejemplo, se puede indicar que si la evolución de la superficie irrigada fuera superior a la plasmada en el escenario de expansión potencial aquí presentado, se deberá recalcular el grado de cobertura de los requerimientos de las áreas de riego y el momento en el cual se alcanza la capacidad máxima de los canales asociados.

2. Escenarios

Diversas variables explicativas que podrían modificar significativamente los resultados de la modelación fueron consideradas mediante la definición de escenarios, los cuales reflejan tanto incertidumbres como alternativas de intervención. En la Tabla 2.1 se listan las características de los escenarios considerados, cuya combinación da como resultado un total de 280 escenarios futuros que fueron analizados en el estudio de vulnerabilidad.

¹ Water Evaluation and Planning System, Stockholm Environment Institute

Tabla 2.1 Escenarios climáticos, alternativas de intervención e incertidumbres definidas en el modelo hídrico Comahue.

Tipo de variable (número de escenarios)	Escenarios
Alternativas de intervención (10)	<ul style="list-style-type: none"> • Base (Evolución tendencial de las variables explicativas del sistema; e.g. población, superficie irrigada) • Reducción de Pérdidas en Conducción Agrícola • Incremento de la eficiencia en Riego Agrícola • Uso Racional de Agua en Ciudades (reducción progresiva de la demanda de agua) • Cambio de la Norma de Operación de Embalse (Piedra del Águila) • Centrales de Alta Factibilidad (Entrada de Chihuido I 2020, Michihuao 2027, Pantanitos 2035) • Centrales de Alta y Baja Factibilidad (Entrada adicional de Collón Cura 2030, La Invernada 2027, Pini Mahuida 2027, Cerro Rayoso 2027, Huitrin 2027, Chihuido II 2027, Integral Río Negro 2035) • Canal Guardia Mitre Patagones (entrada en operación año 2025, máxima desviación 50m³/s) • Canal Chelforo Río Colorado (entrada en operación año 2025, máxima desviación 50m³/s) • Combinada (Eficiencia conducción agrícola + Eficiencia riego agrícola + Uso racional de agua en ciudades + Cambio norma de operación + Centrales de alta y baja factibilidad+ Canal Guardia Mitre-Patagones)
Incertidumbre climática (7)	<ul style="list-style-type: none"> • Ciclo histórico • GFDL 4.5 • GFDL 8.5 • MIROC 4.5 • MIROC 8.5 • ESM2 4.5 • ESM2 8.5
Incertidumbres no climáticas (4)	<ul style="list-style-type: none"> • Superficie agrícola bajo riego (Escenario de Referencia y Escenario Potencial, Anexo 3) • Tipo de cultivos (Escenario Tradicional y Escenario Alta rentabilidad)

Fuente: elaboración propia

Se considera importante aclarar que la elección última de los escenarios a considerar fue responsabilidad del equipo de trabajo del proyecto. En el caso específico del cambio de la norma de operación del embalse Piedra del Águila cabe mencionar que esta política no es compatible con las condiciones de diseño y actuales normas de operación.

3. Medidas de desempeño

Las **medidas de desempeño** son las variables que se evalúan para determinar cuán vulnerable es el comportamiento del sistema hídrico frente a los diversos escenarios considerados (alternativas de intervención, incertidumbres climáticas, incertidumbres no climáticas).

La Tabla 3.1 presenta las principales medidas de desempeño utilizadas para evaluar el sistema hídrico Comahue en diferentes puntos del mismo y desde diversos puntos de vista. Para cada medida de desempeño se define un **umbral de falla** en base al cual se determina si se está ante una condición de falla y en caso afirmativo cuál es su magnitud.

En el Anexo 1 se presentan los esquemas correspondientes al modelo WEAP de las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro. Allí se pueden observar todos los puntos de demanda modelados.

Tabla 3.1 Medidas de desempeño y umbrales de falla definidos para el sistema hídrico Comahue

Grupo	Medida de desempeño	Umbral de falla	Afecta a
(1) Caudales en ríos	Caudal río Neuquén antes de Portezuelo Grande	100 m ³ /s (mínimo)	Canal Microregión Añelo
	Caudal río Neuquén antes de la toma superior de San Patricio del Chañar	7 m ³ /s (mínimo)	Abastecimiento AR San Patricio del Chañar y caudal ecológico
	Caudal río Neuquén antes de dique Ballester	115 m ³ /s (mínimo)	Abastecimiento riego Canal Principal y tomas Neuquén inferior
	Caudal río Neuquén después de Dique Ballester	30-35 m ³ /s (mínimo), 600 m ³ /s (máximo)	Tomas sobre río Neuquén inferior
	Caudal río Negro en Confluencia	400 m ³ /s (mínimo)	Abastecimiento demandas Alto Valle, Valle Medio y Valle Inferior
	Caudal río Limay a la salida de embalse Arroyito	280-300 m ³ /s (mínimo verano), 180 m ³ /s (mínimo invierno)	Toma canal Arroyito
	Caudal río Negro antes de la toma para el canal Margen Norte	450/500 m ³ /s (mínimo)	Toma Canal Principal Margen Norte
	Caudal río Negro antes de la bocatomía Beltran	300 m ³ /s (mínimo)	Toma Canal Principal Choele Choele
	Caudal río Negro antes de la bocatomía IDEVI	300 m ³ /s (mínimo)	
Caudal río Negro en la desembocadura	250 m ³ /s (mínimo)	Condiciones ecológicas en el estuario del río Negro	
(2) Coberturas	Coberturas agrícolas	85% (mínimo)	Abastecimiento a todas las áreas de riego
	Coberturas urbanas	100%	Abastecimiento a todos los centros urbanos
(3) Capacidad de Canales de riego	Caudal máximo en canal Principal Alto Valle	80 m ³ /s (máximo)	Abastecimiento áreas de riego de Alto Valle
	Caudal máximo en canal Centenario	7 m ³ /s (máximo)	Abastecimiento área de riego Vista Alegre y Centenario
	Caudal máximo en canal Arroyito	15 m ³ /s (máximo)	Abastecimiento área de riego Arroyito
	Caudal máximo en canal Margen Norte Valle Medio	6 m ³ /s (máximo)	Abastecimiento áreas de riego Margen Norte Valle Medio
	Caudal máximo en canal Gran Matriz (Valle Medio)	90 m ³ /s (máximo)	Abastecimiento áreas de riego Choele Choele y Margen Sur Valle Medio
	Caudal máximo en canal Conesa	28 m ³ /s (máximo)	Abastecimiento área de riego Anchorena
	Caudal máximo en canal Valle Inferior	39 m ³ /s (máximo)	Abastecimiento áreas de riego Valle Inferior
(4) Embalses	Nivel de Mari Menuco	Cota 411,5 en Mari Menuco (mínimo)	Sistema de riego Canal Principal de Alto Valle y captación de agua para CU Neuquén
	Volumen en Piedra del Águila	7,739.9 hm ³ (Top of Buffer)	Operación normal Piedra del Águila
	Volumen en Chocón	13,000 hm ³ (Top of Buffer, valor medio)	Operación normal Chocón
	Volumen en Cerros Colorados	38,000 hm ³ (Top of Buffer, valor medio)	Operación normal Cerros Colorados
	Volumen en Chihuido I	10,504.83 hm ³ (Top of Buffer)	Operación normal Chihuido I
(5) Generación	Generación anual de energía	13,900 GWh (generación anual promedio 2000-2010 Alicura, Piedra del Águila, El Chocón, Arroyito, Cerros Colorados, Pichi Picún Leufú)	Producción de hidroelectricidad, consumo de otras fuentes energéticas para generación

Fuente: elaboración propia

4. Metodología para la evaluación de la vulnerabilidad del sistema hídrico

La vulnerabilidad del sistema se cuantifica en base a los eventos de falla, los cuales se evalúan mediante las diversas medidas de desempeño. Se considera que se está ante un evento de falla cuando el valor de una medida de desempeño está por debajo (si se refiere a un mínimo) o por encima (si se refiere a un máximo) del umbral de falla. La condición de falla se evalúa en forma mensual a lo largo de determinado periodo de análisis para determinar la **frecuencia de falla (FF)** y la **profundidad de falla (PF)**.

La frecuencia de falla se define como la cantidad de veces que el sistema falla por unidad de tiempo para determinada medida de desempeño:

$$(1) \text{ Frecuencia de falla (FF)} = (\text{Número de eventos de falla en determinado periodo} / \text{Número de meses en el periodo}) * 100$$

Una frecuencia de falla más elevada señala una mayor vulnerabilidad.

Por otra parte, la profundidad de la falla (PF) asociada a un evento de falla se define como:

$$(2) \text{ Profundidad de falla (PF)} = ((\text{Umbral de falla} - \text{valor medida de desempeño}) / \text{Umbral de falla}) * 100$$

Fuera del evento de falla la profundidad de falla adopta por definición un valor igual a 0.

Para un mínimo, la profundidad de falla da una idea de cuánto desciende el valor de una medida de desempeño por debajo del umbral de falla, 100% indica que se alcanza un valor igual a 0 y 0% indica un valor igual o superior al umbral de falla. La profundidad de falla se calcula mes a mes a lo largo de todo el periodo de análisis, incluyendo aquellos meses para los cuales no hay falla. La profundidad de falla calculada para un periodo determinado de meses brinda un promedio de la profundidad de falla de los meses considerados, y por ende también es función de la frecuencia de falla. La profundidad de falla máxima para un periodo de tiempo determinado es el valor máximo alcanzado por este parámetro en dicho periodo.

Combinando ambas dimensiones de los eventos de falla (frecuencia y profundidad) se puede determinar la severidad de la falla, que será una función de la frecuencia y la profundidad de falla promedio en determinado periodo de tiempo:

$$(3) \text{ Severidad de falla} = \text{Función (frecuencia de falla, profundidad de falla promedio)}$$

La frecuencia y la profundidad de falla de cada medida de desempeño se evalúa para todas las combinaciones de escenarios indicadas anteriormente (280 escenarios en total).

Por último, la vulnerabilidad se define en función de tres factores: amenazas, exposición, y resiliencia.

$$(1) \text{ Vulnerabilidad} = f(\text{exposición, amenazas, resiliencia})$$

Donde las amenazas se evalúan a través de la severidad de las fallas en diferentes puntos del sistema hídrico (Tabla 3.1), la exposición se evalúa a través de la magnitud potencial de los usos afectados, y la resiliencia por medio de la capacidad de adaptación de cada actor afectado.

5. Metodología para la visualización de resultados

Para facilitar la interpretación de los resultados en el contexto de múltiples escenarios (280), la vulnerabilidad se muestra en forma gráfica mediante matrices construidas con el software Tableau según una metodología desarrollada por el Stockholm Environment Institute (SEI). Estas matrices presentan en sus columnas las diversas alternativas de intervención o estrategias (Base, Eficiencia, centrales hidroeléctricas de Alta Factibilidad, etc.) y en sus filas las incertidumbres (climas, superficie, etc.). De esta forma, para cada medida de desempeño o

para un conjunto de ellas, una sola matriz es capaz de mostrar visualmente la vulnerabilidad en función de todas las combinaciones de escenarios.

Se presentan por separado matrices para la profundidad de falla (PF) y para la frecuencia de falla (FF). Adicionalmente, se presentan matrices con valores absolutos de frecuencia o profundidad de falla, y matrices con valores relativos a la estrategia Base, que sirven para resaltar el efecto de cada estrategia respecto de la estrategia de Base. Cada celda de una matriz presenta el valor de la frecuencia o de la profundidad de falla de una determinada medida de desempeño por medio de un color. Para las matrices con valores absolutos el color verde oscuro representa una situación sin falla y el rojo oscuro una situación con falla severa. En el caso de las matrices con valores relativos a la estrategia Base los colores se interpretan de la siguiente forma: azul oscuro (mejora significativa), gris (sin cambios), naranja oscuro (empeoramiento significativo).

La valoración de la severidad de falla pondera la profundidad y la frecuencia de falla. Se propone una ponderación que seguirá cualitativamente la clasificación indicada en la Tabla 4.1.

Tabla 4.1. Severidad de falla en función de la frecuencia y la profundidad de falla

Severidad de falla		Profundidad de falla				
		1	2	3	4	5
Frecuencia de falla	1	[Color gradient from light yellow to dark red]				
	2					
	3					
	4					
	5					

	Muy Alta
	Alta
	Media
	Baja
	Muy Baja

Esta valoración da mayor peso a la profundidad de falla que a la frecuencia de falla (una alta frecuencia de falla de baja profundidad señala una situación menos severa que una baja frecuencia de falla pero de elevada profundidad).

6. Análisis general de la frecuencia y profundidad de falla del sistema hídrico

6.1. Frecuencia y profundidad de falla asociada a los caudales en puntos críticos del sistema hídrico

A continuación se presenta la profundidad y frecuencia de falla para el grupo de medidas de desempeño relacionado con los caudales mínimos durante el verano en determinados puntos de los ríos Limay, Neuquén y Negro, tanto en valor absoluto como relativo a la estrategia Base (Grupo 1, Tabla 3.1).

Figura 2.1.1 Profundidad de falla de los caudales en la década 2041-2050, Diciembre-Febrero

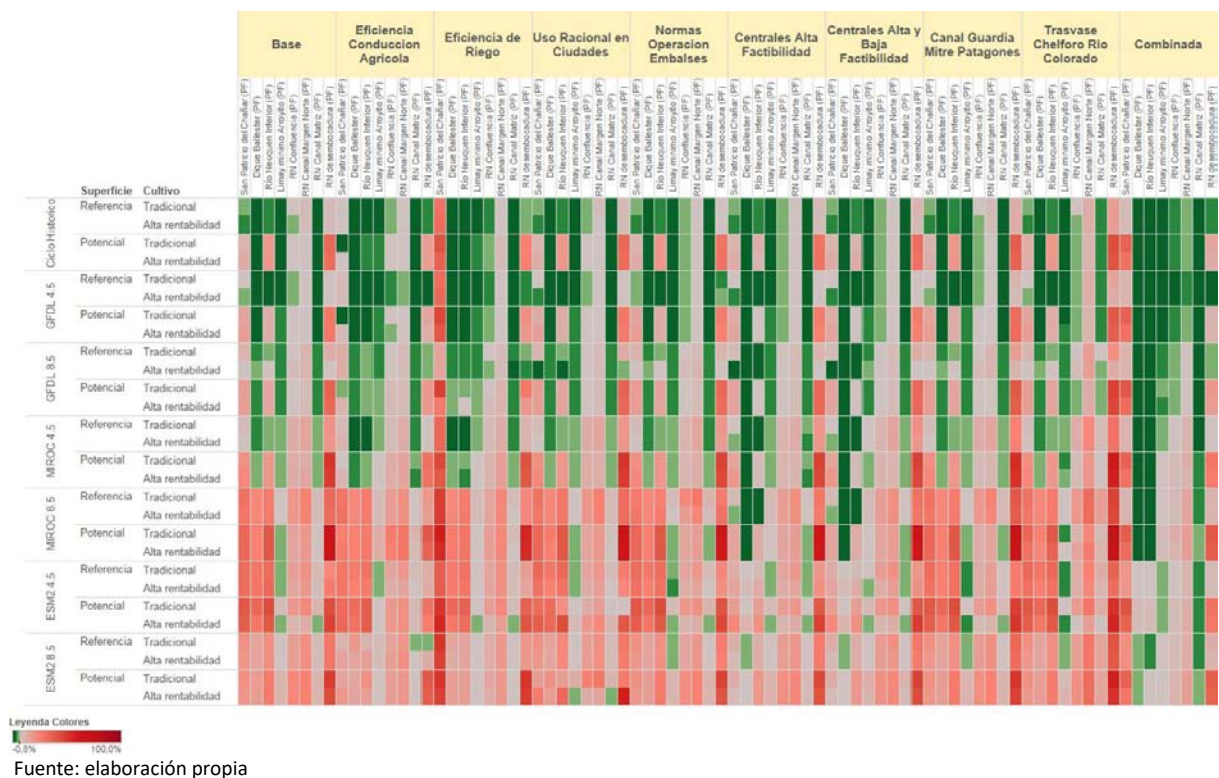
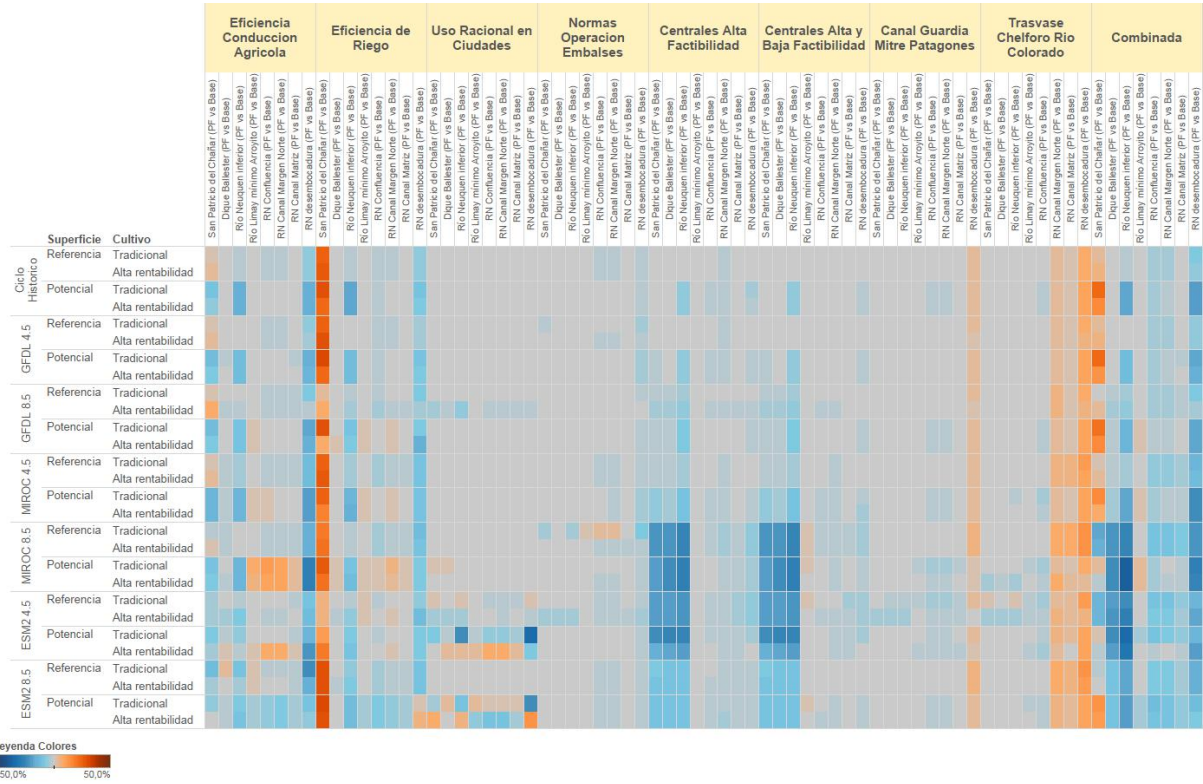


Figura 2.1.2 Profundidad de falla de los caudales en la década 2041-2050 respecto de la estrategia Base, Diciembre-Febrero



Fuente: elaboración propia

Nota: el efecto de la estrategia de eficiencia de riego sobre el área de riego San Patricio del Chañar se discute en el Anexo 4.

Figura 2.1.3 Frecuencia de falla de los caudales en la década 2041-2050, Diciembre-Febrero

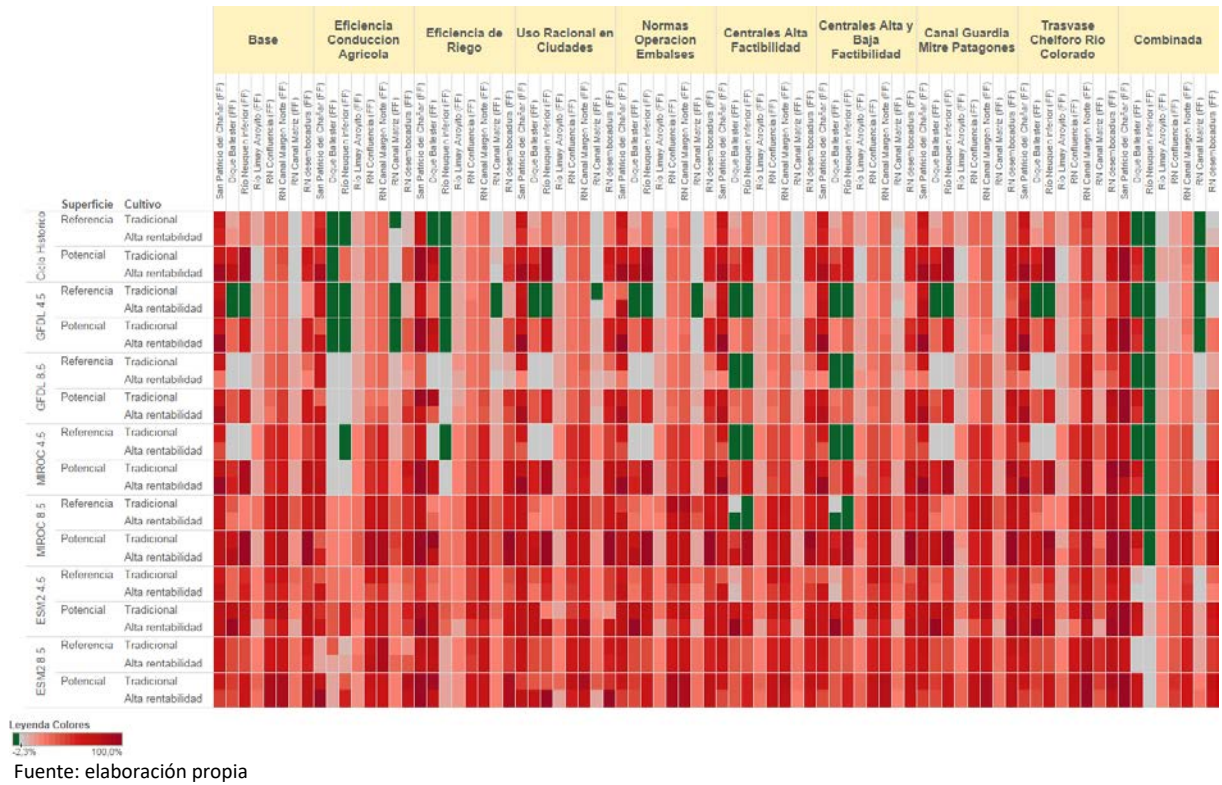
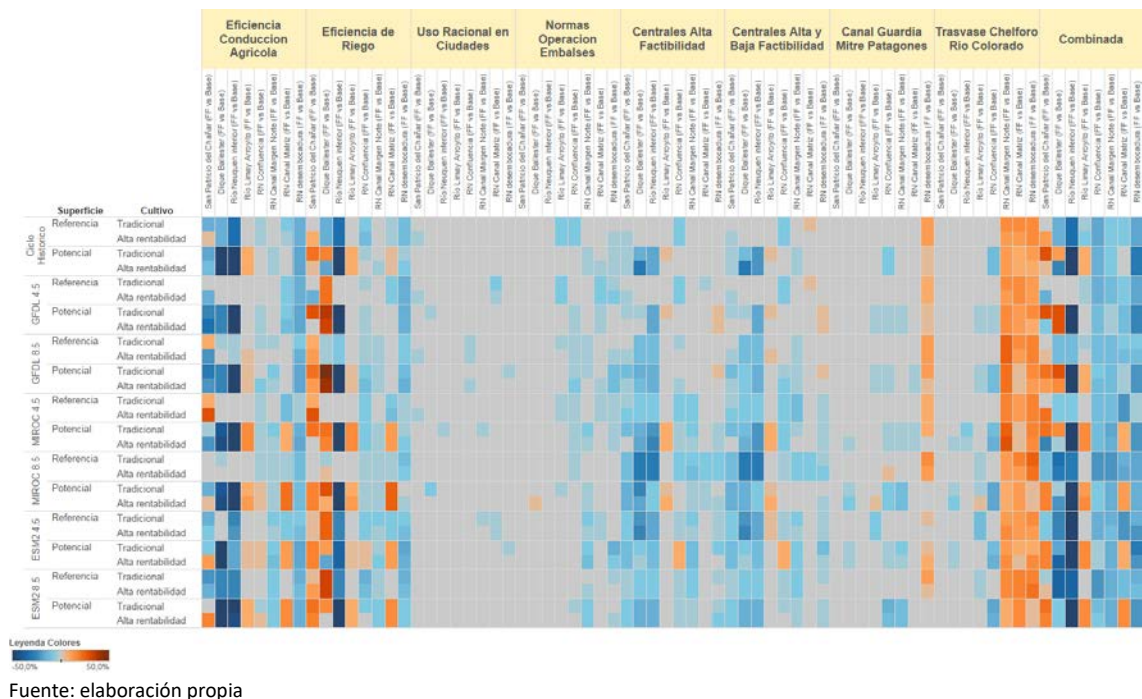


Figura 2.1.4 Frecuencia de falla de los caudales en la década 2041-2050 respecto de la estrategia Base, Diciembre-Febrero



Aspectos salientes, década 2041-2050, diciembre-febrero:

- La profundidad de falla es mayor, aunque muy dependiente del clima (8%-65%), en los puntos (en orden de relevancia): Río Negro desembocadura, Río Negro toma canal Margen Norte y Confluencia de los ríos Limay y Neuquén. La profundidad de falla es también significativa en el Río Neuquén a partir de Portezuelo Grande para los climas más extremos (MIROC 8.5, ESM2 4.5, ESM2 8.5). Los puntos menos afectados son el río Limay a la salida de Arroyito y el río Negro a la altura del Canal Matriz.
- La frecuencia de falla es significativa y más generalizada que la profundidad de falla, incluso para el ciclo de clima histórico, particularmente en el Río Neuquén a la altura de San Patricio del Chañar, en el tramo inferior del Río Neuquén, en la Confluencia, sobre el río Negro a la altura del Canal Margen Norte y en la desembocadura (33%-67%, clima histórico, superficie referencia).
- Los escenarios climáticos tienen una influencia apreciable sobre la profundidad y frecuencia de falla. La profundidad de falla aumenta en forma significativa para 3 de los 7 escenarios climáticos (MIROC 8.5, ESM2 4.5, y ESM2 8.5), llegando a más que duplicar las correspondientes al clima histórico para todas las medidas de desempeño.
- El tipo de cultivo tiene una influencia poco significativa sobre la profundidad de falla. La influencia de la superficie bajo riego en algunos casos es más apreciable, particularmente sobre el caudal del río Negro en la desembocadura.
- La estrategia de trasvase del río Negro al río Colorado incrementa la profundidad y frecuencia de falla en forma moderada en el río Negro en todos los climas respecto de la estrategia de Base, particularmente en la desembocadura (profundidad 4%-14%, frecuencia 0%-23%).
- La estrategia de implementación del Canal Guardia Mitre-Patagones incrementa en forma poco significativa la profundidad de falla en la desembocadura del río Negro (1%-6%) y también la frecuencia de falla (0%-13%).
- La implementación de Centrales de Alta Factibilidad reduce la profundidad de falla en forma apreciable en el río Neuquén (9%-27%) (San Patricio del Chañar, Dique Ballester, y Neuquén Inferior) en los climas MIROC 8.5, ESM2 4.5, ESM2 8.5. La frecuencia de falla se reduce principalmente en dique Ballester y Neuquén inferior, pero en forma variable según el escenario climático. La reducción es más significativa para los escenarios climáticos más moderados y superficie potencial.
- Las estrategias de eficiencia en conducción agrícola y eficiencia en riego reducen la profundidad de falla en forma moderada en la desembocadura del río Negro, y en forma menos marcada sobre el río Neuquén.
- La estrategia de uso racional de agua en ciudades prácticamente no tiene influencia sobre la profundidad y frecuencia de falla.
- La estrategia de norma de operación de embalse tiene una influencia moderada sobre la profundidad y frecuencia de falla en el río Negro a la altura del Canal Margen Norte, y en la desembocadura.

- La estrategia combinada en general se muestra efectiva para reducir tanto la frecuencia como la profundidad de falla de la estrategia base (excepto en San Patricio del Chañar), e incluso el impacto negativo de la estrategia de implementación del Canal Guardia Mitre-Patagones sobre el caudal del río Negro en la desembocadura.

6.2. Frecuencia y profundidad de falla de las áreas de riego

A continuación se presenta la vulnerabilidad de algunas áreas de riego desde el punto de vista de la cobertura de los requerimientos (Grupo 2, Tabla 3.1). Se seleccionaron solamente las áreas de riego que presentan problemas de cobertura en alguno de los escenarios considerados. El área de riego Villa Regina se toma como representativa de lo que sucede con todas las áreas de riego que son abastecidas desde el Canal Principal de Alto Valle.

El umbral de falla para la cobertura de los requerimientos hídricos de las áreas de riego se establece en el 85%. Se adopta este valor debido a la mayor flexibilidad que presenta este uso respecto del uso urbano. Cabe aclarar que para diversas áreas de riego se modelaron dos tomas de agua, una proveniente del canal de riego y otra toma directa desde el río. En estos casos la capacidad del canal de riego no oficia como límite a la expansión del uso agrícola ya que el mismo sigue siendo abastecido por la toma directa desde el río. Por ende, las restricciones a la cobertura de los requerimientos reflejan, en general, restricciones en el recurso hídrico de base. La excepción está dada por las áreas de riego del Alto Valle, que están vinculadas únicamente al canal Principal de riego. La necesidad de expansión de la infraestructura de abastecimiento se detecta a través de la comparación del caudal máximo que circula por el canal de riego con la capacidad del mismo (ver Sección 6.3).

Entre las áreas que podrían enfrentar problemas de cobertura podemos mencionar a: Añelo, Microrregión Añelo-Sauzal Bonito, San Patricio del Chañar, Tratalén, Los Barreales, y en los climas más agresivos se suman Campo Grande, Vista Alegre, y Villa Regina.

Estas áreas en general presentan una mayor vulnerabilidad en los escenarios climáticos MIROC 8.5, ESM2 4.5, y ESM2 8.5. Las áreas más afectadas en los climas más moderados corresponden a las ubicadas sobre el río Neuquén, y las fallas se producen casi exclusivamente en el escenario de superficie potencial.

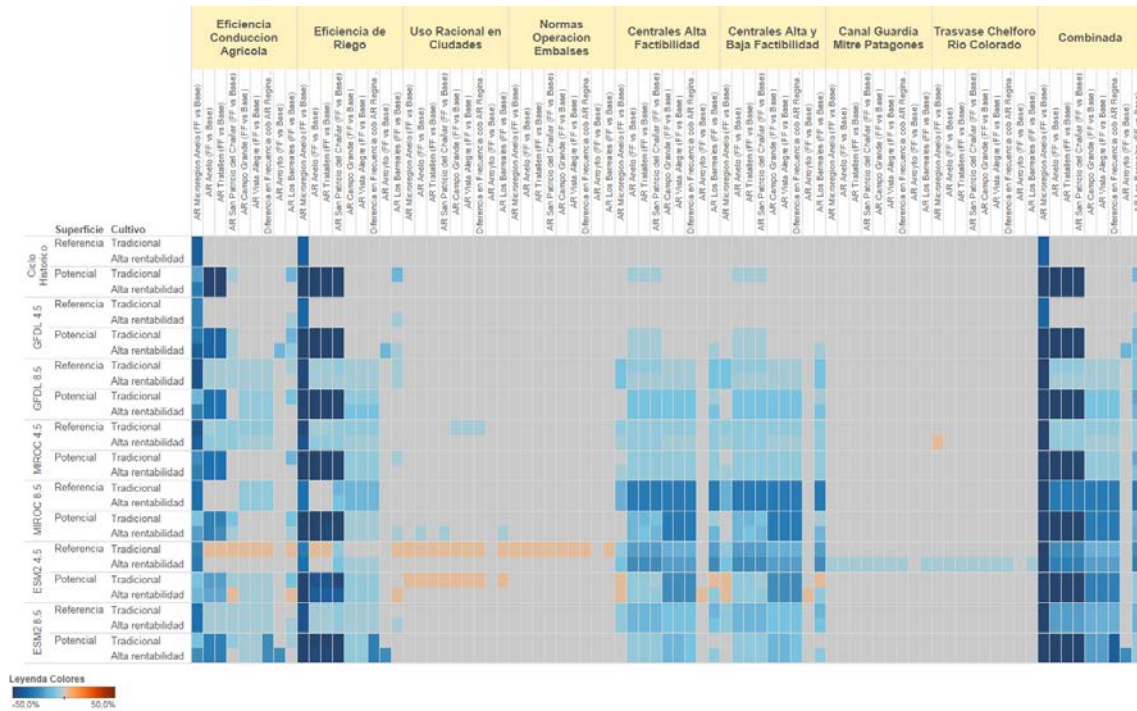
Las estrategias de eficiencia en conducción agrícola y eficiencia en riego reducen la frecuencia y profundidad de falla en algunos escenarios de superficie potencial, principalmente para las áreas vinculadas al río Neuquén. Lo mismo sucede con la estrategia centrales de alta factibilidad para todas las áreas de riego excepto Arroyito, extendiéndose el efecto en algunos climas al escenario de superficie de referencia. La estrategia combinada es la que presenta las mayores reducciones en la frecuencia y profundidad de falla.

Figura 2.2.1 Profundidad de falla de la cobertura en áreas de riego en la década 2041-2050, Diciembre-Febrero



Figura 2.2.2 Profundidad de falla de la cobertura en áreas de riego en la década 2041-2050 respecto de la estrategia Base, Diciembre-Febrero





Fuente: elaboración propia

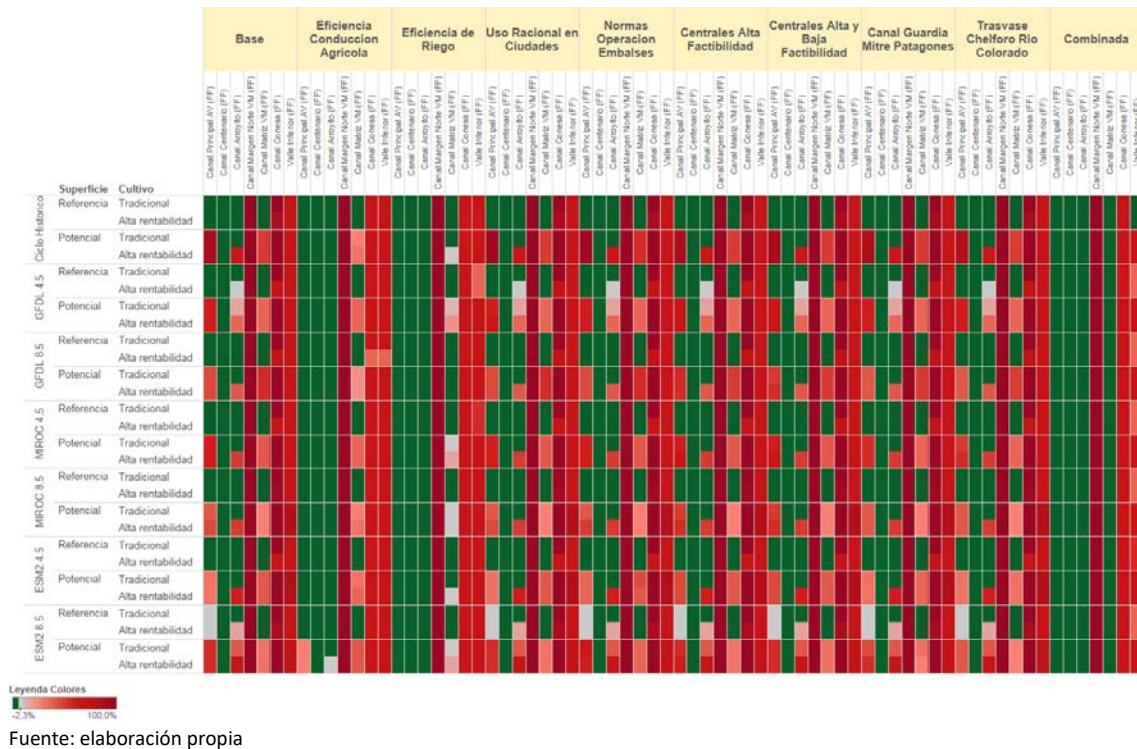
Aspectos salientes, década 2041-2050, diciembre-febrero:

- En el ciclo de clima histórico y superficie de riego de referencia sólo Microregión Añelo presenta falla moderada bajo algunas de las estrategias consideradas (por restricción de capacidad en el canal). Las áreas de riego vinculadas al río Neuquén presentan una leve profundidad de falla con significativa frecuencia ante un incremento potencial de la superficie bajo riego.
- Los escenarios climáticos MIROC 8.5, ESM2 4.5, y ESM2 8.5 incrementan en forma significativa la profundidad de falla de todas las áreas de riego consideradas, excepto Arroyito. Algo similar ocurre con la frecuencia de falla.
- La diferencia entre escenarios de superficie bajo riego sobre la profundidad de falla es apreciable para las áreas del río Neuquén. La diferencia es aún más notable para la frecuencia de falla.
- Los escenarios de eficiencia en conducción agrícola y de riego tienen un efecto muy moderado sobre la profundidad de falla y muy significativo sobre la frecuencia de falla, siendo mayor para las áreas de riego entre Portezuelo Grande y El Chañar bajo el escenario de superficie potencial (Microregión Añelo, Añelo, Tratallén, San Patricio del Chañar, Barreales).
- La implementación de Centrales de Alta Factibilidad y la estrategia combinada son efectivas para reducir la profundidad y frecuencia de falla de todas las áreas de riego (excepto Arroyito ya que no presenta vulnerabilidad), principalmente en los escenarios climáticos más negativos.

6.3. Frecuencia y profundidad de falla de los canales de riego

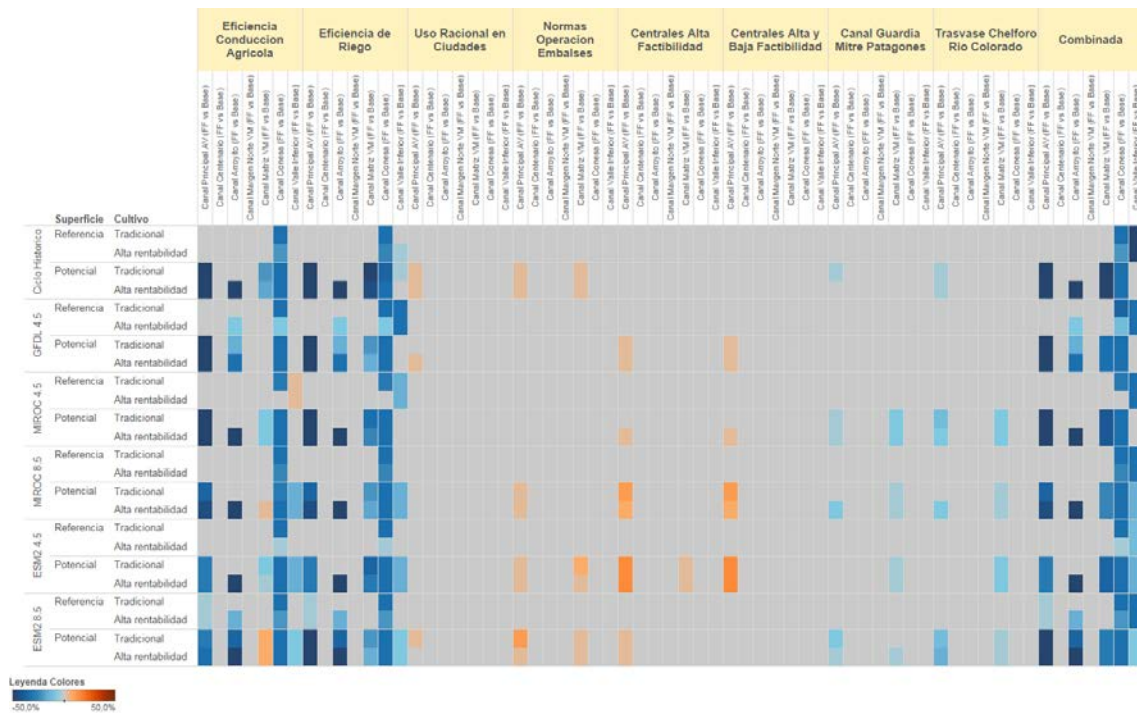
A continuación se presenta la vulnerabilidad de los canales principales de riego desde el punto de la capacidad máxima de conducción (Grupo 3, Tabla 3.1). Alcanzar esta situación implica una limitación a la hora de expandir la superficie bajo riego que podría ser abastecida desde determinado canal. En este caso carece de sentido evaluar la profundidad de falla.

Figura 2.3.1 Frecuencia de falla de la capacidad de los canales de riego en la década 2041-2050, Diciembre-Febrero



Fuente: elaboración propia

Figura 2.3.2 Frecuencia de falla de la capacidad de los canales de riego en la década 2041-2050 respecto de la estrategia Base, Diciembre-Febrero



Fuente: elaboración propia

Aspectos salientes, década 2041-2050, enero-marzo:

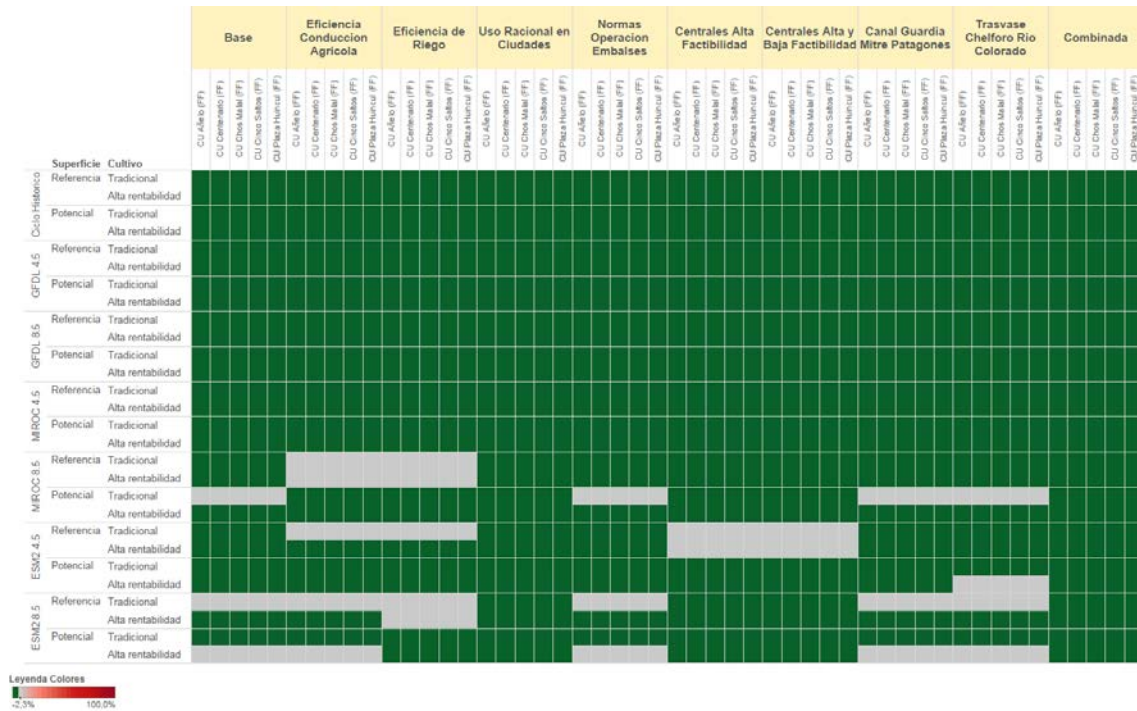
- Los canales Margen Norte de Valle Medio, Conesa y principal de Valle Inferior presentarían problemas de capacidad independientemente del escenario climático durante algunos meses de cada verano. La frecuencia de falla en algunos casos es mayor para el escenario de superficie potencial.
- El canal Principal de Alto Valle presenta una frecuencia de falla entre moderada a significativa para el escenario de superficie potencial.
- Los canales Arroyito, Centenario y Matriz de Valle Medio presentan frecuencias de falla puntuales en determinados escenarios de superficie potencial.
- Las estrategias de eficiencia en conducción agrícola y eficiencia en riego reducen en forma efectiva la frecuencia de falla del Canal Conesa en casi todos los escenarios, y del Canal Principal de Alto Valle en los escenarios de superficie potencial. También producen reducciones puntuales de menor magnitud en los demás canales (e.g. canal Arroyito, superficie potencial, alta rentabilidad).

6.4. Frecuencia y profundidad de falla de los centros urbanos

En esta sección se consideran exclusivamente los problemas de cobertura urbana asociados a la magnitud del recurso hídrico disponible en los cursos de agua y embalses (Grupo 2, Tabla 3.1). Los problemas de infraestructura que podrían afectar la cobertura de los requerimientos

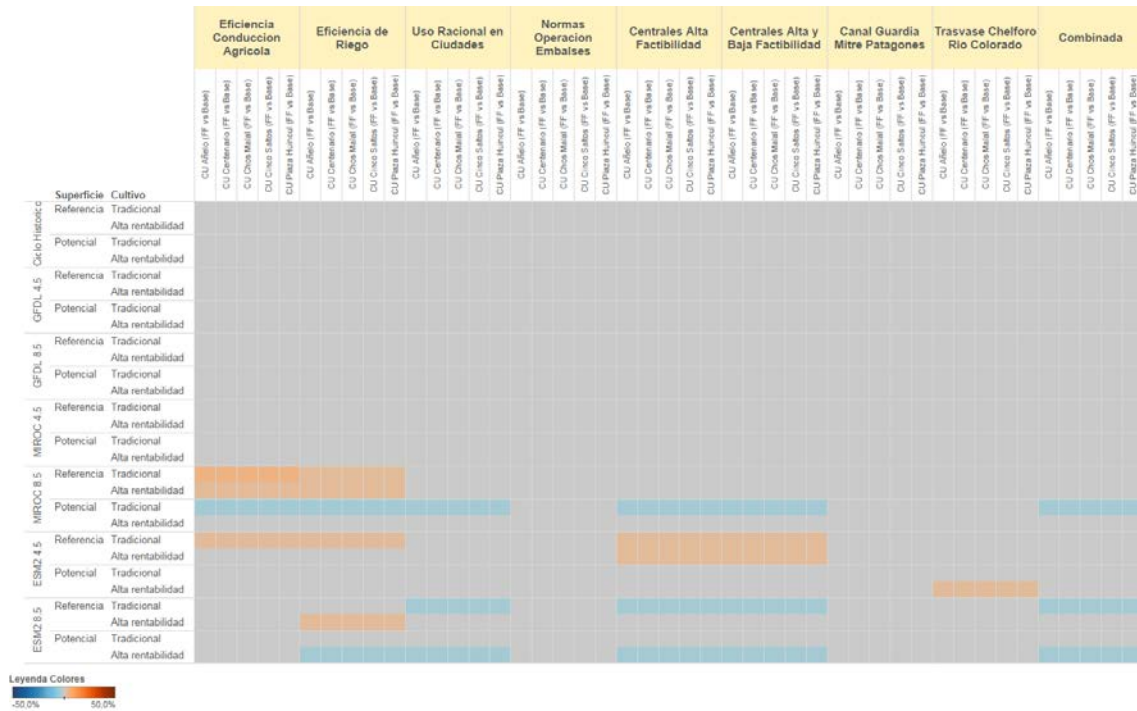
de centros urbanos se contemplan dentro de las medidas de desempeño asociadas a los caudales (e.g. problemas con las captaciones por caudal insuficiente, Grupo 1-Tabla 3.1, Sección 6.1).

Figura 2.4.1 Frecuencia de falla de la cobertura urbana en la década 2041-2050, Diciembre-Febrero



Fuente: elaboración propia

Figura 2.4.2 Frecuencia de falla de la cobertura urbana en la década 2041-2050 respecto de la estrategia Base, Diciembre-Febrero



Fuente: elaboración propia

Aspectos salientes, década 2041-2050, enero-marzo:

- La cobertura de los centros urbanos no estaría comprometida desde el punto de vista de la magnitud del recurso hídrico en la mayor parte de los escenarios. Los escenarios climáticos más negativos (MIROC 8.5, ESM2 4.5, ESM2 8.5) podrían presentar problemas puntuales de cobertura en Añelo, Centenario, Alto Valle, Chos Malal, Cinco Saltos y Plaza Huincol (frecuencia de falla 3%-7%).
- Los problemas puntuales de cobertura en estos centros urbanos podrían ser reducidos mediante la estrategia de implementación de centrales de Alta factibilidad, y la estrategia combinada.

6.5. Frecuencia y profundidad de falla de los embalses

A continuación se presenta la vulnerabilidad de los embalses desde el punto de vista de la cota (Mari Menuco) y el volumen (Grupo 4, Tabla 3.1). En el caso de los volúmenes la profundidad de falla se calcula como la diferencia de volumen respecto del mínimo normal de operación relativo al volumen entre el mínimo extraordinario y el mínimo normal. En caso que haya un mínimo normal de operación que varíe en función de la época del año se adopta un valor intermedio.

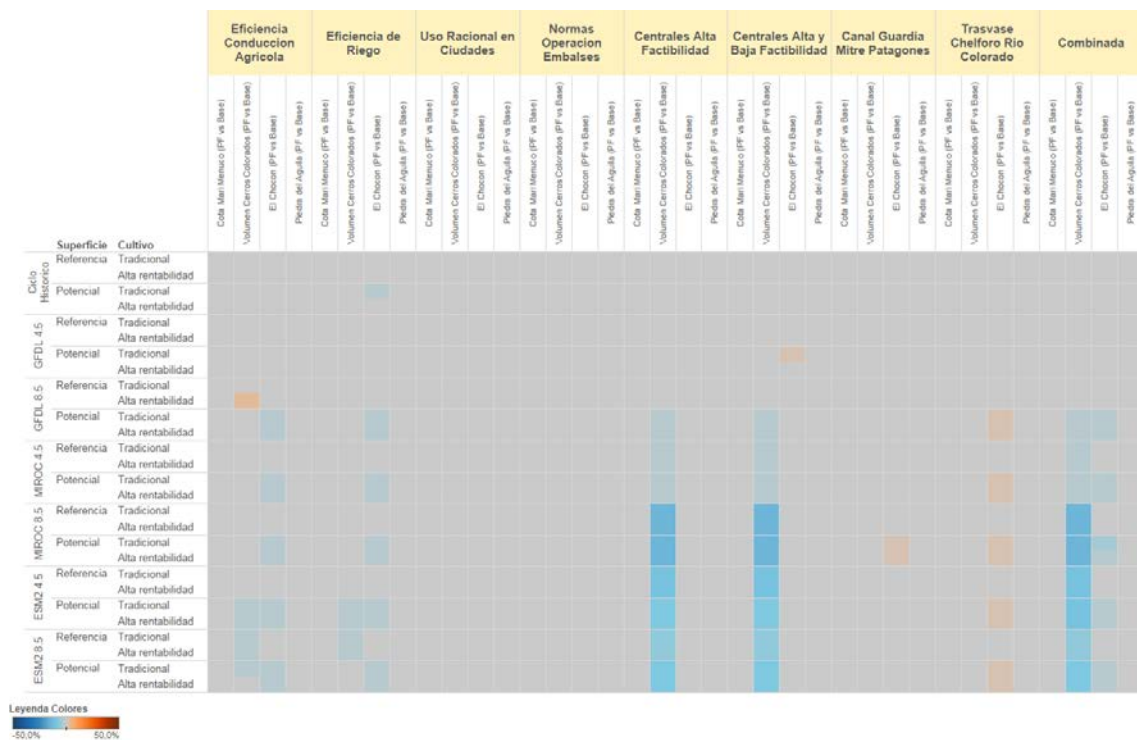
Figura 2.5.1 Profundidad de falla de los embalses en la década 2041-2050, Diciembre-Febrero



Fuente: elaboración propia

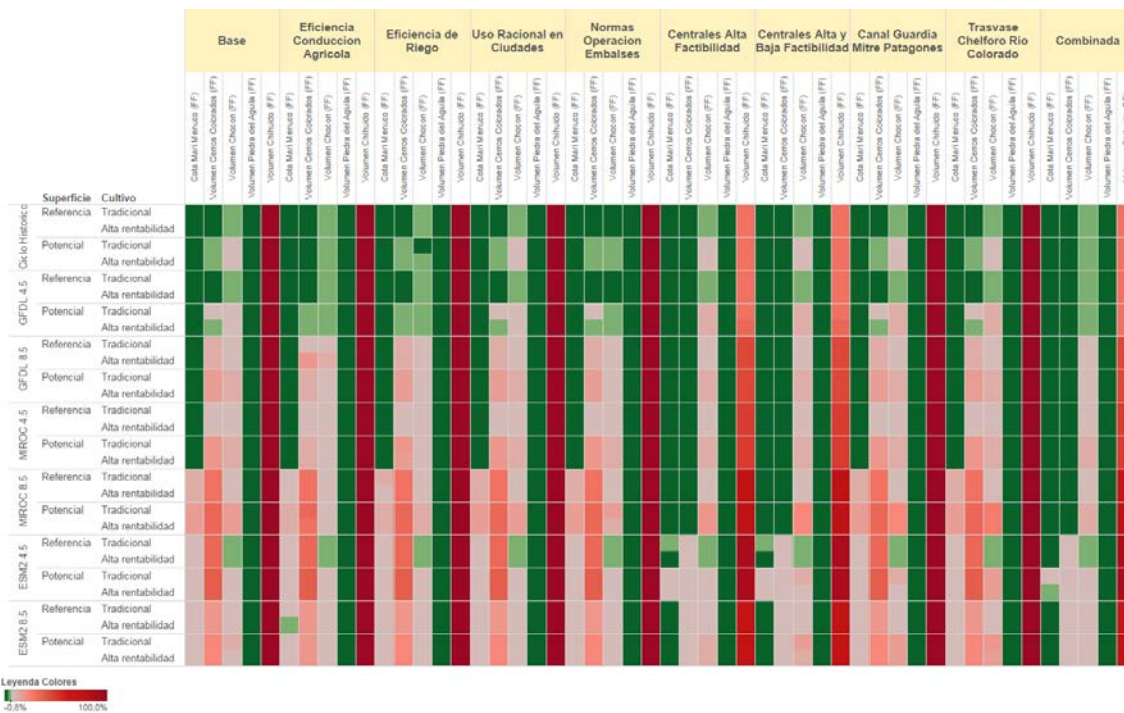
Nota: Chihuido I tiene una profundidad de falla del 100% en todos los escenarios que no contemplan su incorporación al sistema.

Figura 2.5.2 Profundidad de falla de los embalses en la década 2041-2050 respecto de la estrategia Base, Diciembre-Febrero



Fuente: elaboración propia

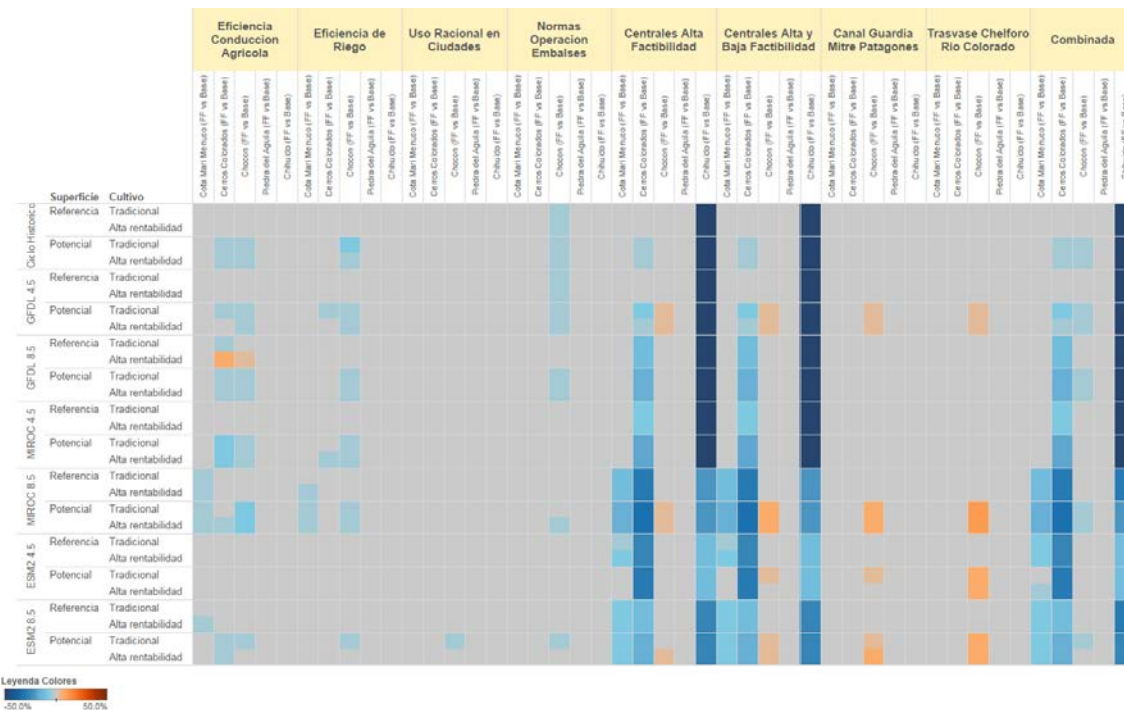
Figura 2.5.3 Frecuencia de falla de los embalses en la década 2041-2050, Diciembre-Febrero



Fuente: elaboración propia

Nota: Chihuido I tiene una frecuencia de falla del 100% en todos los escenarios que no contemplan su incorporación al sistema.

Figura 2.5.4 Frecuencia de falla de los embalses en la década 2041-2050 respecto de la estrategia Base, Diciembre-Febrero



Fuente: elaboración propia

Aspectos salientes, década 2041-2050, diciembre-febrero:

- La profundidad y frecuencia de falla es significativa para Chihuido I, con una severidad que depende del escenario climático. La profundidad de falla varía entre 5% y 54%, y la frecuencia entre 30% y 90%. Los menores valores de falla se vinculan al ciclo de clima histórico y los mayores a MIROC 8.5, ESM2 4.5, y ESM2 8.5.
- Cerros Colorados presenta una frecuencia de falla entre nula a significativa en función del escenario climático (0%-40%), pero con una profundidad de falla moderada (<20%). La estrategia de implementación de Centrales de alta factibilidad reduce la frecuencia y profundidad de falla en los climas más agresivos.
- Piedra del Águila no presenta falla en ninguno de los escenarios, mientras que Chocón presenta falla poco significativa en los climas más agresivos.

6.6. Frecuencia y profundidad de falla de la generación hidroeléctrica

A continuación se presenta la vulnerabilidad de la generación hidroeléctrica (Grupo 5, Tabla 3.1). En este caso el umbral de falla corresponde al promedio histórico de generación 2000-2010 para las centrales Alicura, Piedra del Águila, El Chocón, Arroyito, Cerros Colorados, y Pichi Picun Leufu (13,900 GWh²).

Figura 2.6.1 Generación en la década 2041-2050 respecto de la generación de referencia 2000-2010 (13,900 GWh).



Fuente: elaboración propia

² En base a datos de CAMMESA

Aspectos salientes, década 2041-2050:

- Todos los escenarios climáticos presentan reducciones en la generación anual respecto de la generación de referencia del periodo 2000-2010, incluso el ciclo de clima histórico (sin incorporación de centrales nuevas). La reducción se sitúa en el rango 3%-24%, siendo los escenarios más negativos MIROC 8.5, ESM2 4.5, ESM2 8.5, y MIROC 4.5.
- Las incertidumbres no climáticas no tienen una influencia apreciable sobre la generación (superficie, tipo de cultivo).
- Las estrategias no tienen influencia apreciable sobre la generación, con la excepción de la implementación de las centrales de Alta Factibilidad, y de las centrales de Alta y Baja Factibilidad. Estas estrategias son suficientes para compensar las reducciones en generación incluso en los climas más negativos.

6.7. Frecuencia y profundidad de falla general del sistema

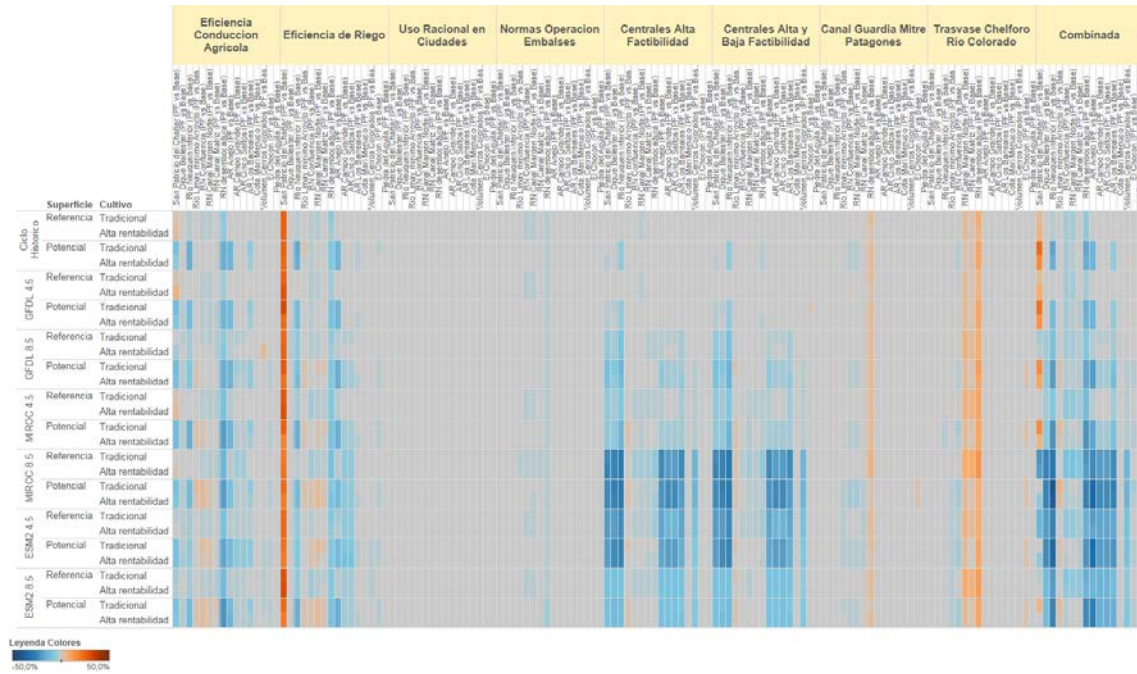
A continuación se presenta una comparación de la frecuencia y profundidad de falla de algunas medidas de desempeño correspondientes a diversos grupos de tal forma de poder identificar aquellas que presentan una mayor vulnerabilidad relativa y cuáles serían las estrategias más efectivas para poder enfrentar dicha vulnerabilidad.

Figura 2.7.1 Profundidad de falla general en la década 2041-2050, Diciembre-Febrero



Fuente: elaboración propia

Figura 2.7.2 Profundidad de falla general en la década 2041-2050 respecto de la estrategia Base, Diciembre-Febrero



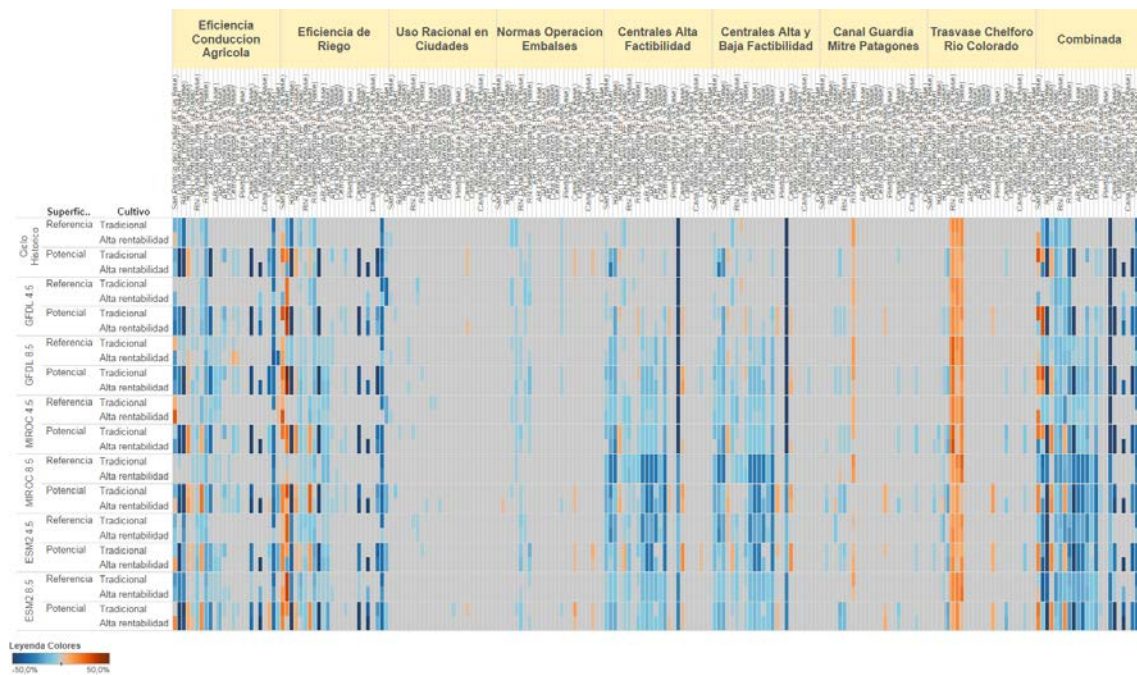
Fuente: elaboración propia

Figura 2.7.3 Frecuencia de falla general en la década 2041-2050, Diciembre-Febrero



Fuente: elaboración propia

Figura 2.7.4 Frecuencia de falla general en la década 2041-2050 respecto de la estrategia Base, Diciembre-Febrero



Fuente: elaboración propia

Aspectos salientes, década 2041-2050, diciembre-febrero:

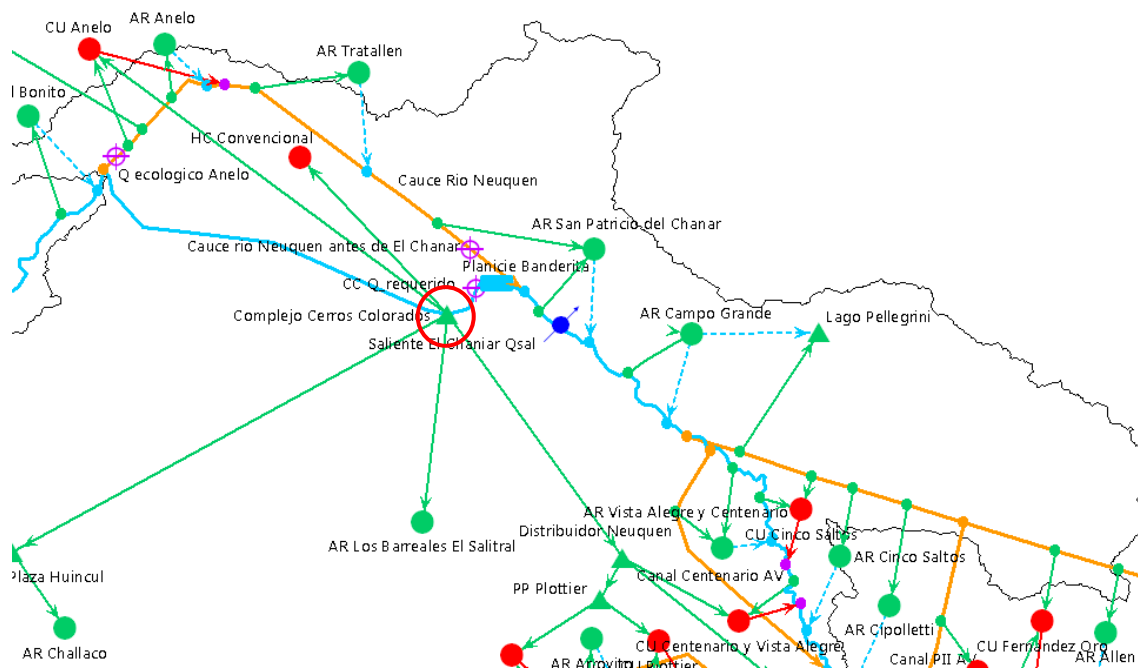
- El grupo de medidas de desempeño que presenta mayor severidad de falla en el contexto de las incertidumbres climáticas corresponde a los caudales en puntos críticos de la cuenca (Grupo 1, Tabla 3.1), algunos de los cuales presentan una significativa frecuencia y profundidad de falla para casi todos los escenarios climáticos (caudal del río Neuquén entre Añelo y Confluencia, y caudal del río Negro en la desembocadura). El resto de los caudales presenta una severidad de falla significativa para tres de los siete escenarios climáticos (MIROC 8.5, ESM2 4.5, ESM2 8.5).
- El grupo de medidas de desempeño asociado con la cobertura en áreas de riego presenta una significativa severidad de falla para los climas más negativos (MIROC 8.5, ESM2 4.5, ESM2 8.5) y en áreas de riego específicas y el escenario de superficie potencial (aquellos vinculados al tramo inferior del río Neuquén a partir de Añelo hasta El Chañar).
- Cerros Colorados presenta una profundidad de falla moderada a baja y una frecuencia de baja a significativa dependiendo del escenario climático. La profundidad y frecuencia de falla es más significativa para Chihuido I, con una severidad que depende del escenario climático. Los menores valores de falla se vinculan al ciclo de clima histórico y los mayores a MIROC 8.5, ESM2 4.5, y ESM2 8.5.
- Los centros urbanos presentan una muy baja severidad de falla en todos los escenarios.

- La capacidad de los canales principales de riego presenta una severidad de falla elevada en casi todos los escenarios para el Canal Margen Norte, Canal Conesa, y Canal Principal del Valle Inferior. Para el resto de los canales la severidad de falla depende del clima y de la magnitud del desarrollo agrícola asociado.
- Las estrategias de trasvase y en menor medida la implementación del canal Guardia Mitre-Patagones incrementan en forma moderada la severidad de falla del río Negro en diversos puntos para todos los escenarios de clima, superficie y tipo de cultivo.
- La estrategia de introducción de Centrales de Alta y Baja Factibilidad tiene un efecto positivo moderado sobre la severidad de falla del tramo inferior del río Neuquén y sus áreas de riego asociadas (escenarios climáticos MIROC 8.5, ESM2 4.5, y ESM2 8.5). El efecto sobre la generación eléctrica es positivo en todos los escenarios climáticos, compensando con creces en el escenario de Alta y Baja factibilidad las reducciones que se observan en los escenarios más negativos. En el caso del volumen de Cerros Colorados, la estrategia de implementación de Centrales de alta factibilidad es efectiva para reducir en forma moderada la vulnerabilidad en los climas más negativos.
- Las estrategias de eficiencia en conducción agrícola y eficiencia en riego tienen un efecto positivo sobre algunos caudales mínimos, cobertura de riego y capacidad de canales, pero cuya magnitud es muy variable en función de la medida de desempeño específica, y de los escenarios de incertidumbres.
- La estrategia combinada se presenta como efectiva para reducir la vulnerabilidad en casi todos los escenarios climáticos en el tramo inferior del río Neuquén y en la desembocadura del río Negro, tendiendo a compensar los efectos negativos del canal Guardia Mitre Patagones. También tiene un efecto positivo significativo sobre la vulnerabilidad de las áreas de riego vinculadas al tramo inferior del río Neuquén, pero solamente para los escenarios climáticos más negativos. El efecto sobre la generación es altamente positivo.

7. Análisis de Frecuencia y Profundidad de falla por medida de desempeño

7.1. Frecuencia y Profundidad de falla de la cota del embalse Mari Menuco

Figura 7.1 Esquema del modelo WEAP en la zona del embalse Mari Menuco



Fuente: elaboración propia

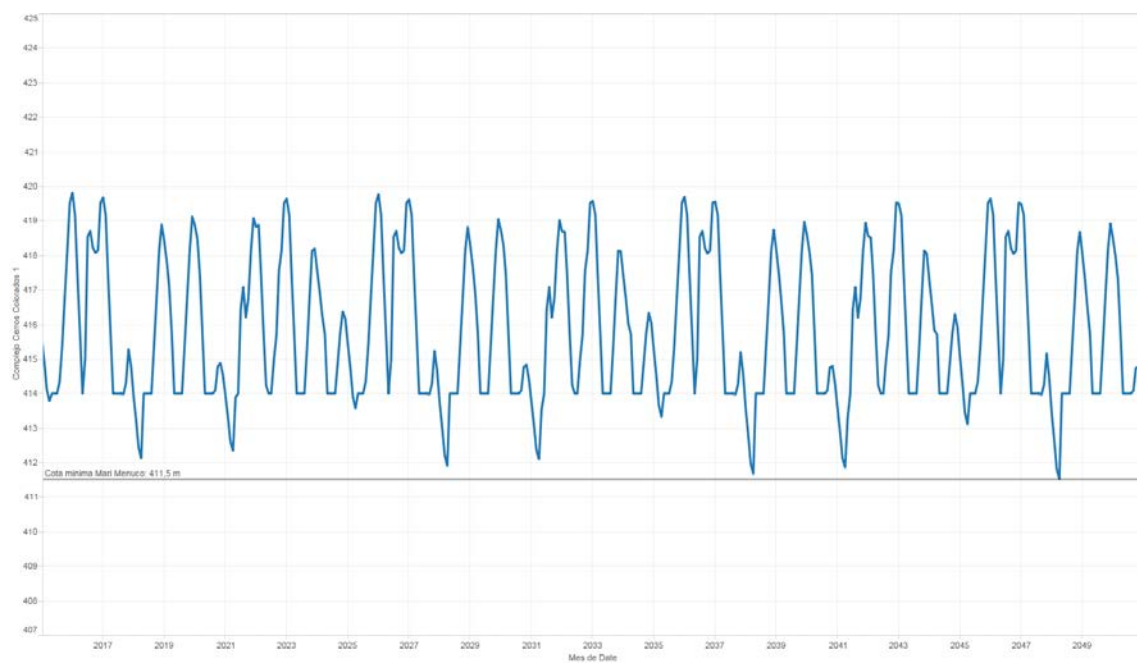
El umbral de falla para el nivel del embalse Mari Menuco se establece en 411.50 msnm. Actualmente, al alcanzarse el nivel 410.50, el abastecimiento de los caudales mínimos aguas abajo de Portezuelo depende del caudal natural del río Neuquén. Por cuanto para mantener ese nivel el caudal erogable desde Barreales-Mari Menuco no debe superar al afluente menos la evaporación de un espejo de 500 km² en época de riego, sería contemporáneamente mejor aprovechado el afluente si no se lo derivase a Barreales-Mari Menuco. El umbral 411.50, se corresponde con el nivel de falla para el proyecto de abastecimientos (humano y de riego) a la meseta de Centenario (Distribuidor Neuquén). Adicionalmente, el modelo WEAP trabaja con un paso temporal mensual. Por estas razones se tomó la cota de 411.50 como umbral de falla promedio mensual. El nivel mínimo que actualmente puede alcanzar Mari Menuco por la concesión hidroeléctrica es 410.50 (sistema de referencia Hidronor SA).

En la estrategia de base se observa falla para los escenarios climáticos ESM2 4.5³, ESM2 8.5, MIROC 8.5, y GFDL 8.5 con un descenso moderado de la cota (promedio mensual) hasta

³ El escenario ESM2 4.5 presenta cambios de temperatura media anual un poco más pronunciados que el resto de los modelos hasta la década 2041-2050 inclusive. También presenta valores superiores al

410.2m hacia la década 2041-2050 (Marzo-Abril), para ambos escenarios de tipo de cultivo y de superficie bajo riego. La frecuencia de falla alcanza el 40% durante el trimestre de Feb-Mar-Abr (ESM2 4.5, estrategia Base, superficie potencial). El escenario de superficie potencial aumenta la frecuencia de falla levemente para el escenario ESM2 4.5 respecto del escenario de superficie de referencia. La estrategia de introducción de centrales de alta factibilidad y la estrategia combinada reducen la frecuencia de falla de Mari Menuco en forma significativa para los escenarios climáticos más agresivos (ESM2 4.5, ESM2 8.5, MIROC 8.5). Para el escenario de clima histórico y GFDL 4.5 la frecuencia de falla permanece cerca de cero para todas las estrategias. Con respecto al resto del periodo de análisis, se produce un incremento puntual de la vulnerabilidad durante el llenado de Chihuido I (año 2021), cuando la cota baja a entre 410.4m y 411m en abril de 2021 para cuatro de los siete escenarios climáticos.

Figura xx Cota de Mari Menuco para el ciclo de clima histórico en el periodo 2015-2050 (estrategia Base, superficie de referencia, cultivo tradicional)



Fuente: elaboración propia

Figura xx Cota de Mari Menuco en función del escenario climático en el periodo 2015-2050 (estrategia Base, superficie de referencia, cultivo tradicional)

resto de los modelos para el semestre Abril/Septiembre, y para el semestre Octubre/Marzo, en este último caso con excepción del modelo MIROC 8.5.

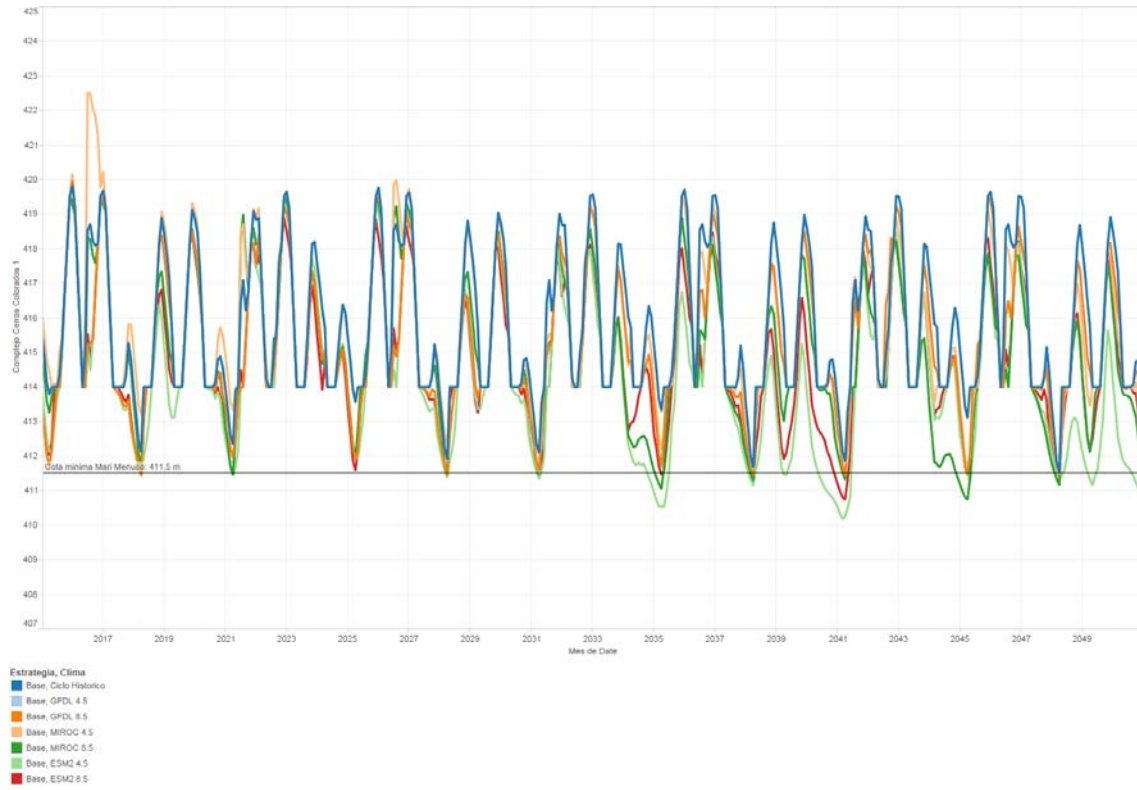


Figura xx Cota de Mari Menuco en función del escenario climático en el periodo 2015-2050 (estrategia Centrales de Alta Factibilidad, superficie de referencia, cultivo tradicional)

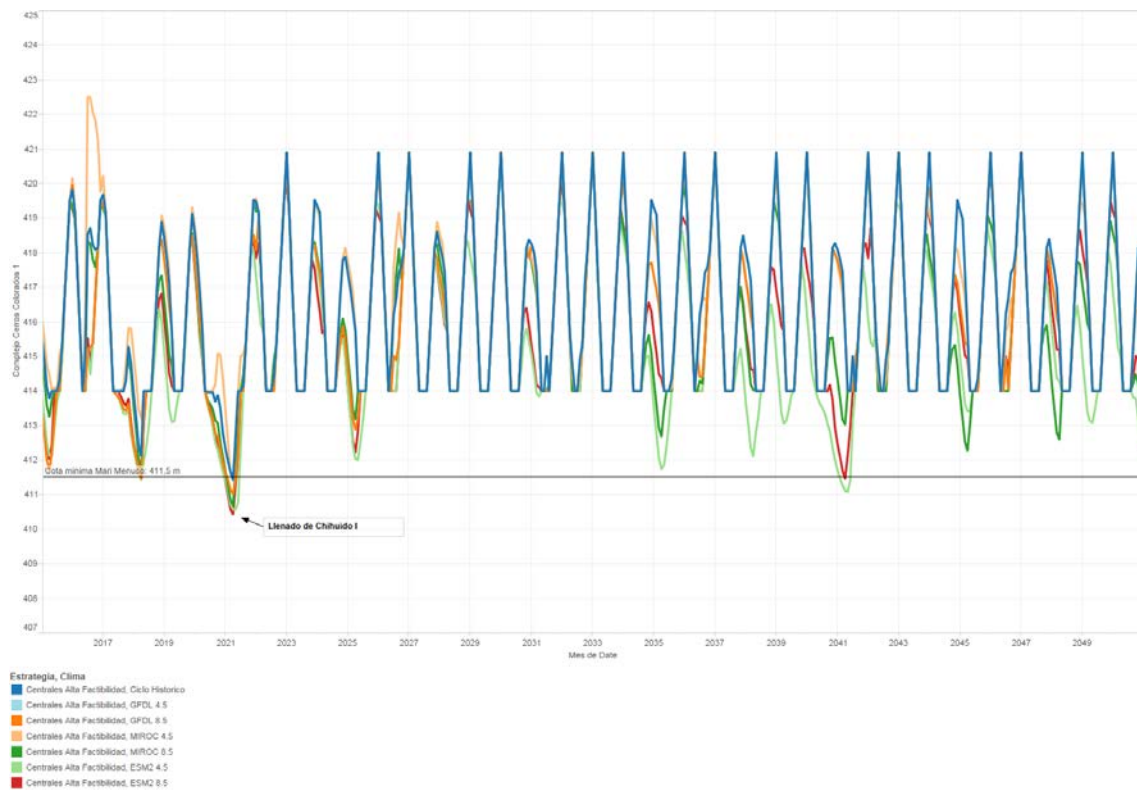
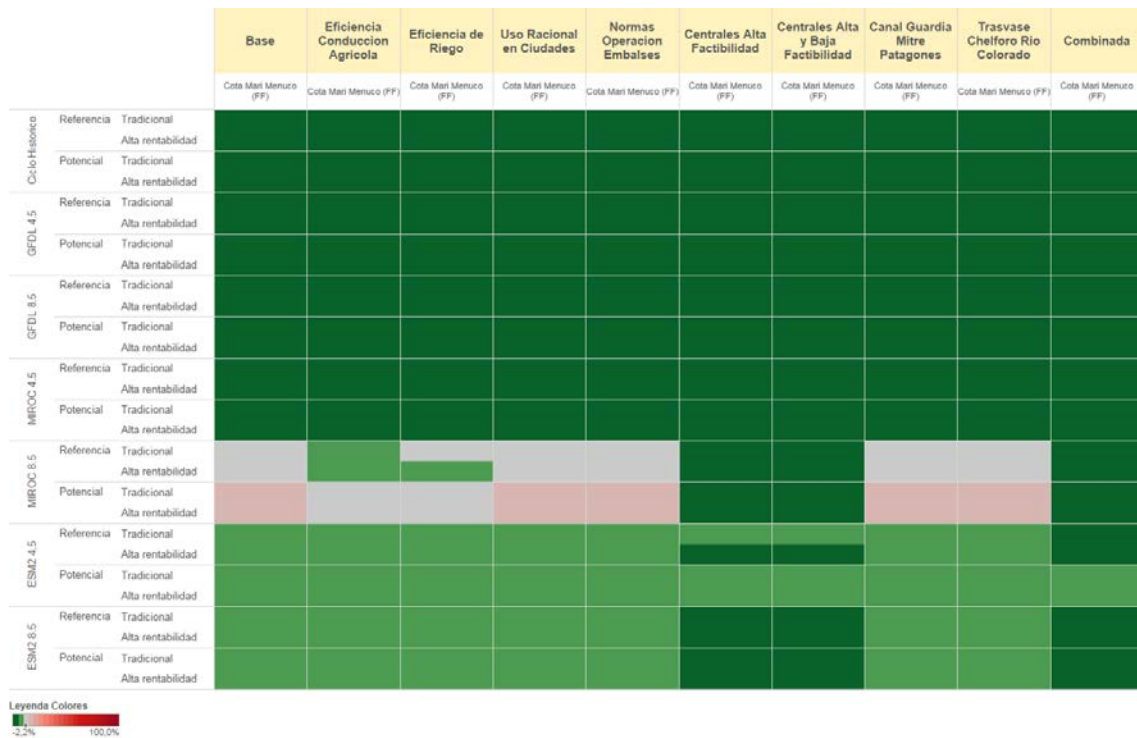
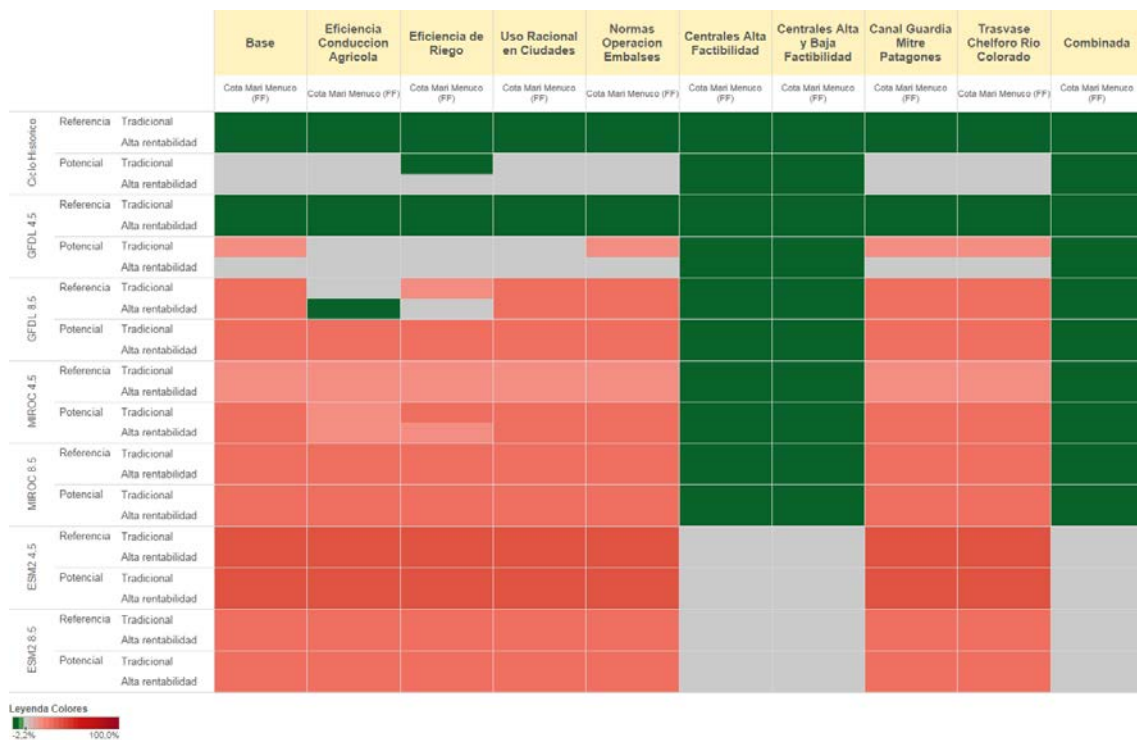


Figura xx. Frecuencia de falla de Mari Menuco en la década 2041-2050, Diciembre-Febrero



Fuente: elaboración propia

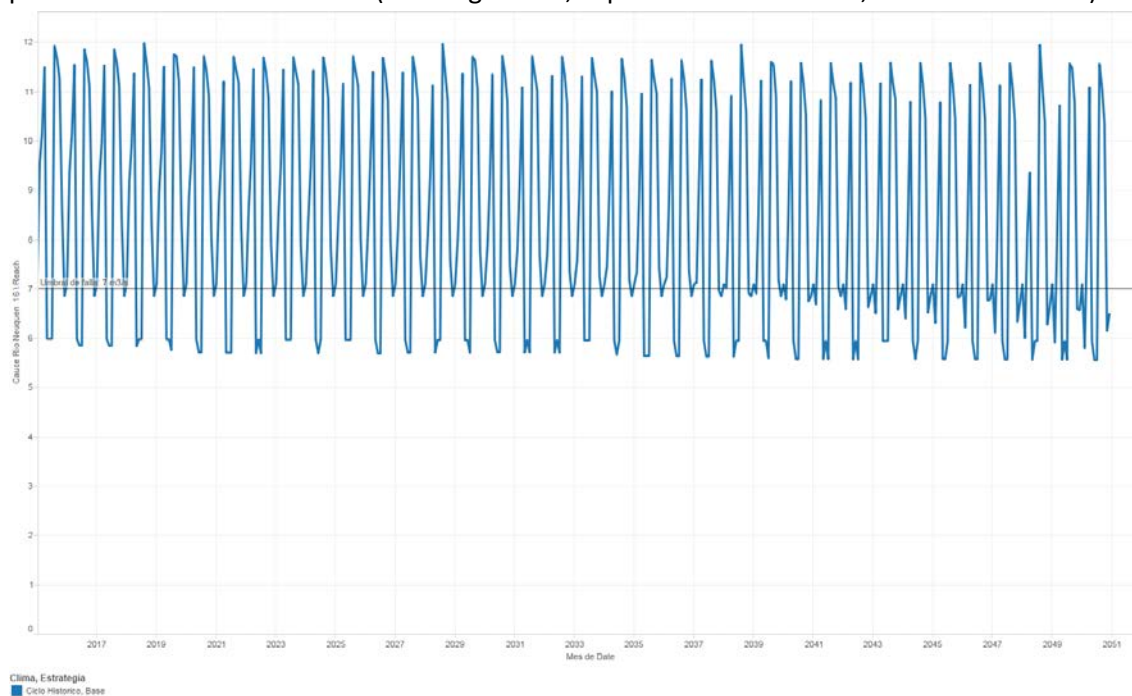
Figura xx. Frecuencia de falla de Mari Menuco en la década 2041-2050, Abril



Fuente: elaboración propia

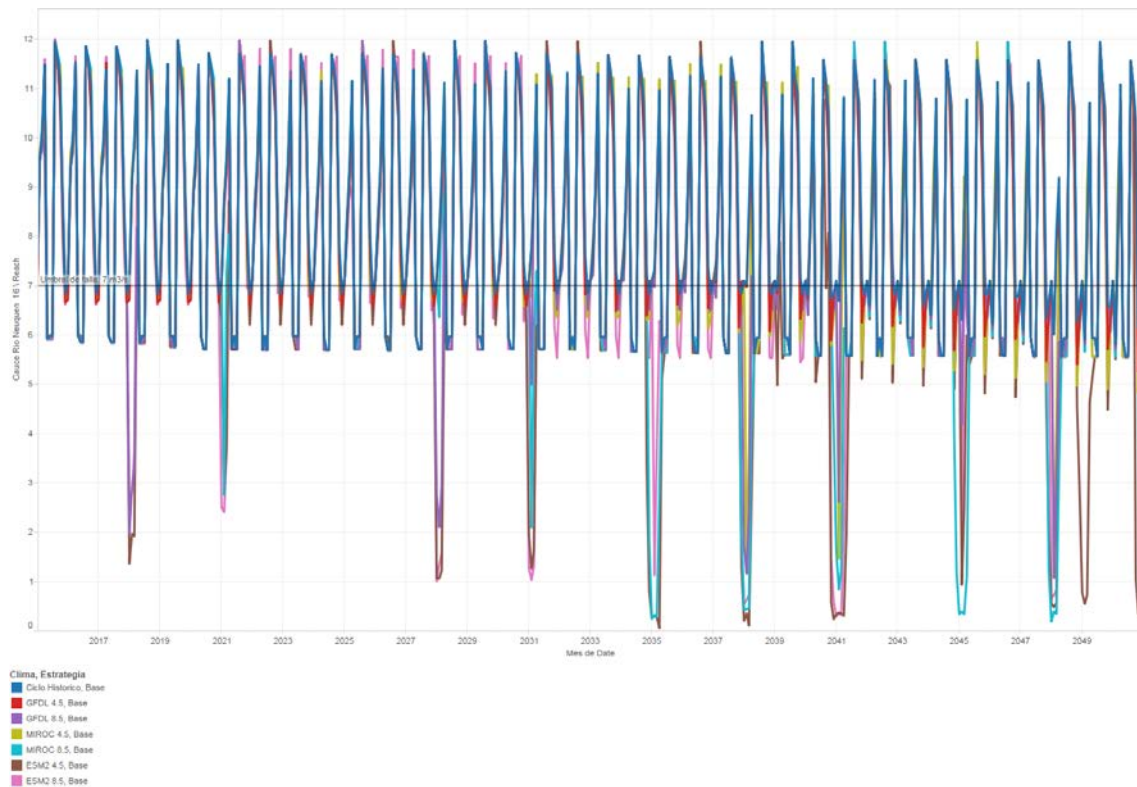
caudal mínimo que se desvía hacia este tramo del río Neuquén desde Portezuelo Grande es de 14m³/s para la época de máxima demanda (diciembre-febrero).

Figura xx Caudal del río Neuquén antes de la toma del área de riego San Patricio del Chañar para el ciclo de clima histórico (estrategia Base, superficie de referencia, cultivo tradicional)



Fuente: elaboración propia

Figura xx Caudal del río Neuquén antes de la toma del área de riego San Patricio del Chañar en función del escenario climático (estrategia Base, superficie de referencia, cultivo tradicional).



Fuente: elaboración propia

Para el ciclo de clima histórico, la modelación indica que se podrían percibir algunos problemas caudal en la actualidad, que se agravarían a partir de la década 2041-2050 (el caudal durante los meses de noviembre y febrero llegaría hasta 5.8m³/s en este tramo del río Neuquén hacia finales de la década 2041-2050). La profundidad de falla promedio se incrementa significativamente a lo largo del tiempo. La situación se agrava en el escenario de superficie potencial, adelantándose la falla hasta la década 2021-2030. Los escenarios climáticos ESM2 4.5, MIROC 8.5, ESM2 8.5, MIROC 4.5 y GFDL 8.5 reducen los caudales durante el verano para años puntuales respecto del ciclo de clima histórico, alcanzando profundidades de falla cercanas al 100% para algunos meses.

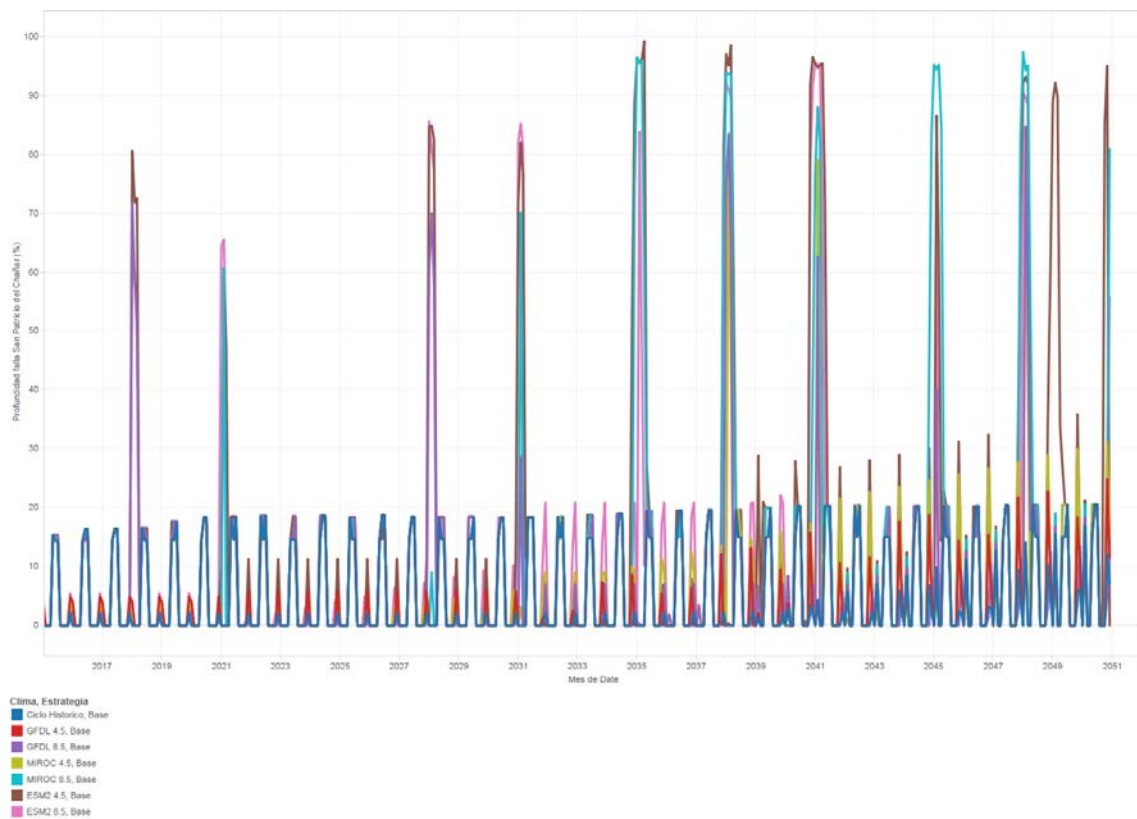
En la estrategia de Base la frecuencia de falla se sitúa entre el 30% y el 100% en el periodo diciembre-febrero para la década 2041-2050, dependiendo del escenario de incertidumbre. La frecuencia de falla es levemente superior para el escenario de superficie potencial respecto de la superficie de referencia, para el cultivo de alta rentabilidad, y para los escenarios climáticos MIROC 4.5, GFDL 4.5, GFDL 8.5 y ciclo histórico. La profundidad de falla para la década 2041-2050 (Diciembre, Enero, Febrero) en la estrategia Base se ubica entre el 2% y el 39%.

Las estrategias eficiencia en conducción y centrales de alta factibilidad reducen la profundidad de falla, la primera de ellas para prácticamente todos los climas y escenario de superficie potencial, mientras que la segunda en forma más marcada pero casi exclusivamente para los climas más negativos (MIROC 8.5, ESM2 4.5, ESM2 8.5). La estrategia de eficiencia de riego afecta negativamente la profundidad de falla porque el modelado requiere menor volumen de

agua para las áreas de riego en dicha estrategia, lo que resulta en menor cantidad de agua fluyendo por el cauce y también que retorna al mismo desde las áreas de riego.

La frecuencia de falla se ve reducida en forma significativa respecto de la estrategia Base principalmente por la estrategia de conducción agrícola para la mayoría de los escenarios de incertidumbre. Ante la estrategia Eficiencia en conducción agrícola la profundidad de falla se reduce en forma moderada mientras que la frecuencia de falla se reduce en forma más significativa. La estrategia de centrales de Alta Factibilidad introduce cambios de moderados a marginales en la frecuencia de falla para algunos escenarios climáticos. En general el resto de las estrategias resultan en una reducción poco significativa de la frecuencia de falla respecto de la estrategia de base.

Figura xx Profundidad de falla a la altura de la toma del área de riego San Patricio del Chañar en función del escenario climático (superficie de referencia, cultivo tradicional).



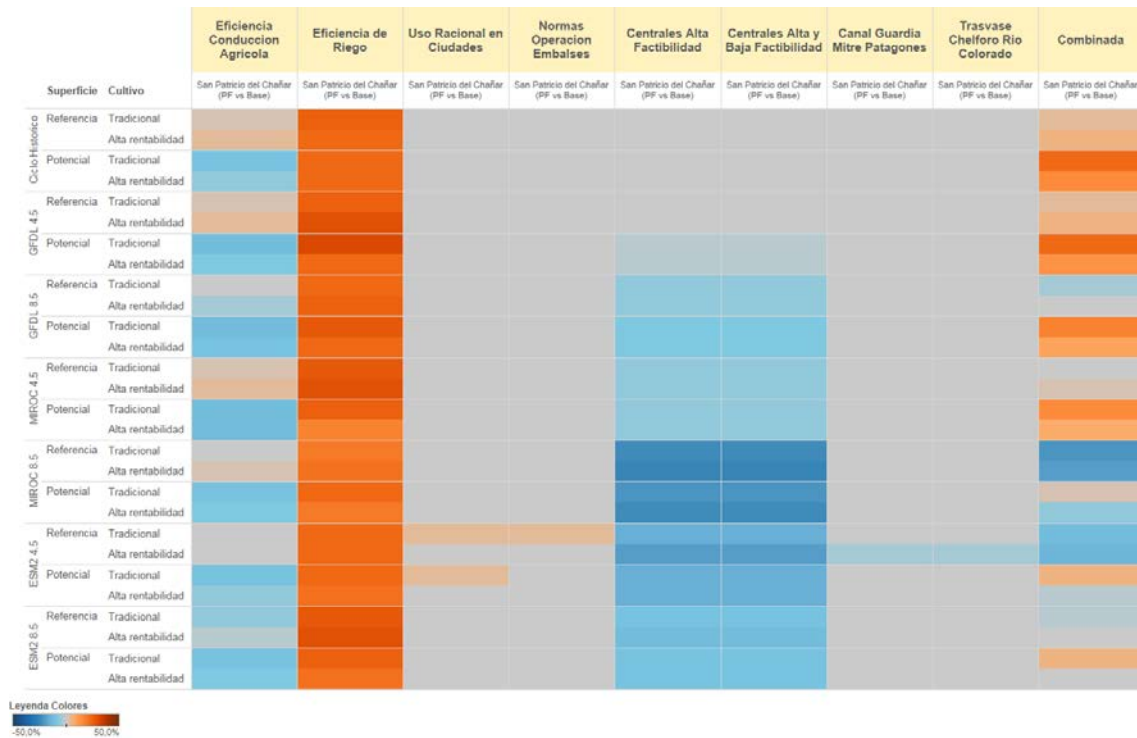
Fuente: elaboración propia

Figura xx Profundidad de falla del río Neuquén antes de la toma del área de riego San Patricio del Chañar en la década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



Fuente: elaboración propia

Figura xx Profundidad de falla del río Neuquén antes de la toma del área de riego San Patricio del Chañar en la década 2041-2050 relativo a la estrategia Base, Diciembre-Febrero.



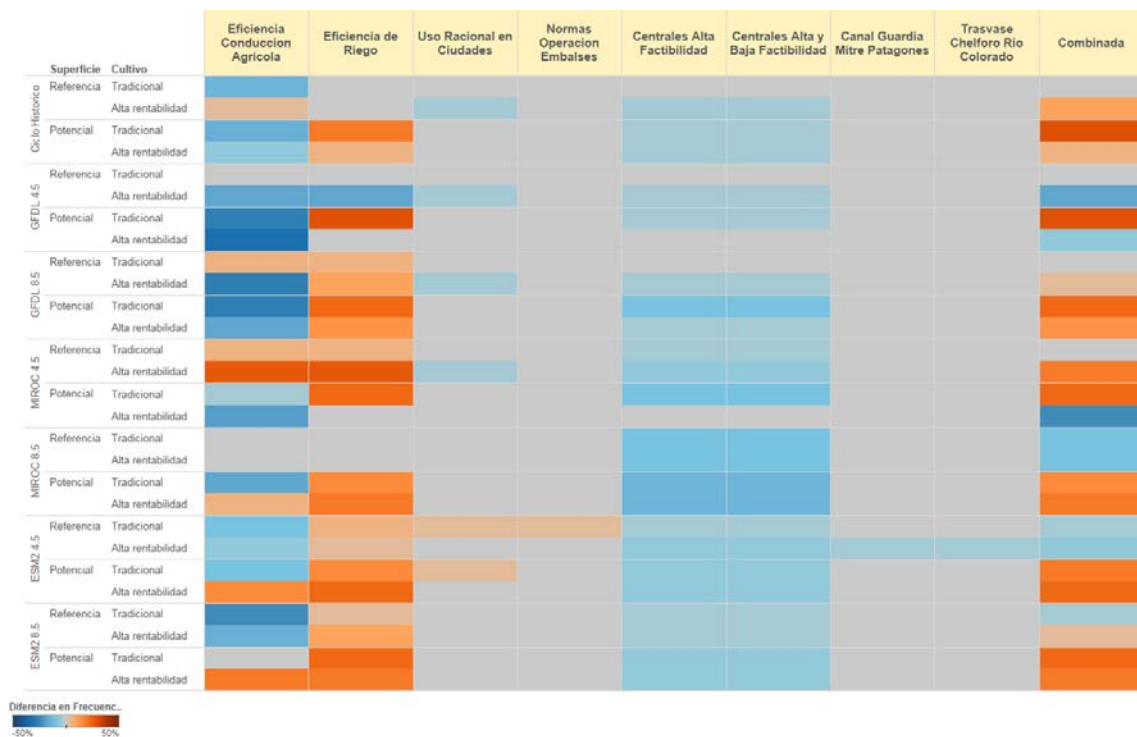
Fuente: elaboración propia

Figura 2.2 Frecuencia de falla del río Neuquén antes de la toma del área de riego San Patricio del Chañar en la década 2041-2050, Diciembre-Febrero.

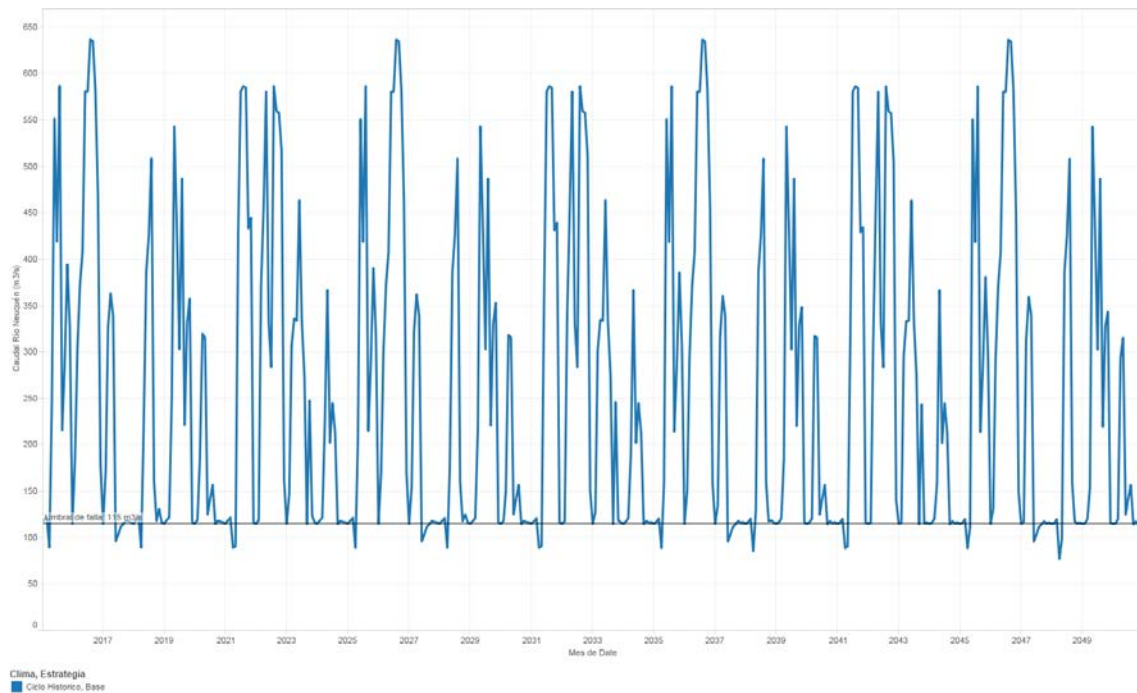


Fuente: elaboración propia

Figura 2.2 Frecuencia de falla del río Neuquén a la altura de la toma del área de riego San Patricio del Chañar en la década 2041-2050 respecto de la estrategia Base, Diciembre-Febrero.

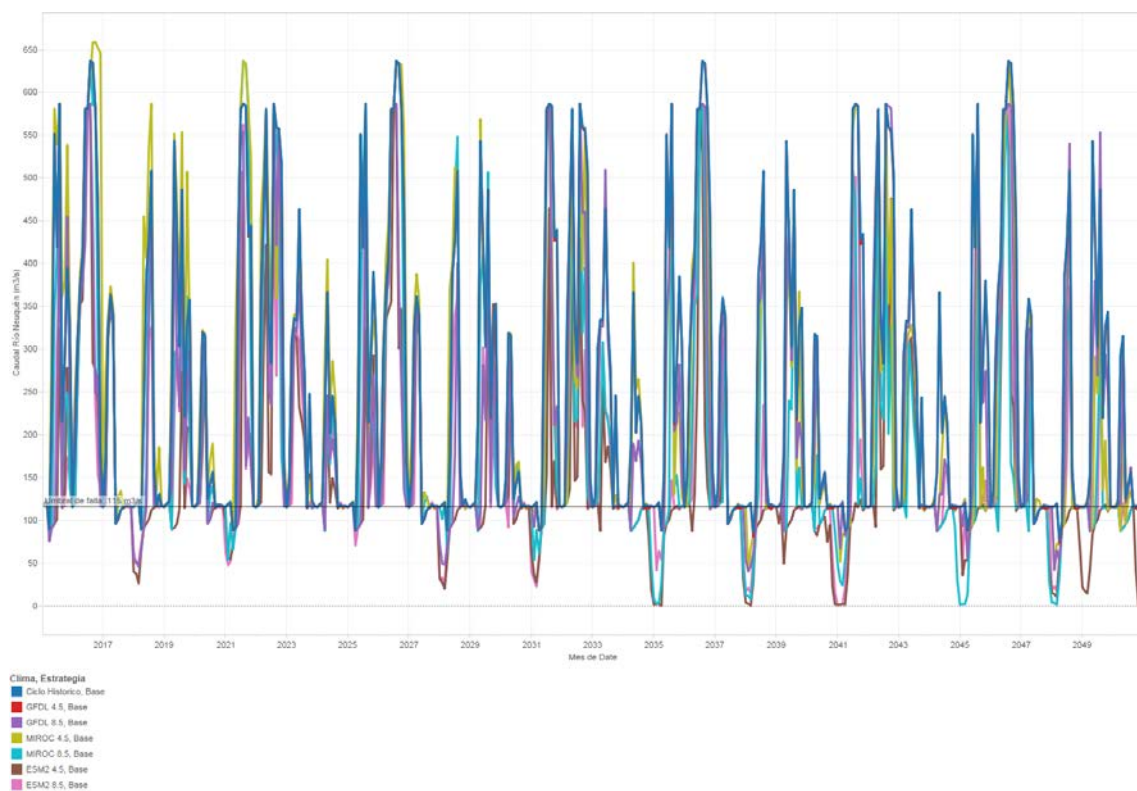


Fuente: elaboración propia



Fuente: elaboración propia

Figura xx Caudal del río Neuquén a la altura del Dique Ballester en función de los escenarios climáticos (estrategia base, superficie de referencia, cultivo tradicional).



La profundidad de falla durante la temporada de riego y el ciclo de clima histórico es prácticamente nula para todas las estrategias. Durante el ciclo histórico los caudales bajan por

debajo del umbral de falla fuera de la temporada de riego (Abril, Mayo, en general por sobre 88m3/s).

La frecuencia y la profundidad de falla se vuelven más significativas a partir de la década 2031-2040 para los climas ESM2 4.5, MIROC 8.5, y ESM2 8.5, llegando a alcanzar valores de caudal cercanos a cero durante la temporada de riego en años puntuales. La profundidad de falla se reduce en forma apreciable en estos escenarios climáticos ante las estrategias Centrales de Alta Factibilidad y Combinada.

Figura xx Profundidad de falla a la altura del Dique Ballester en función de los escenarios climáticos (estrategia base, superficie de referencia, cultivo tradicional).

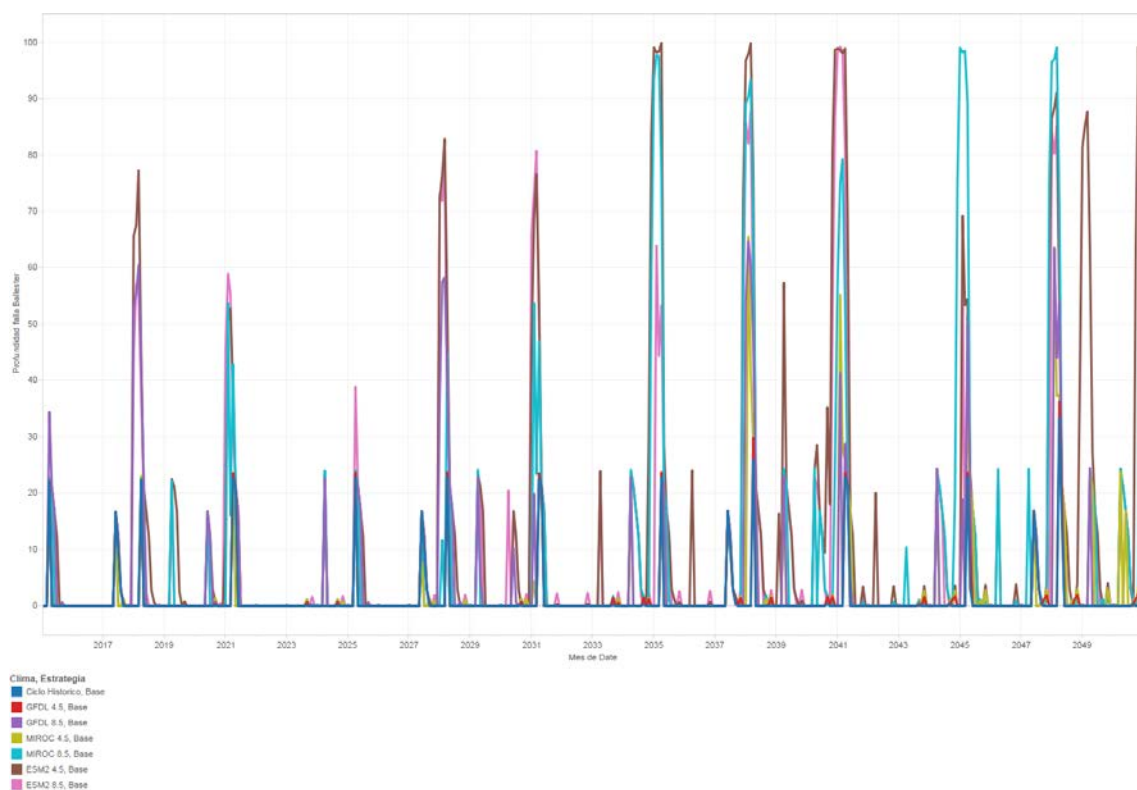
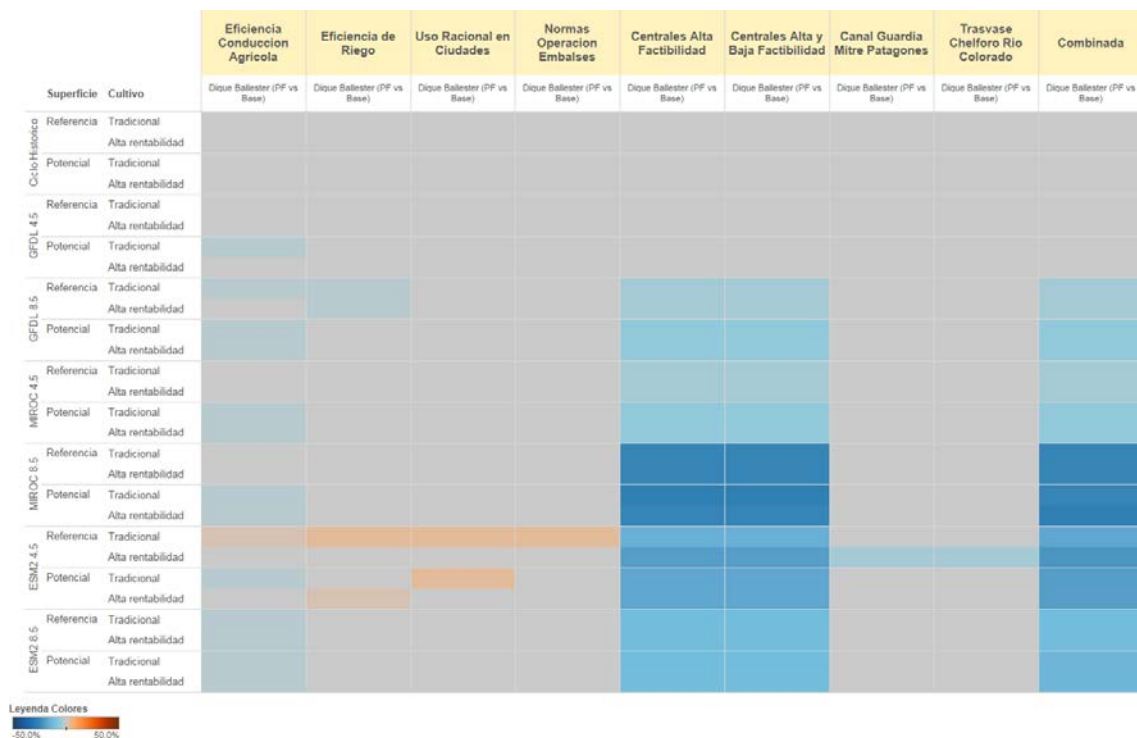


Figura xx Profundidad de falla del río Neuquén a la altura del Dique Ballester en la década 2041-2050, Diciembre-Febrero



Figura xx Profundidad de falla del río Neuquén a la altura del Dique Ballester relativa a la estrategia Base en la década 2041-2050, Diciembre-Febrero



Hacia la década 2041-2050 la frecuencia de falla se reduce en la mayor parte de los escenarios climáticos en los meses de verano para las estrategias de conducción agrícola, centrales de alta factibilidad y estrategia combinada respecto de la estrategia de Base.

Figura xx Frecuencia de falla del río Neuquén a la altura del Dique Ballester en la década 2041-2050, Diciembre-Febrero

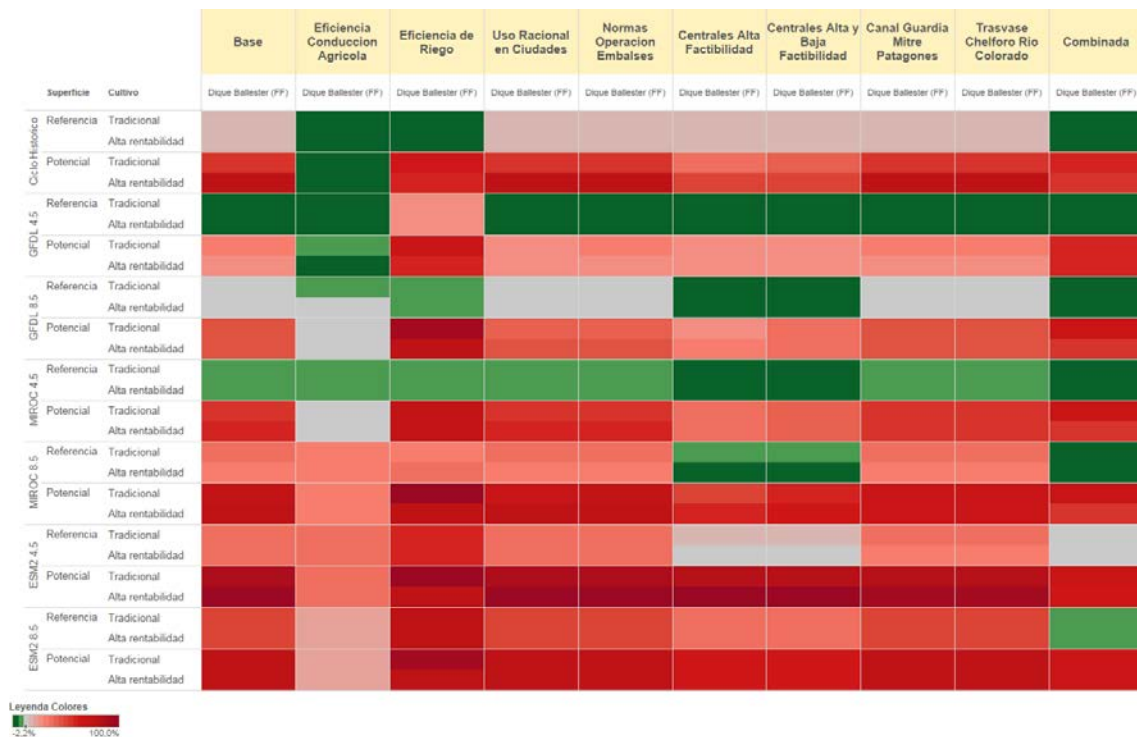
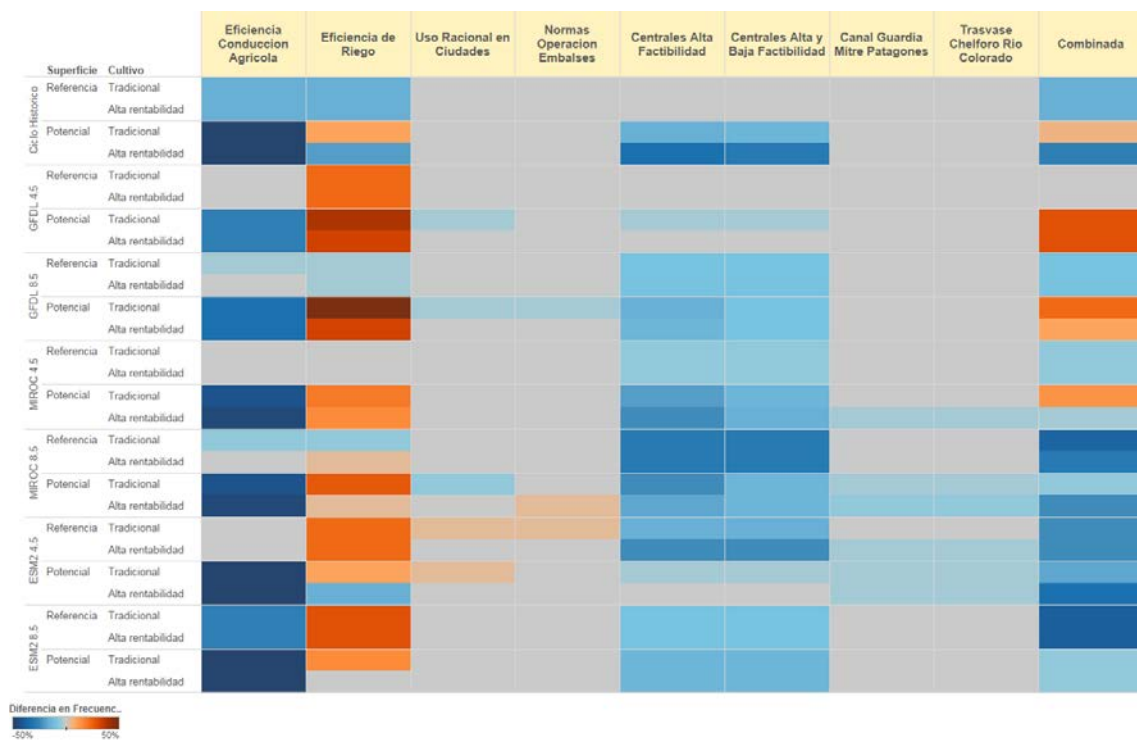
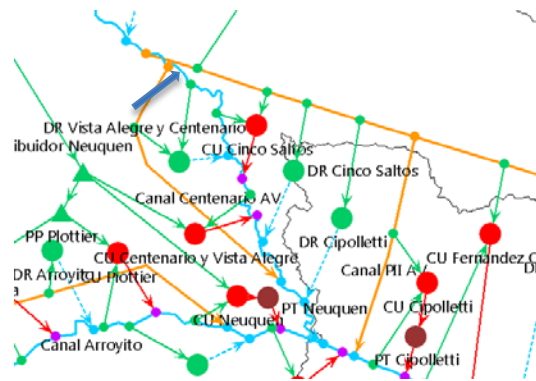


Figura 2.2 Frecuencia de falla del río Neuquén a la altura del dique Ballester en la década 2041-2050 respecto de la estrategia Base, Diciembre-Febrero



En síntesis, la introducción de Centrales de Alta Factibilidad es en general efectiva para reducir tanto la frecuencia como la profundidad de falla en los escenarios climáticos más negativos durante la temporada de riego, en tanto que la eficiencia en conducción agrícola sería efectiva para reducir significativamente la frecuencia de falla en todos los escenarios climáticos y superficie potencial.

7.4. Frecuencia y Profundidad de falla del caudal del Río Neuquén entre dique Ballester y Confluencia



Para este tramo se proponen dos umbrales de falla sobre el río Neuquén aguas abajo del Dique Ballester (y de la toma para el canal Centenario), uno de mínimo caudal (35 m³/s) y otro de máximo caudal (600 m³/s). Por fuera de este rango de caudales se comprometerían las tomas ubicadas sobre el río Neuquén Inferior, la calidad del agua y la preservación del ecosistema e infraestructura de este tramo del río.

Figura xx Caudal del río Neuquén aguas abajo del Dique Ballester para el ciclo de clima histórico (estrategia base, superficie de referencia, cultivo tradicional).

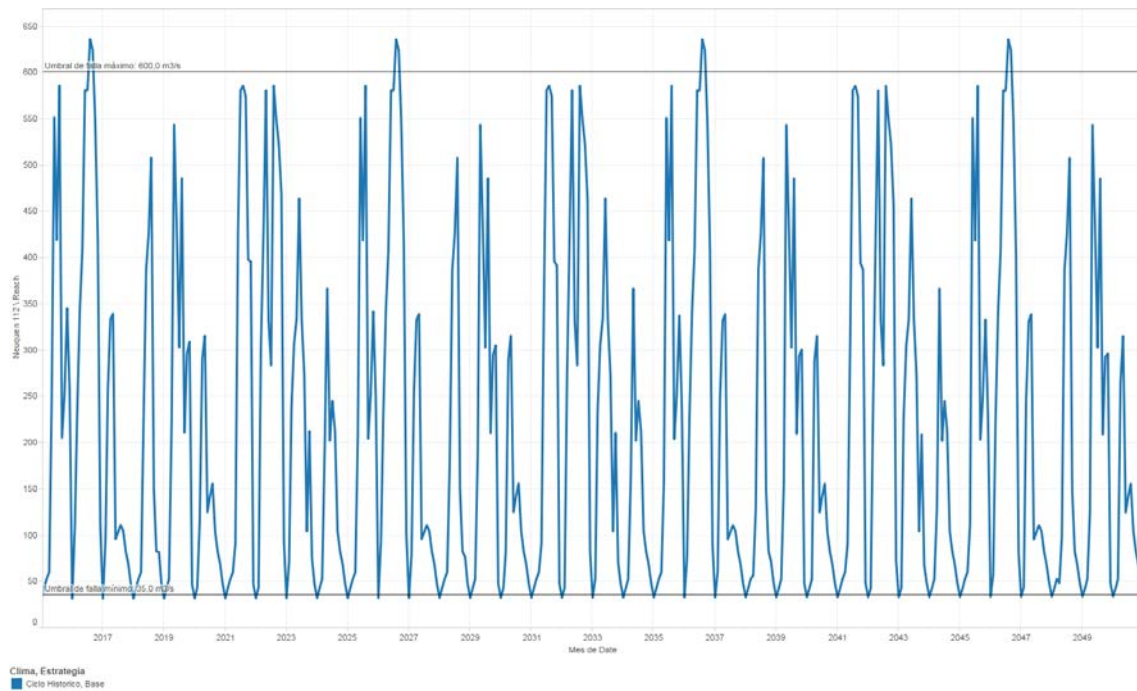
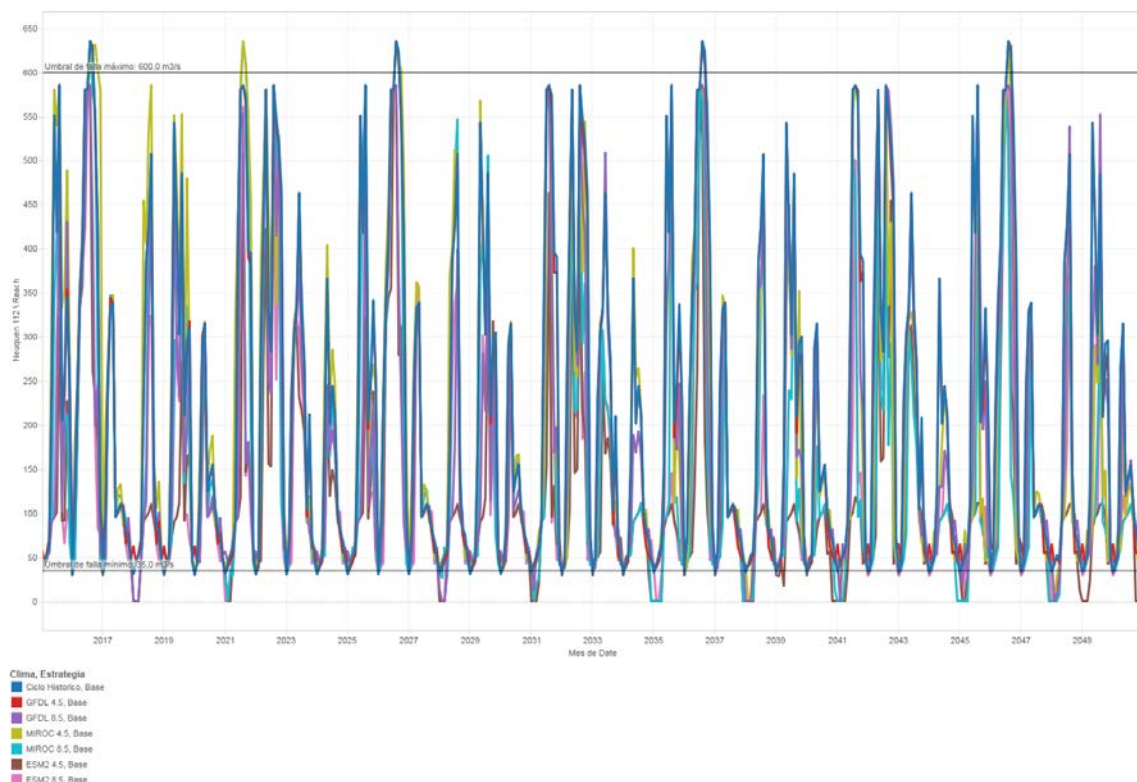


Figura xx Caudal del río Neuquén aguas abajo del Dique Ballester en función de los escenarios climáticos (estrategia Base, superficie de referencia, cultivo tradicional).

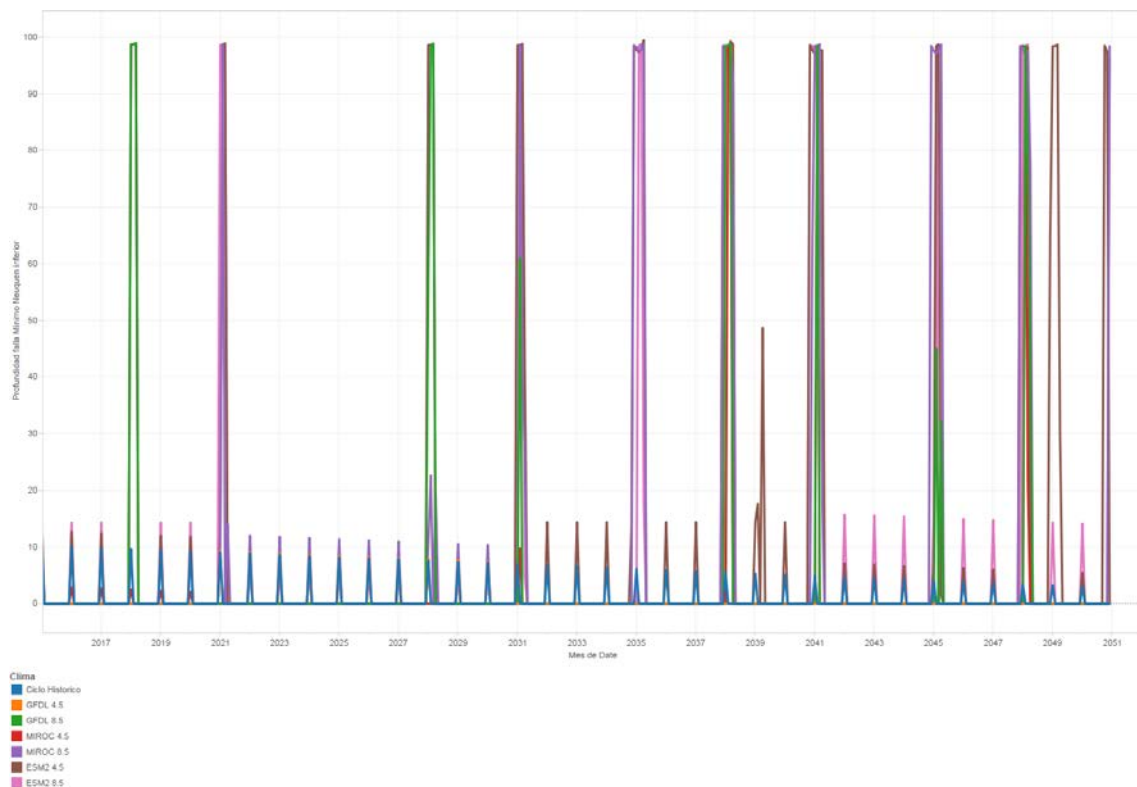


Para el ciclo de clima histórico, estrategia Base y superficie de referencia, la frecuencia de falla para el caudal mínimo es cercana al 33% para el trimestre Diciembre-Febrero y la profundidad de la falla es inferior al 10% en enero de cada año (mínimo 31.5 m³/s). En relación al caudal máximo, la frecuencia de falla es menor aún y la profundidad de la falla es moderada una vez

por década (agosto), superando en un 6% el umbral de falla máximo (636 m³/s versus 600 m³/s). El escenario de superficie potencial presenta en general una mayor frecuencia y profundidad de falla. Los escenarios de tipo de cultivo no tienen una influencia significativa sobre la frecuencia y la magnitud de falla.

Con respecto al resto de los escenarios climáticos, la profundidad de falla del caudal máximo es inferior para todos los climas con excepción de GFDL 4.5 y MIROC 4.5, donde es similar a la del ciclo de clima histórico. En cambio, en relación a la profundidad de falla correspondiente al caudal mínimo se aprecia un incremento de la misma respecto del clima histórico para los escenarios ESM2 4.5, ESM2 8.5, GFDL 8.5, MIROC 4.5 y MIROC 8.5, donde el caudal llega prácticamente a cero durante algunos de los meses (diciembre a abril).

Figura xx Profundidad de falla mínimo caudal abajo del Dique Ballester en función de los escenarios climáticos (estrategia base, superficie de referencia, cultivo tradicional).



Con respecto a las estrategias, la eficiencia en conducción agrícola, la eficiencia de riego y la estrategia combinada reducen significativamente la frecuencia de falla del caudal mínimo (principalmente para la superficie potencial) pero tienen menor influencia sobre la profundidad de falla del caudal mínimo y sobre la frecuencia y profundidad de falla correspondiente al caudal máximo. La implementación de centrales de Alta Factibilidad también reduce en forma moderada la frecuencia de falla del caudal mínimo, y la profundidad de falla en forma más significativa para la mayoría de los climas.

Figura xx Profundidad de falla (mínimo caudal) del río Neuquén aguas abajo del Dique Ballester, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



Figura xx Profundidad de falla (mínimo caudal) del río Neuquén aguas abajo del Dique Ballester relativa a la estrategia Base, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



Figura xx Frecuencia de falla (mínimo caudal) del río Neuquén aguas abajo del Dique Ballester, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.

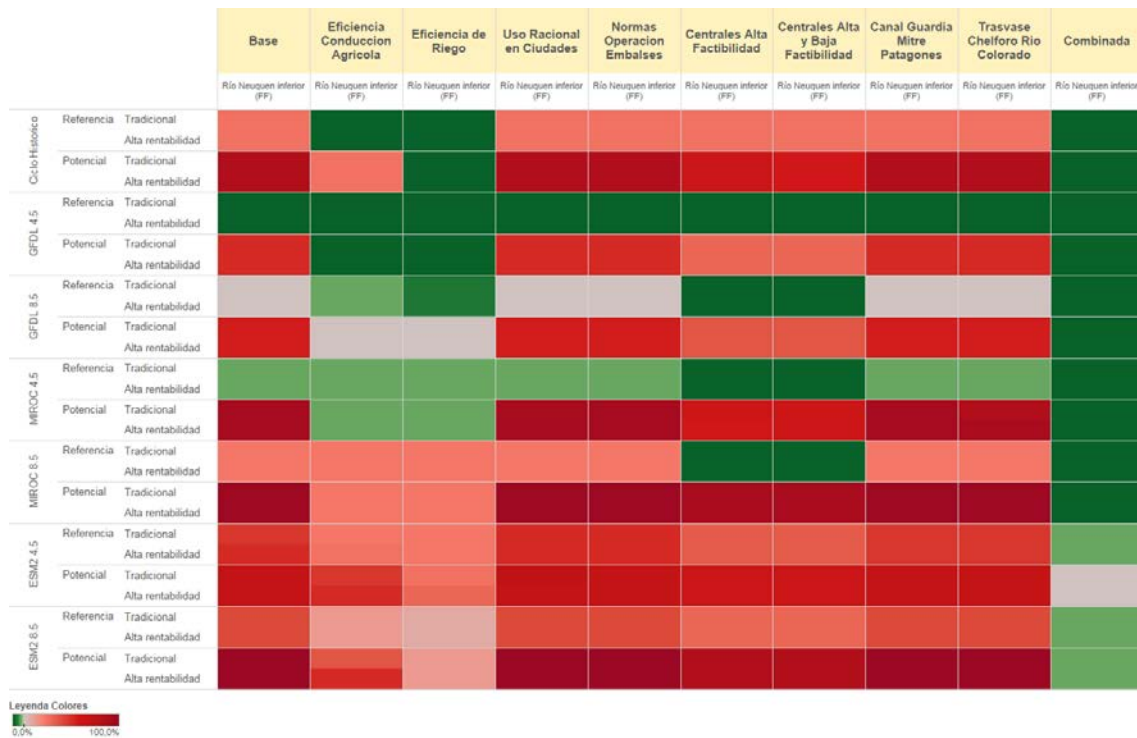


Figura 2.2 Frecuencia de falla (mínimo caudal) del río Neuquén aguas abajo del dique Ballester, década 2041-2050 respecto de la estrategia de Base, Diciembre-Febrero.

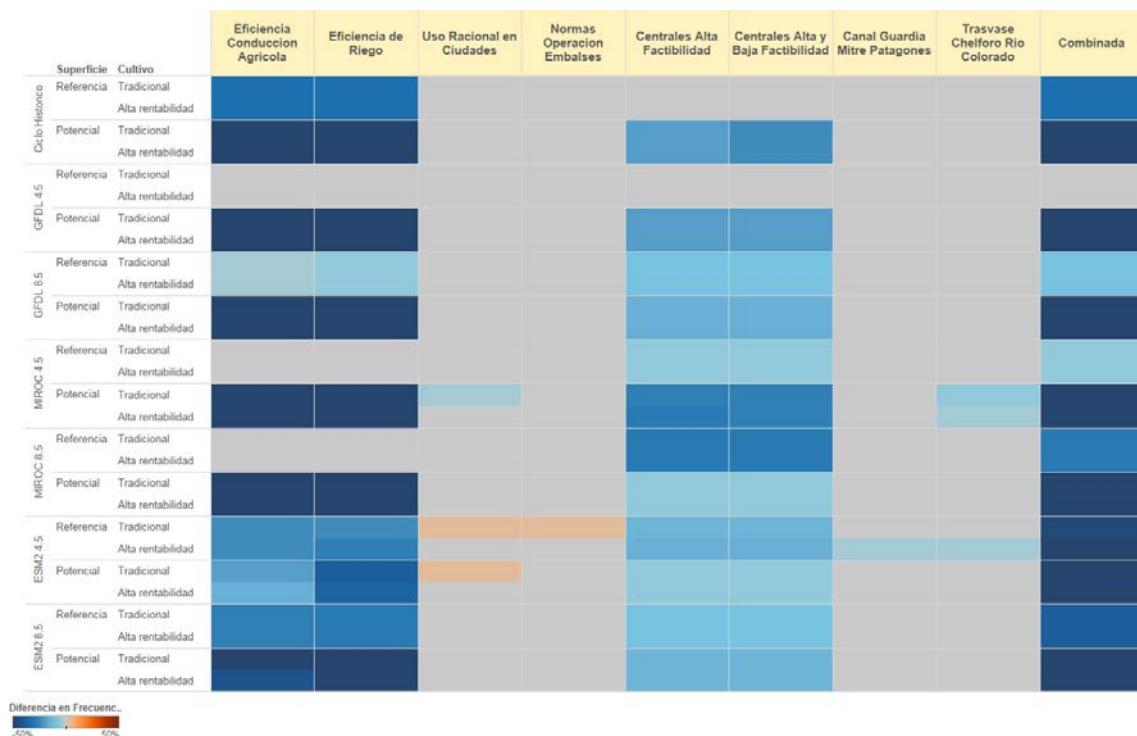


Figura 2.2 Frecuencia de falla (máximo caudal) del río Neuquén debajo del Dique Ballester, década 2041-2050, Agosto.

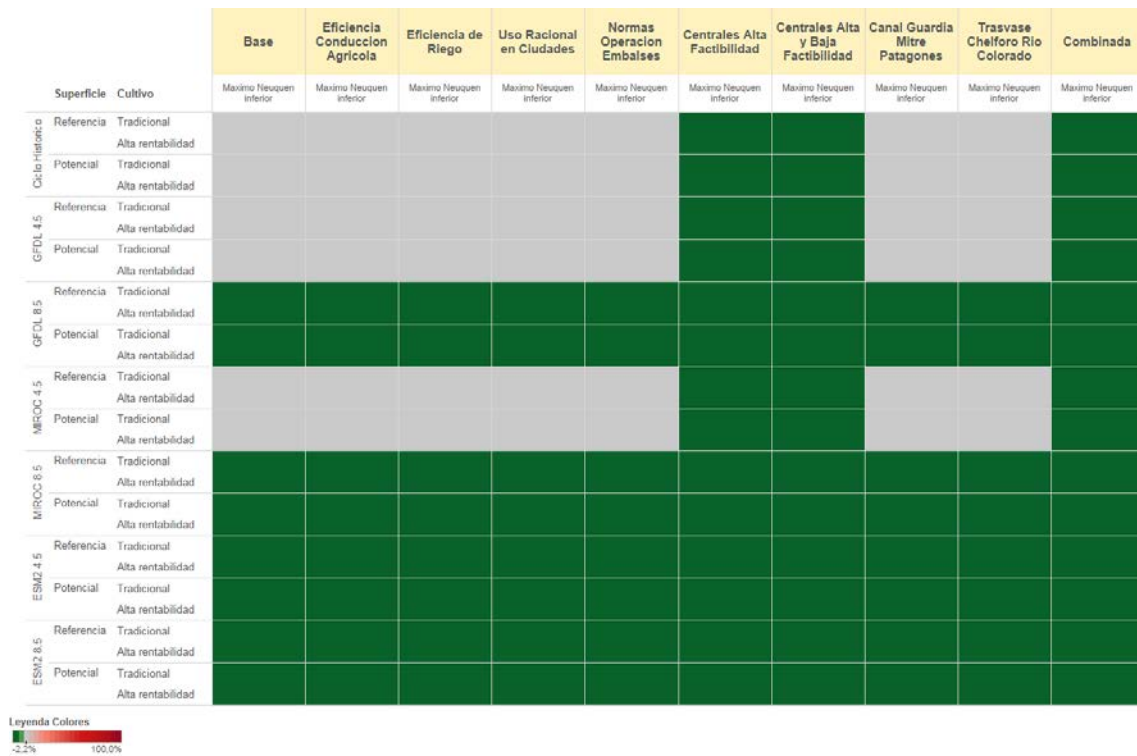
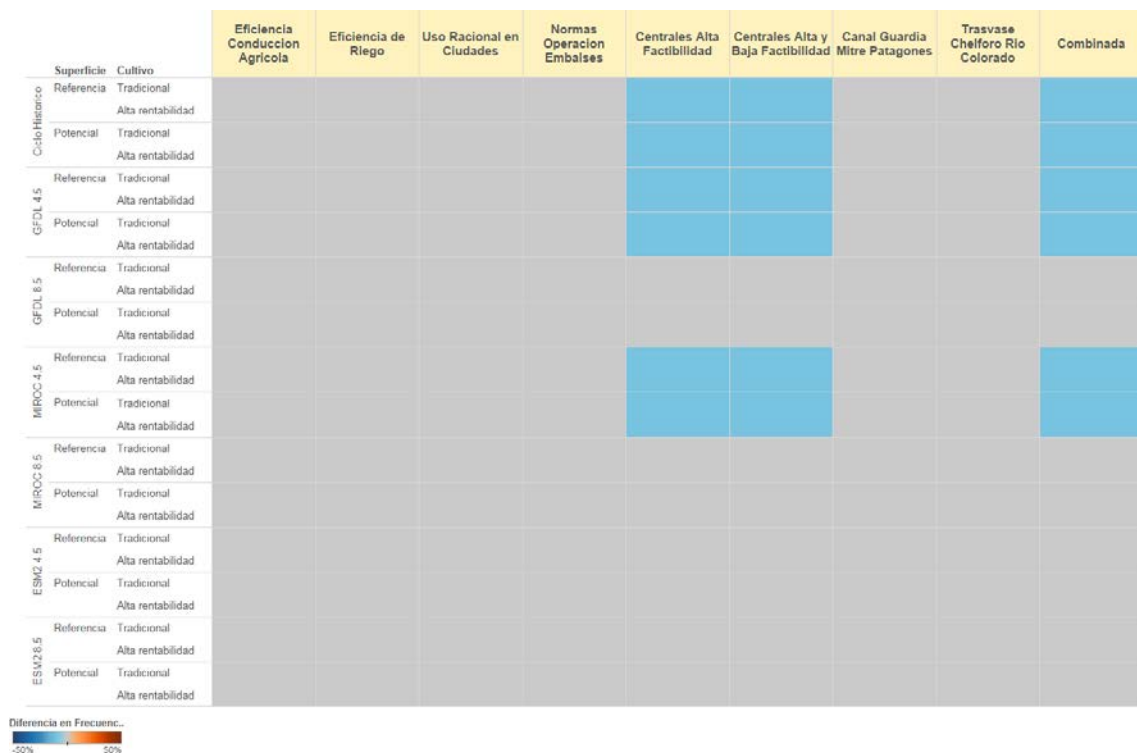


Figura 2.2 Frecuencia de falla (máximo caudal) del río Neuquén debajo del Dique Ballester respecto de la estrategia Base, década 2041-2050, Agosto.



En síntesis, para el caudal mínimo la introducción de Centrales de Alta Factibilidad, la eficiencia en conducción agrícola y eficiencia en riego serían efectivas para reducir tanto la frecuencia

como la profundidad de falla en gran parte de los escenarios climáticos durante la temporada de riego. La estrategia combinada suma ambos efectos positivos. Para el caudal máximo, la estrategia Centrales de Alta Factibilidad reduce la frecuencia de falla en forma moderada para tres de los siete escenarios climáticos y prácticamente elimina la profundidad de falla.

7.5. Frecuencia y Profundidad de falla del caudal del Río Negro en la Confluencia



Se define un umbral de falla de 400 m³/s a la altura de la Confluencia entre los ríos Limay y Neuquén. Por debajo de este caudal se podría comprometer el abastecimiento de diversas demandas del Alto Valle, Valle Medio y Valle Inferior del Río Negro.

Figura xx. Caudal del río Negro a la altura de Confluencia para el ciclo de clima histórico (estrategia base, superficie de referencia, cultivo tradicional).

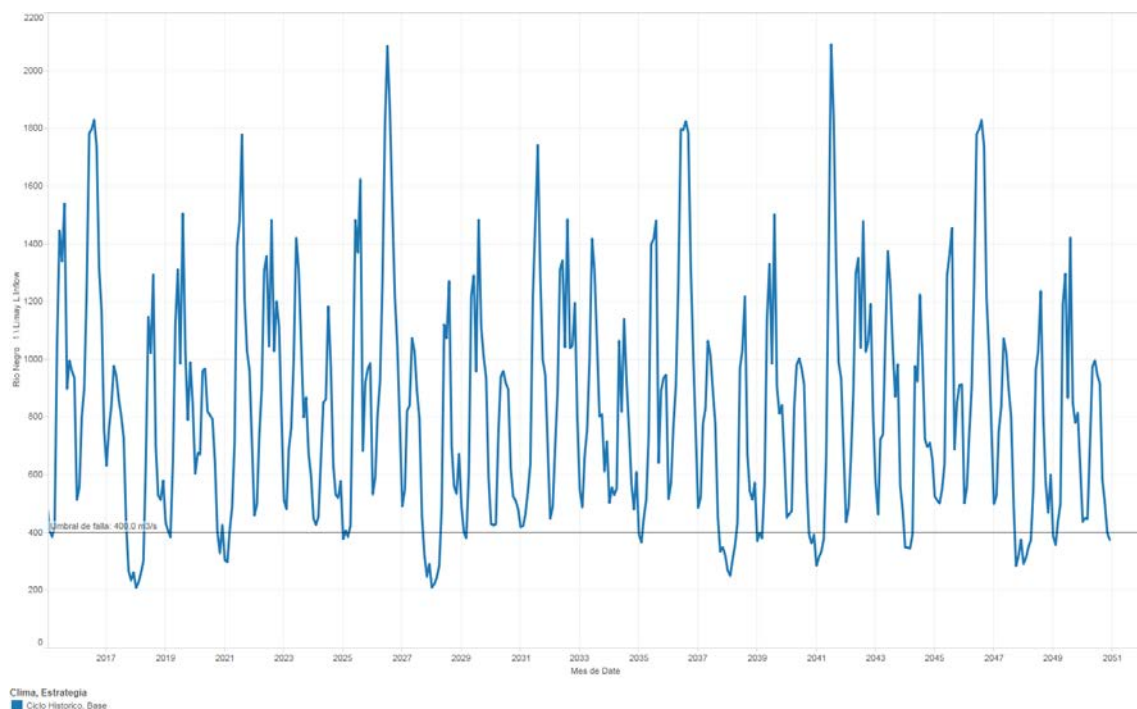
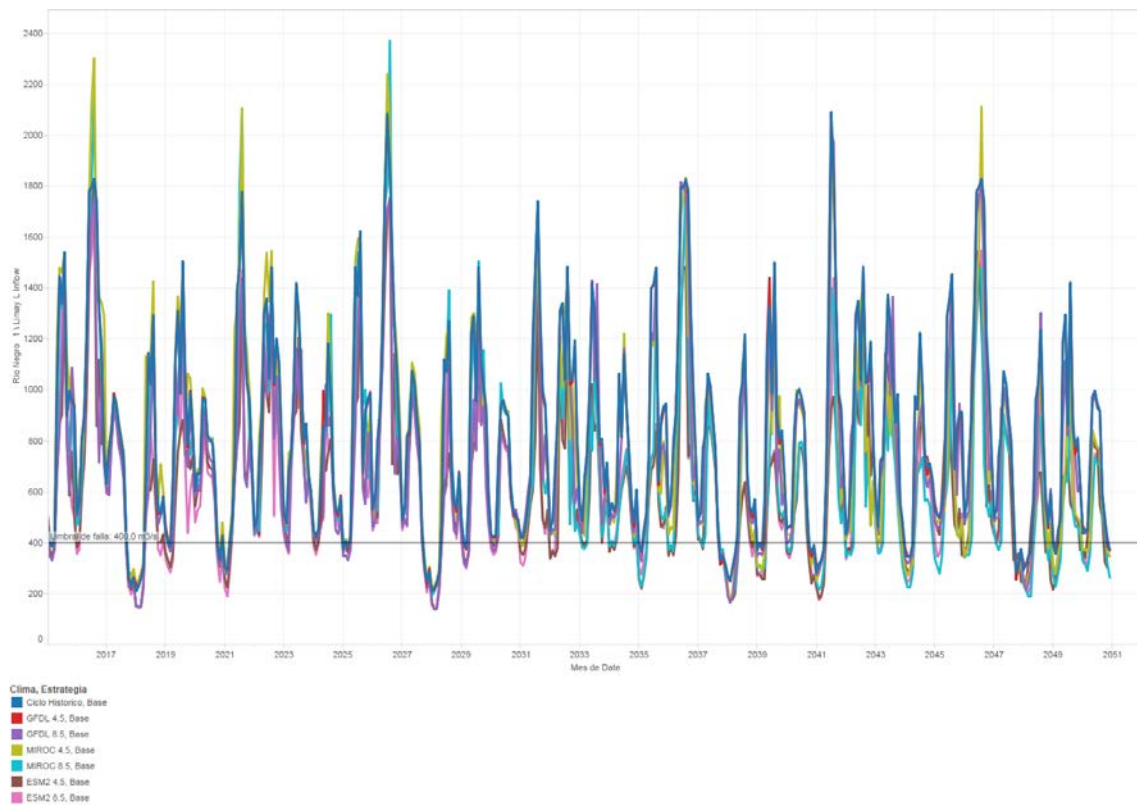


Figura xx. Caudal del río Negro a la altura de Confluencia en función de los escenarios climáticos (estrategia base, superficie de referencia, cultivo tradicional).



La profundidad de falla para el ciclo de clima histórico es moderada, alcanzando valores máximos cercanos al 45% del umbral de falla en Enero-Febrero de algunos años (200 m³/s). El escenario de superficie potencial incrementa levemente la profundidad de falla. Para la estrategia de Base y el clima histórico la frecuencia de falla hacia la década 2041-2050 es del 33% y se incrementa hasta un máximo de 87% para ESM2 8.5. La profundidad de falla máxima se incrementa respecto del clima histórico en los escenarios GFDL 8.5 (<65%), MIROC 4.5 (<58%), MIROC 8.5 (<55%) y ESM2 4.5 y 8.5 (<65%), siempre durante enero-marzo.

Figura xx. Profundidad de falla para Confluencia en función del escenario climáticos (estrategia base, superficie de referencia, cultivo tradicional).

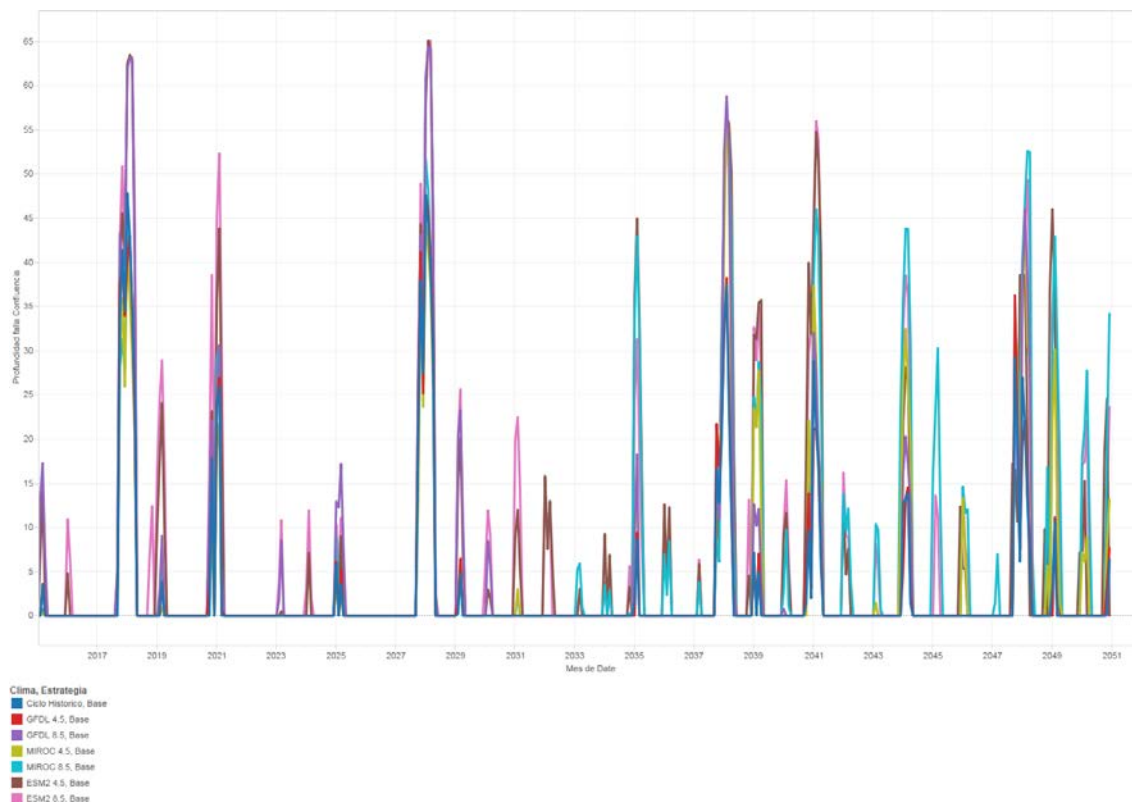


Figura xx. Profundidad de falla mínimo caudal del río Negro a la altura de Confluencia, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



Figura xx. Profundidad de falla mínimo caudal del río Negro a la altura de Confluencia relativa a la estrategia Base, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.

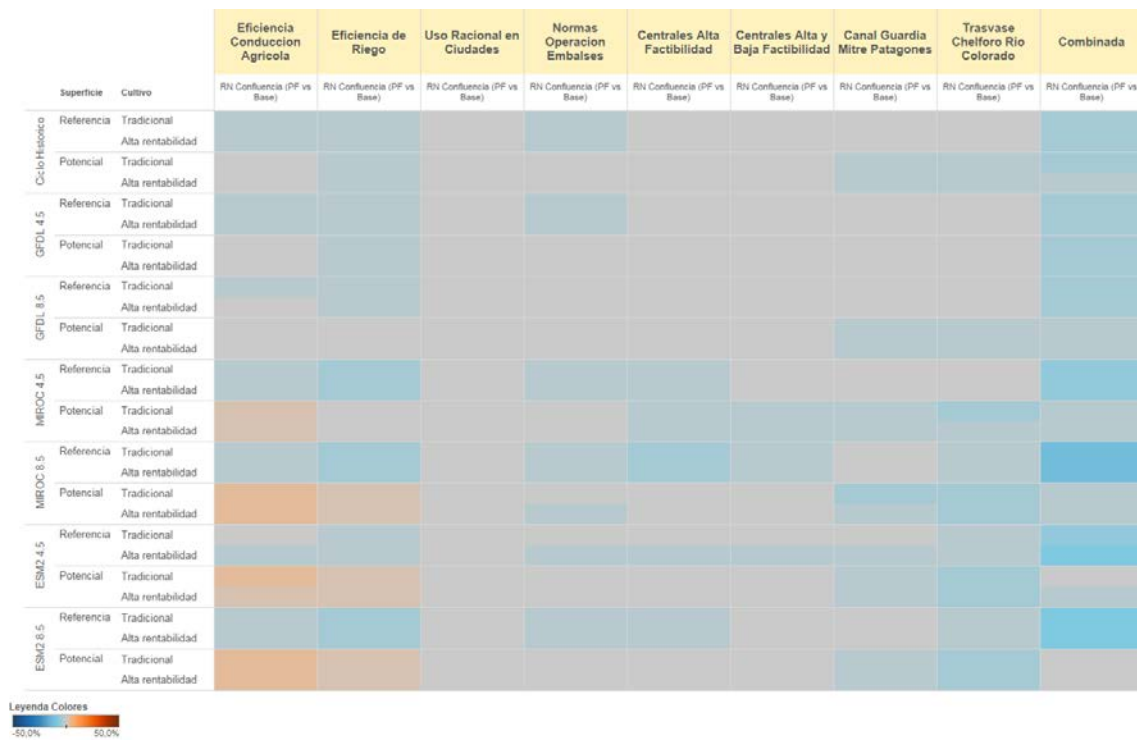
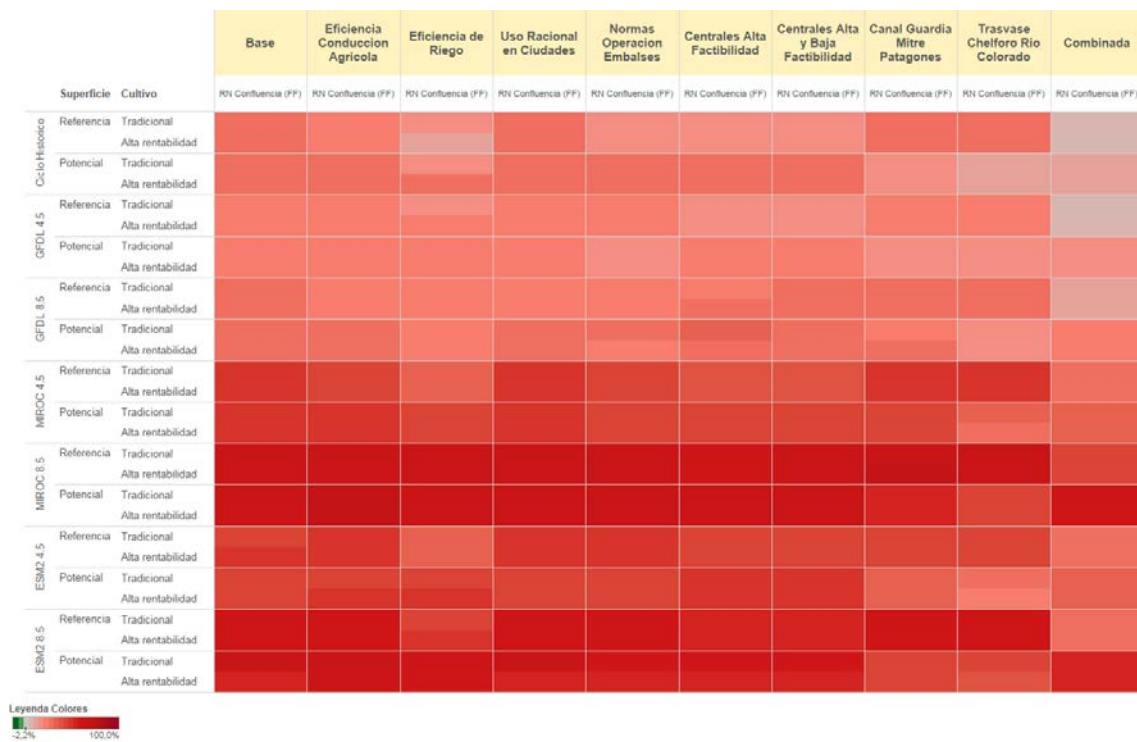


Figura xx. Frecuencia de falla mínimo caudal del río Negro a la altura de Confluencia, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.

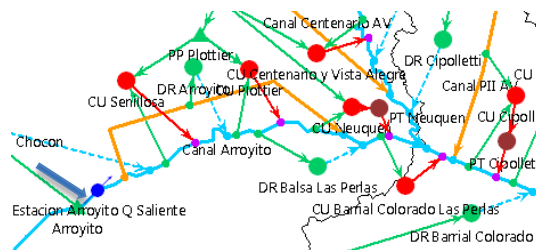


En la década 2041-2050, la frecuencia de falla se reduce en forma moderada para la mayor parte de los escenarios climáticos respecto de la estrategia de base ante la introducción de la estrategia combinada. El efecto del resto de las estrategias es variable.

Figura 2.2 Frecuencia de falla mínimo caudal del río Negro a la altura de Confluencia respecto de la estrategia Base, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



7.6. Frecuencia y Profundidad de falla del caudal del Río Limay a la salida de Arroyito



El umbral de falla para el verano se define como el caudal mínimo que permite un normal abastecimiento al Canal Arroyito. Se adopta para este caudal un valor de 280 m3/s.

La profundidad de falla para el ciclo de clima histórico es significativa una vez por década, alcanzando valores máximos cercanos al 40% del umbral de falla en Enero-Febrero de algunos años (170 m3/s). Los escenarios climáticos MIROC 4.5, MIROC 8.5, ESM2 4.5, y ESM2 8.5 incrementan en forma moderada tanto la frecuencia como la profundidad de falla. Para la década de 2041-2050 la frecuencia de falla en la estrategia de base y clima histórico es cercana

al 13% (Diciembre-Febrero). En dicha década la frecuencia de falla se incrementa para el clima MIROC 8.5, ESM2 4.5, ESM2 8.5, y MIROC 4.5, principalmente para la superficie de referencia.

Figura xx. Caudal del río Limay a la salida de Arroyito para el ciclo de clima histórico (estrategia base, superficie de referencia, cultivo tradicional).

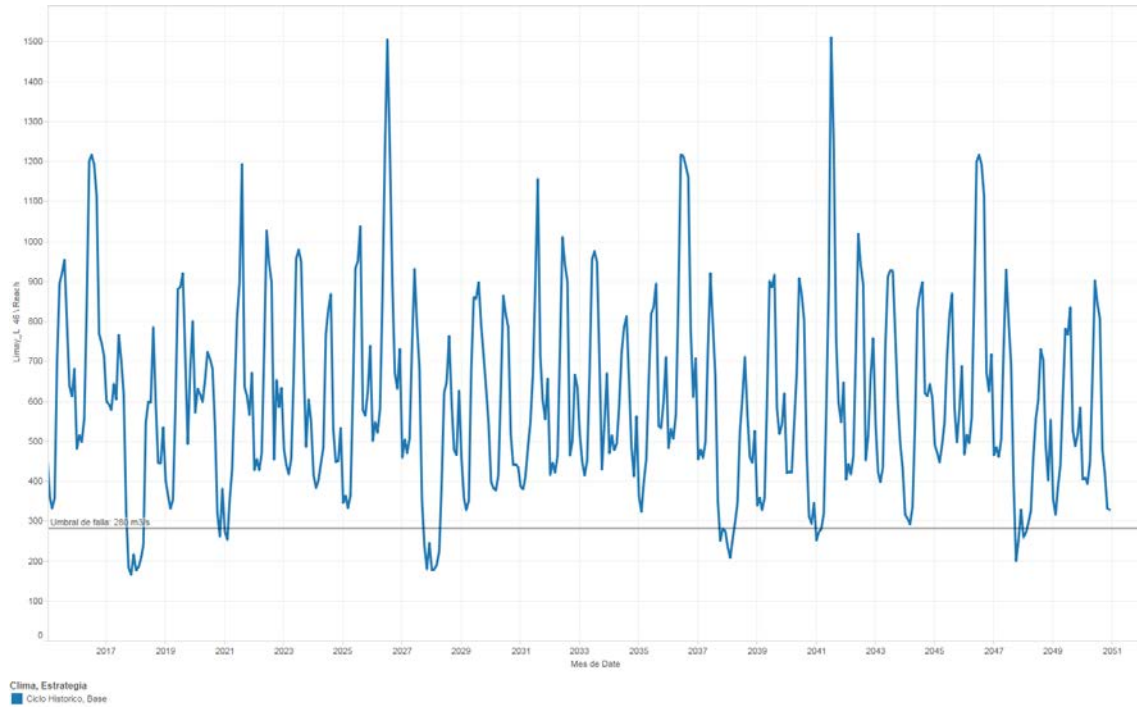


Figura xx. Caudal del río Limay a la salida de Arroyito para todos los escenarios climáticos (estrategia base, superficie de referencia, cultivo tradicional).

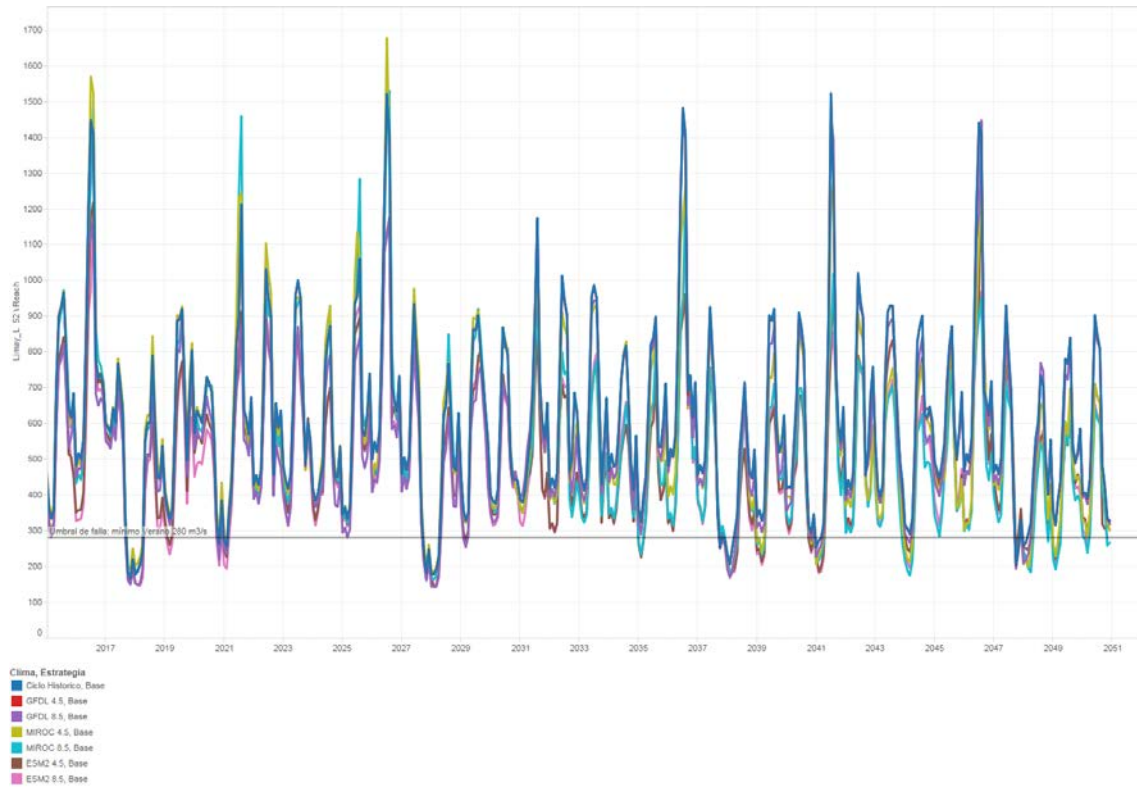


Figura xx Profundidad de falla mínimo caudal del río Limay en verano a la altura de la salida del embalse Arroyito, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.

		Base	Eficiencia Conduccion Agrícola	Eficiencia de Riego	Uso Racional en Ciudades	Normas Operacion Embalses	Centrales Alta Factibilidad	Centrales Alta y Baja Factibilidad	Canal Guardia Mitre Patagones	Trasvase Chelfero Rio Colorado	Combinada
Superficie	Cultivo	Limay mínimo Arroyito (PF)	Limay mínimo Arroyito (PF)	Limay mínimo Arroyito (PF)	Limay mínimo Arroyito (PF)	Limay mínimo Arroyito (PF)	Limay mínimo Arroyito (PF)	Limay mínimo Arroyito (PF)	Limay mínimo Arroyito (PF)	Limay mínimo Arroyito (PF)	Limay mínimo Arroyito (PF)
Ciclo Histórico	Referencia Tradicional	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Potencial Alta rentabilidad	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
GFDL 4.5	Referencia Tradicional	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Potencial Alta rentabilidad	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
GFDL 8.5	Referencia Tradicional	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Potencial Alta rentabilidad	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
MIROC 4.5	Referencia Tradicional	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Potencial Alta rentabilidad	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
MIROC 8.5	Referencia Tradicional	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Potencial Alta rentabilidad	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
ESM2 4.5	Referencia Tradicional	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Potencial Alta rentabilidad	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
ESM2 8.5	Referencia Tradicional	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█
	Potencial Alta rentabilidad	█	█	█	█	█	█	█	█	█	█

Figura xx Profundidad de falla mínimo caudal del río Limay en verano a la altura de la salida del embalse Arroyito relativa a la estrategia Base, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.

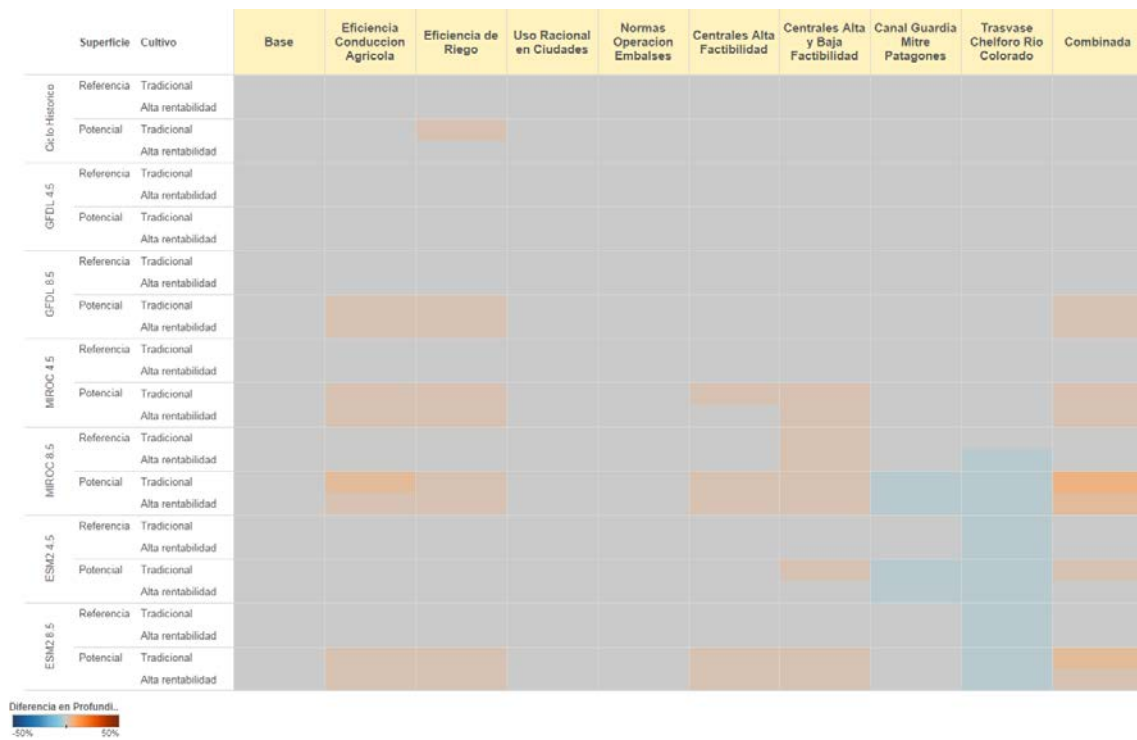


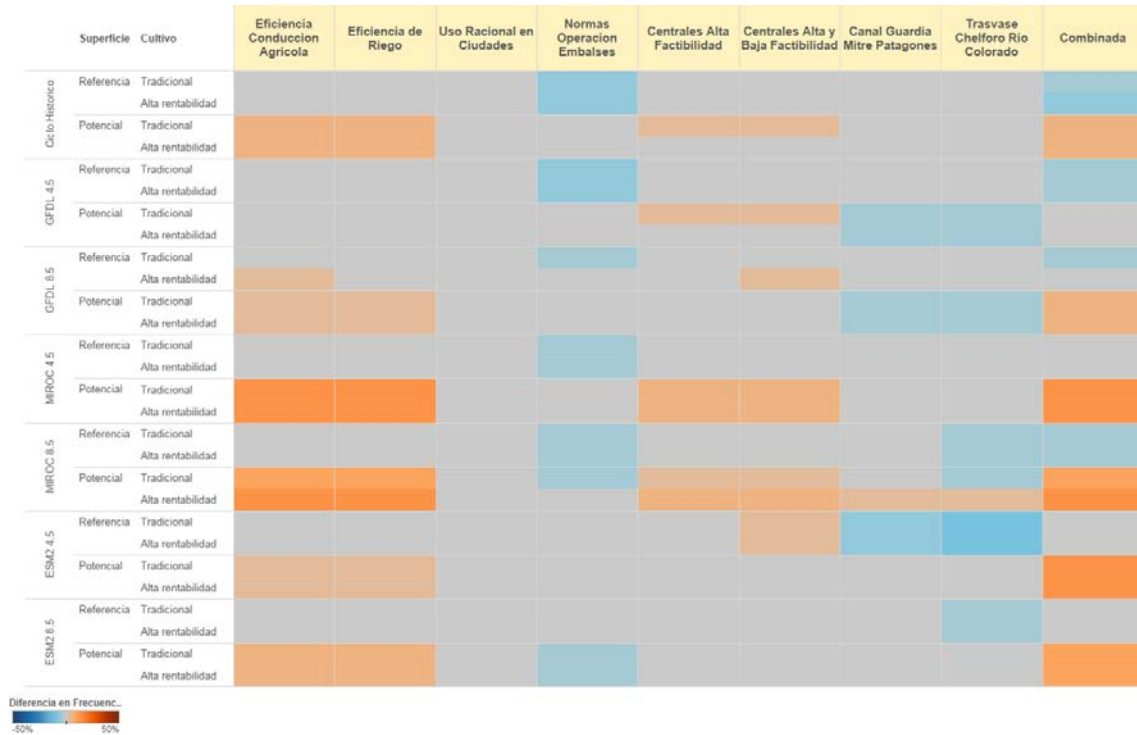
Figura xx Frecuencia de falla mínimo caudal del río Limay en verano a la altura de la salida del embalse Arroyito, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



Las estrategias tienen un efecto positivo o negativo moderado sobre la frecuencia de falla dependiendo del escenario, respecto de la estrategia de Base. Ninguna de las estrategias tiene

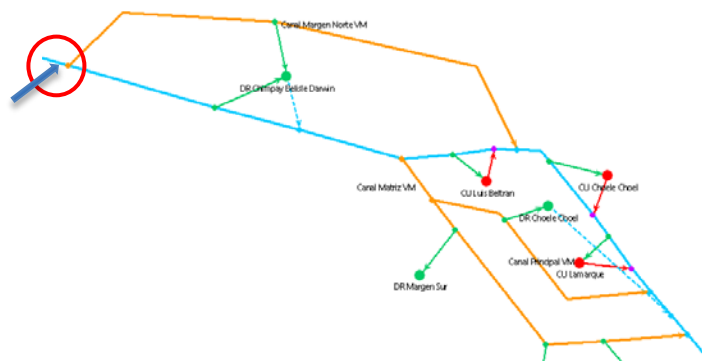
un efecto significativo sobre la profundidad de falla correspondiente al mínimo caudal en verano.

Figura 2.2 Frecuencia de falla mínimo caudal del río Limay en verano a la altura de la salida del embalse Arroyito respecto de la estrategia Base, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



Con respecto a la frecuencia de falla de este tramo del río Limay en invierno (Julio-Septiembre), no se registra falla actual o futura para ninguno de los escenarios analizados.

7.7. Frecuencia y Profundidad de falla del caudal del Río Negro en la bocatoma del Canal Margen Norte de Valle Medio



El umbral de falla para el abastecimiento al canal Margen Norte del Valle Medio se establece en 450 m3/s sobre el Río Negro a la altura de la toma del canal. Por debajo de este nivel se

estaría comprometiendo el abastecimiento para riego de las áreas ubicadas sobre la margen norte del Valle Medio (Chimpay, Belisle, Darwin).

Figura xx. Caudal del río Negro justo antes de la toma del Canal Margen Norte para el ciclo de clima histórico (estrategia base, superficie de referencia, cultivo tradicional).

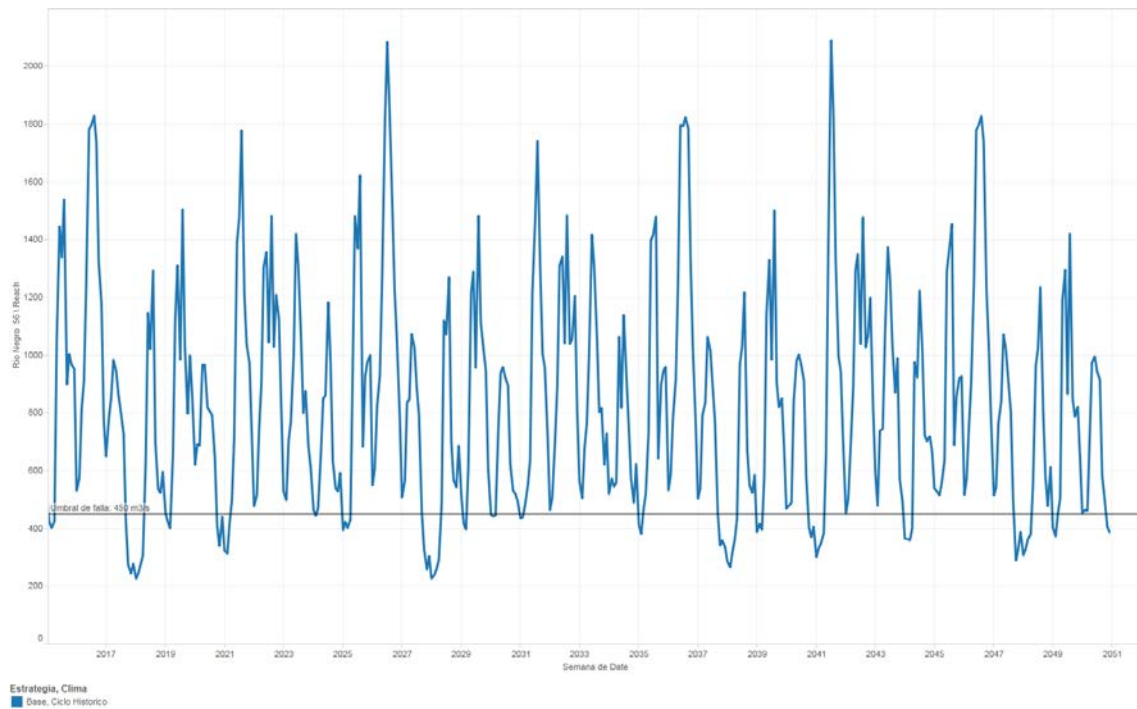
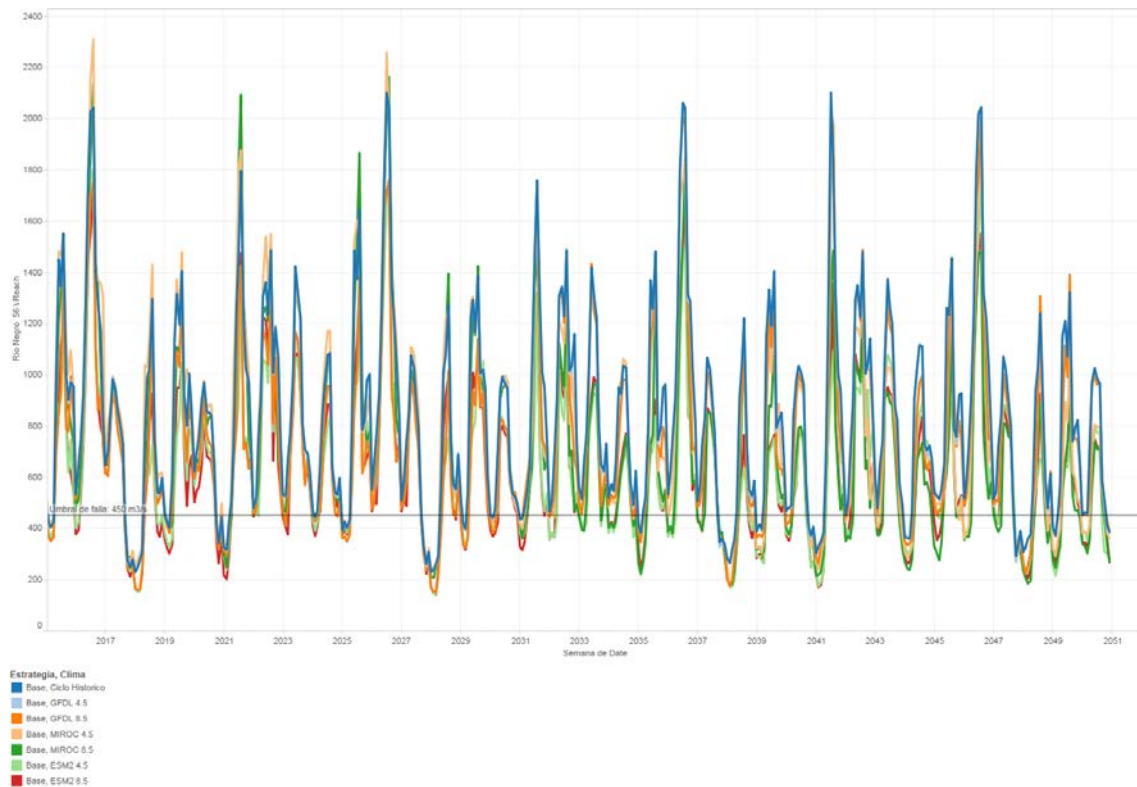


Figura xx. Caudal del río Negro justo antes de la toma del Canal Margen Norte en función de los escenarios climáticos (estrategia base, superficie de referencia, cultivo tradicional).



Para el ciclo de clima histórico la profundidad de falla se encuentra en general en el rango del 10%-50% (Enero-Marzo). La mayor parte de los escenarios climáticos incrementan la profundidad de falla, alcanzando máximos cercanos al 65% (GFDL 8.5, MIROC 4.5, MIROC 8.5, ESM2 4.5, ESM2 8.5). La superficie potencial incrementa marginalmente la profundidad de falla. Por otra parte, la estrategia de Trasvase al río Colorado incrementa la profundidad de falla máxima. La estrategia combinada reduce la profundidad de falla en forma muy moderada.

Figura xx. Profundidad de falla en el río Negro justo antes de la toma del Canal Margen Norte en función de los escenarios climáticos (estrategia base, superficie de referencia, cultivo tradicional).

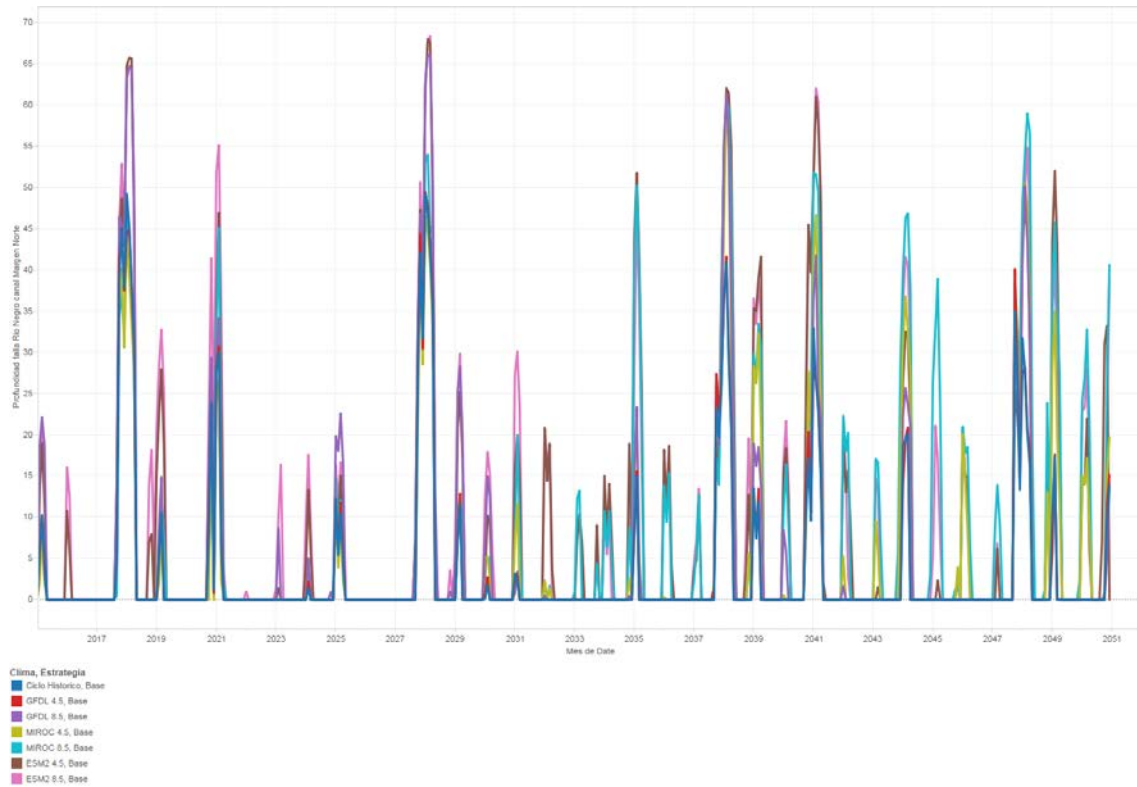


Figura xx. Profundidad de falla del río Negro a la altura de la toma del Canal Margen norte del Valle Medio, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.

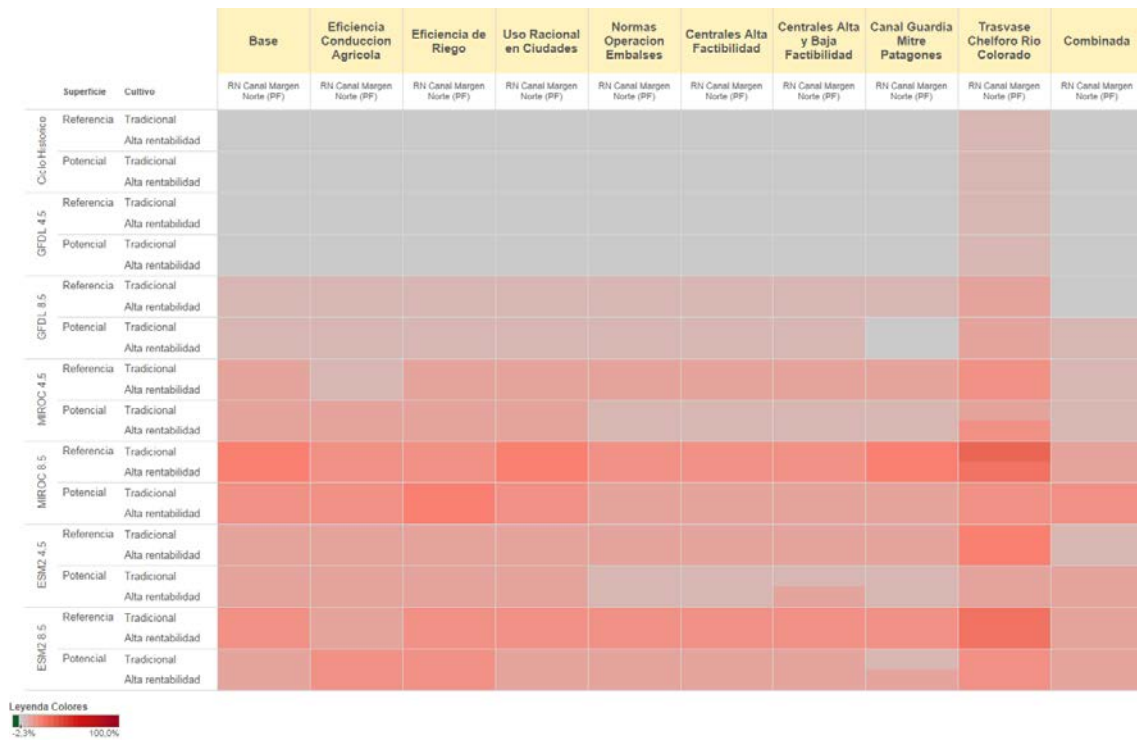
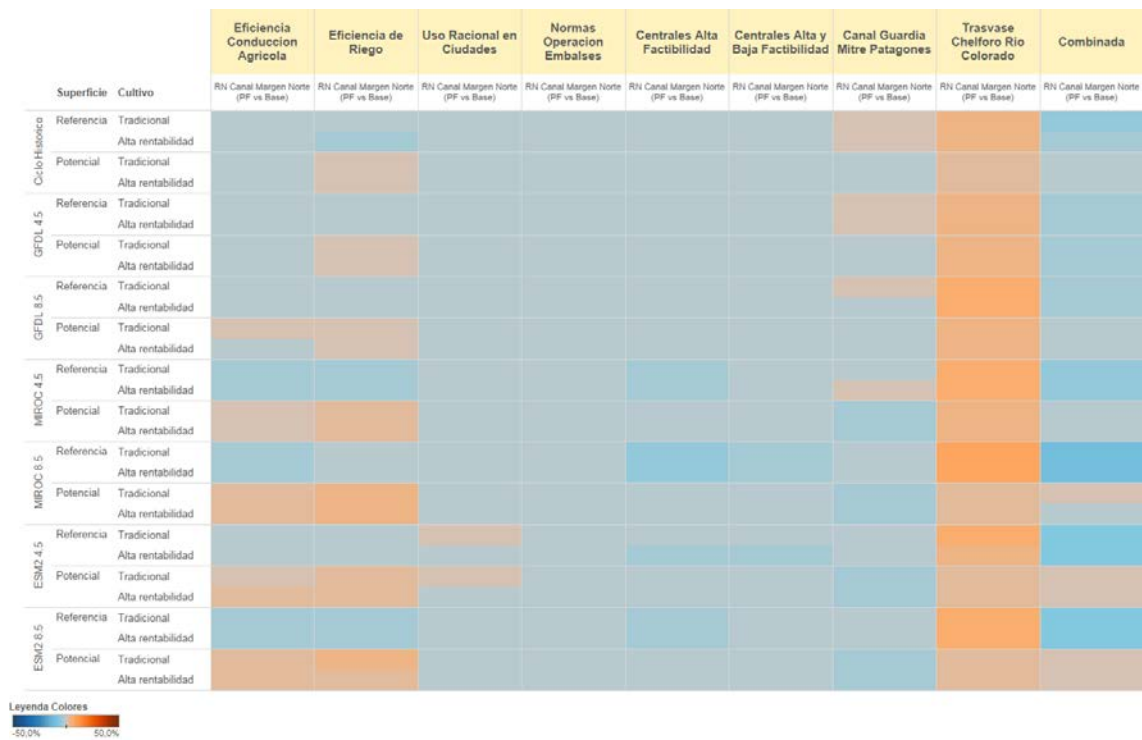
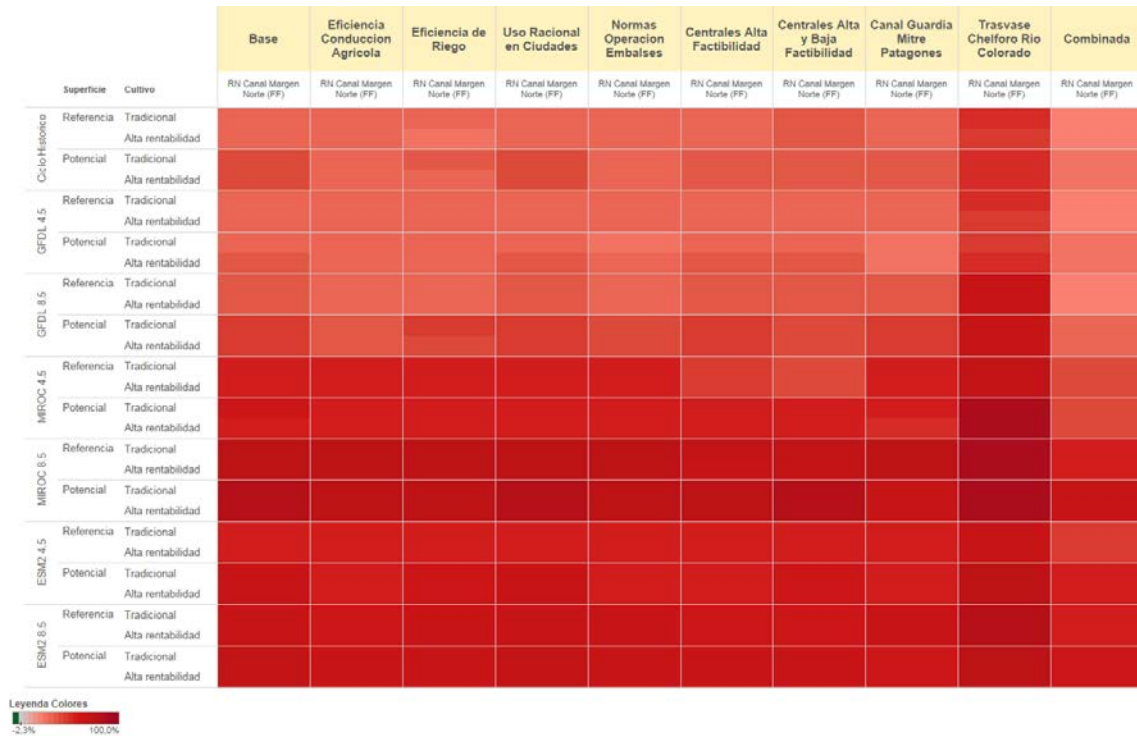


Figura xx. Profundidad de falla del río Negro a la altura de la toma del Canal Margen norte del Valle Medio relativa a la estrategia Base, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



Para la década de 2041-2050 la frecuencia de falla en la estrategia de base y clima histórico es cercana al 33% (Diciembre-Febrero). En dicha década la frecuencia de falla se incrementa apreciablemente para el clima MIROC 8.5 (>77%), y ESM2 4.5 y 8.5.

Figura 2.2 Frecuencia de falla del río Negro a la altura de la toma del Canal Margen norte del Valle Medio, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.

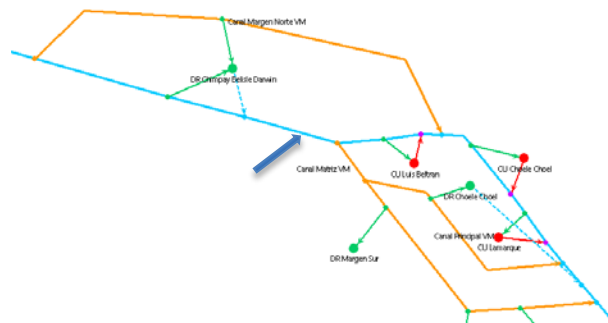


Con respecto al cambio de la frecuencia de falla en función de las estrategias, para la década 2041-2050 la estrategia de trasvase Chelforo-Río Colorado incrementa la frecuencia de falla en el trimestre Diciembre-Febrero para la mayor parte de los escenarios y particularmente en el escenario MIROC 4.5 y GFDL 8.5. El resto de las estrategias reducen en magnitud variable la frecuencia de falla respecto de la estrategia de Base. Las estrategias eficiencia en conducción, eficiencia en riego, cambio en norma de operación de embalse, introducción de centrales de Alta y Baja factibilidad producen reducciones moderadas en la frecuencia de falla cuya magnitud depende de cada escenario. La estrategia combinada presenta una reducción en la frecuencia de falla generalizada, con valores de hasta el 33% (Diciembre-Febrero).

Figura 2.2 Frecuencia de falla del río Negro a la altura de la toma del Canal Margen norte del Valle Medio respecto de la estrategia Base, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



7.8. Frecuencia y Profundidad de falla del caudal del Río Negro en la bocatoma del Canal Matriz de Valle Medio



El umbral de falla para el abastecimiento al canal Matriz del Valle Medio se establece en 300 m3/s sobre el Río Negro justo antes de la toma del canal. Por debajo de este caudal se estaría comprometiendo el abastecimiento para riego de las áreas de riego ubicadas en Choele Choele y Margen sur.

Para el ciclo de clima histórico la profundidad de falla máxima se encuentra en general en el rango del 8%-32% (Enero-Febrero). La mayor parte de los escenarios climáticos incrementan la profundidad de falla, alcanzando máximos cercanos al 55% (GFDL 8.5, MIROC 4.5, MIROC 8.5, ESM2 4.5, ESM2 8.5).

Figura xx. Caudal del río Negro justo antes de la toma del Canal Matriz para el ciclo de clima histórico (estrategia base, superficie de referencia, cultivo tradicional).

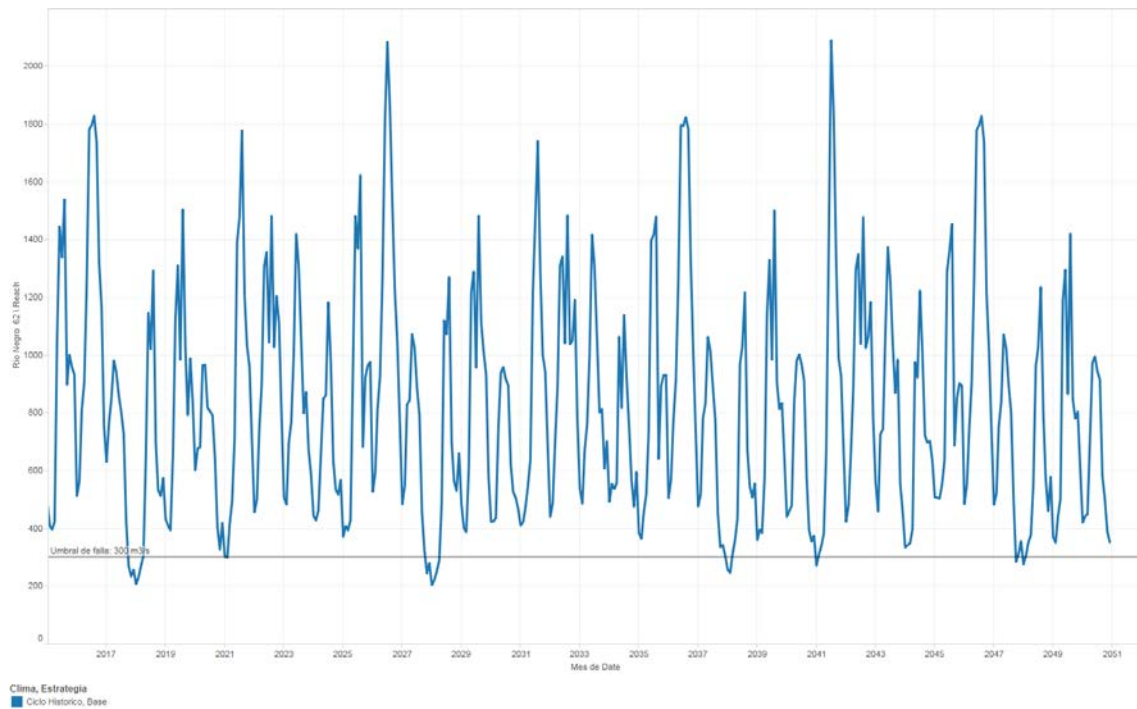


Figura xx. Caudal del río Negro justo antes de la toma del Canal Matriz en función de los escenarios climáticos (estrategia base, superficie de referencia, cultivo tradicional).

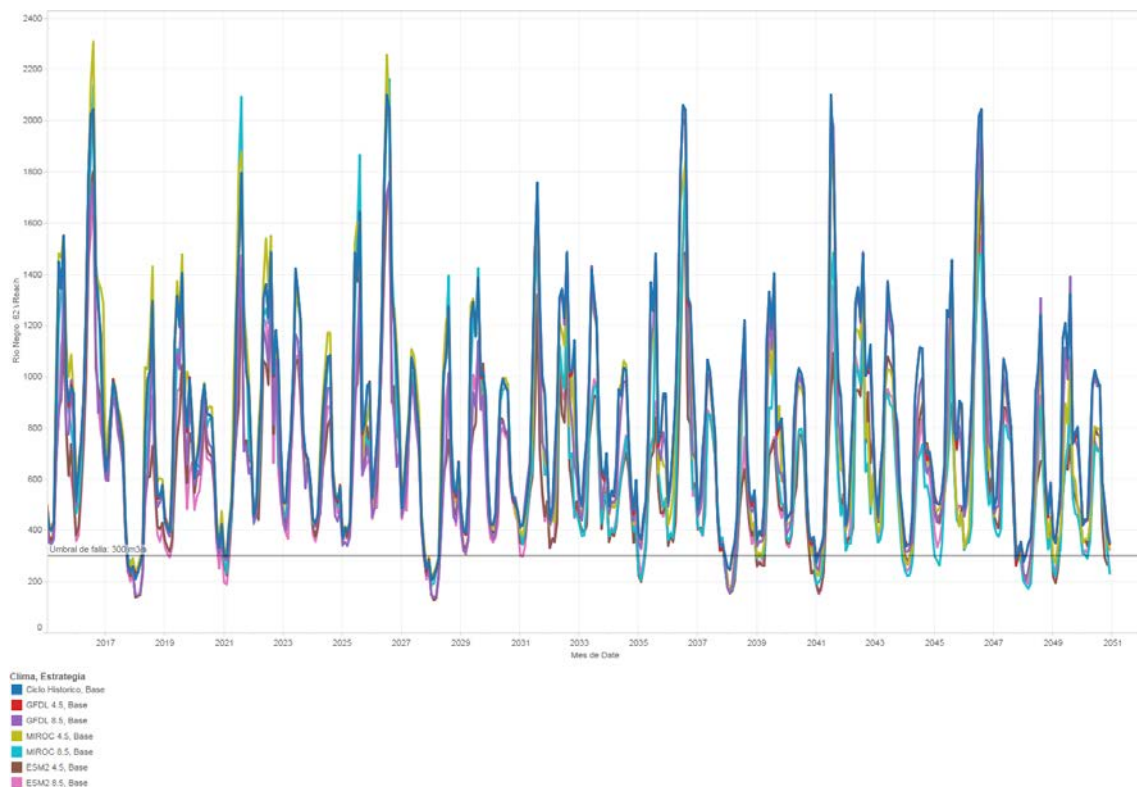
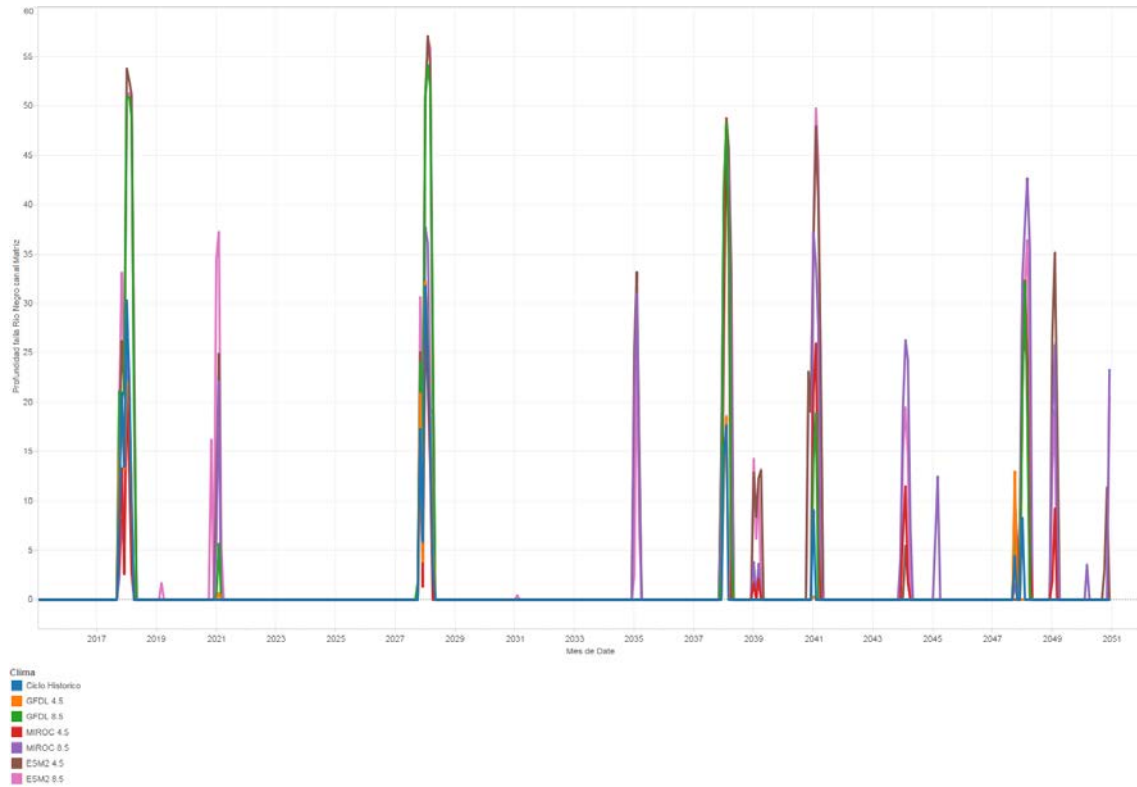


Figura xx. Profundidad de falla del río Negro justo antes de la toma del Canal Matriz en función de los escenarios climáticos (estrategia base, superficie de referencia, cultivo tradicional).



La frecuencia de falla se incrementa significativamente para el clima MIROC 8.5 (respecto del ciclo histórico).

Figura xx Profundidad de falla promedio del río Negro a la altura de la toma del Canal Matriz del Valle Medio, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.

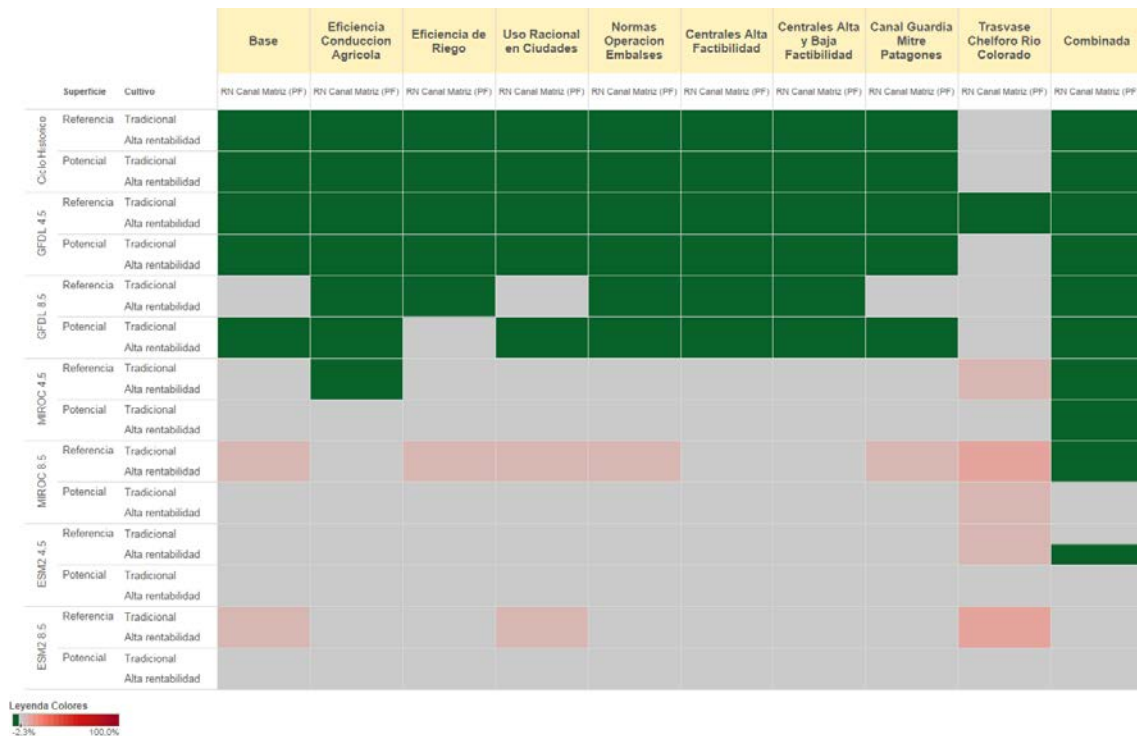
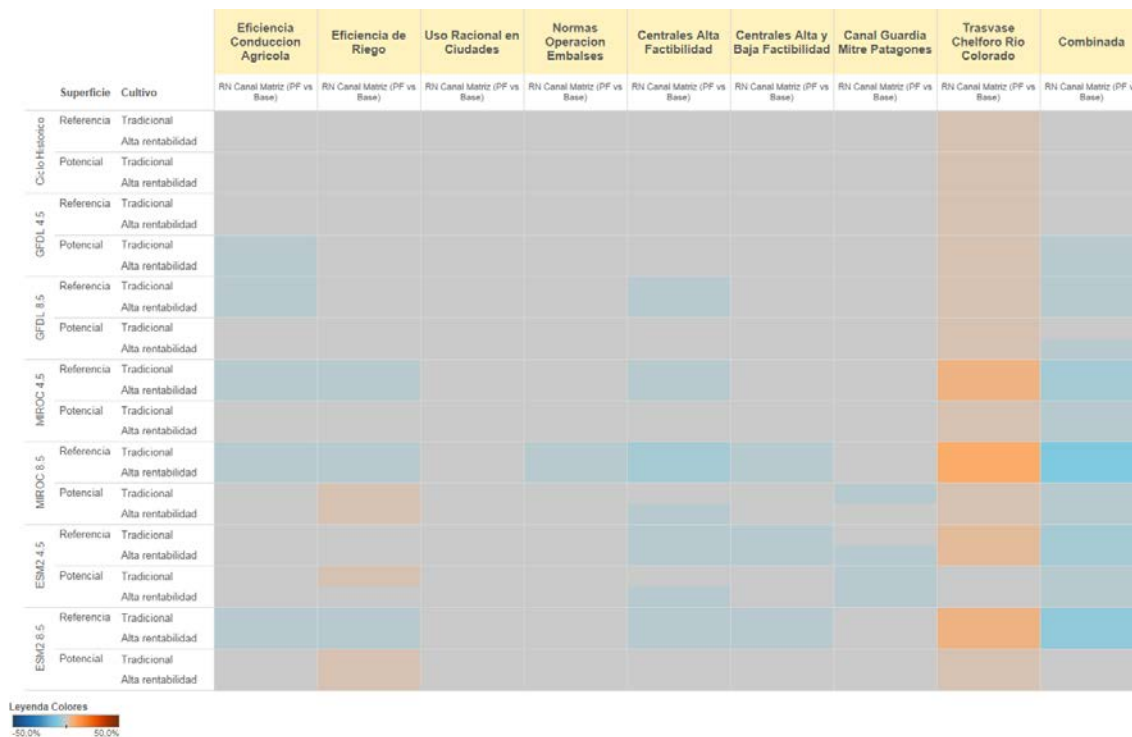
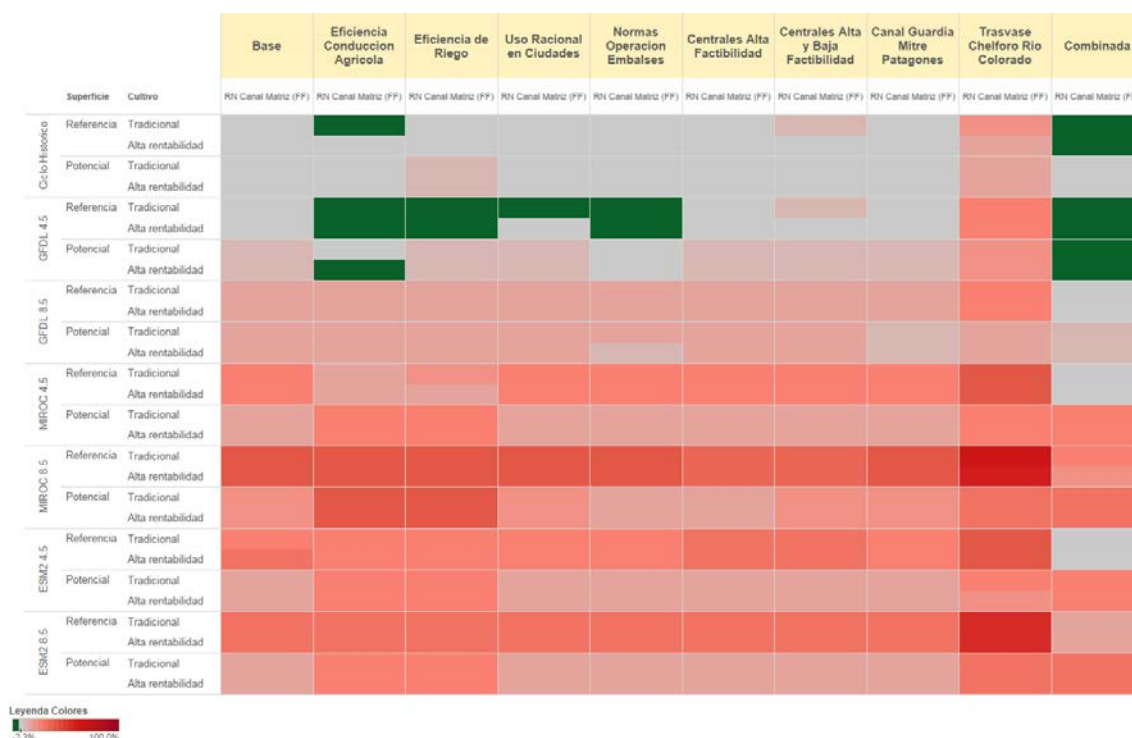


Figura xx Profundidad de falla promedio del río Negro a la altura de la toma del Canal Matriz del Valle Medio relativa a la estrategia Base, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



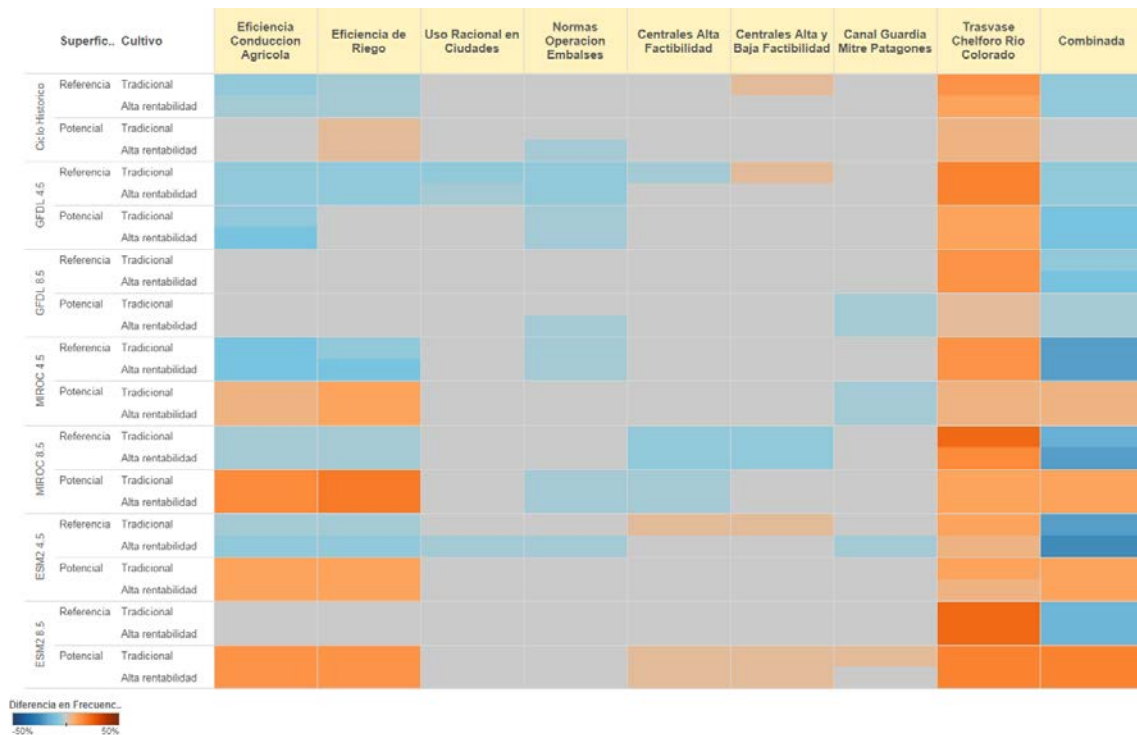
Para la década de 2041-2050, trimestre Diciembre-Febrero, la frecuencia de falla en la estrategia de base y clima histórico es cercana al 7%.

Figura xx Frecuencia de falla del río Negro a la altura de la toma del Canal Matriz del Valle Medio, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.

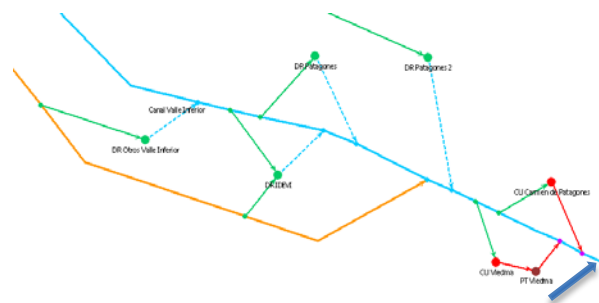


Con respecto al cambio de la frecuencia de falla en función de las estrategias, para la década 2041-2050 la estrategia de trasvase al Río Colorado incrementa la frecuencia de falla. El resto de las estrategias en general reducen o mantienen la frecuencia de falla respecto de la estrategia de Base, siendo las mayores reducciones cercanas al 15%. La estrategia combinada en general reduce la profundidad y frecuencia de falla respecto de la estrategia base.

Figura 2.2 Frecuencia de falla del río Negro a la altura de la toma del Canal Matriz del Valle Medio respecto de la estrategia Base, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



7.9. Frecuencia y Profundidad de falla del caudal del Río Negro en la desembocadura



El umbral de falla en este caso se define como el caudal ecológico que preserva las condiciones medio ambientales del estuario del Río Negro en su desembocadura al Océano Atlántico. Se adopta un valor de 250 m3/s.

Para el ciclo de clima histórico la profundidad de falla máxima se encuentra en general en el rango del 4%-69% (Enero). Los escenarios climáticos MIROC 8.5, MIROC 4.5, ESM2 4.5 y 8.5

incrementan la profundidad y frecuencia de falla, particularmente para la superficie potencial. Por otra parte, las estrategias de eficiencia en conducción y riego reducen en forma apreciable la profundidad de falla, al igual que la estrategia combinada. La estrategia de trasvase empeora en forma moderada la profundidad y frecuencia de falla, en tanto que el canal Guardia Mitre Patagones lo hace en forma poco significativa.

Figura xx. Caudal del río Negro justo antes de la desembocadura para el ciclo de clima histórico (estrategia base, superficie de referencia, cultivo tradicional).

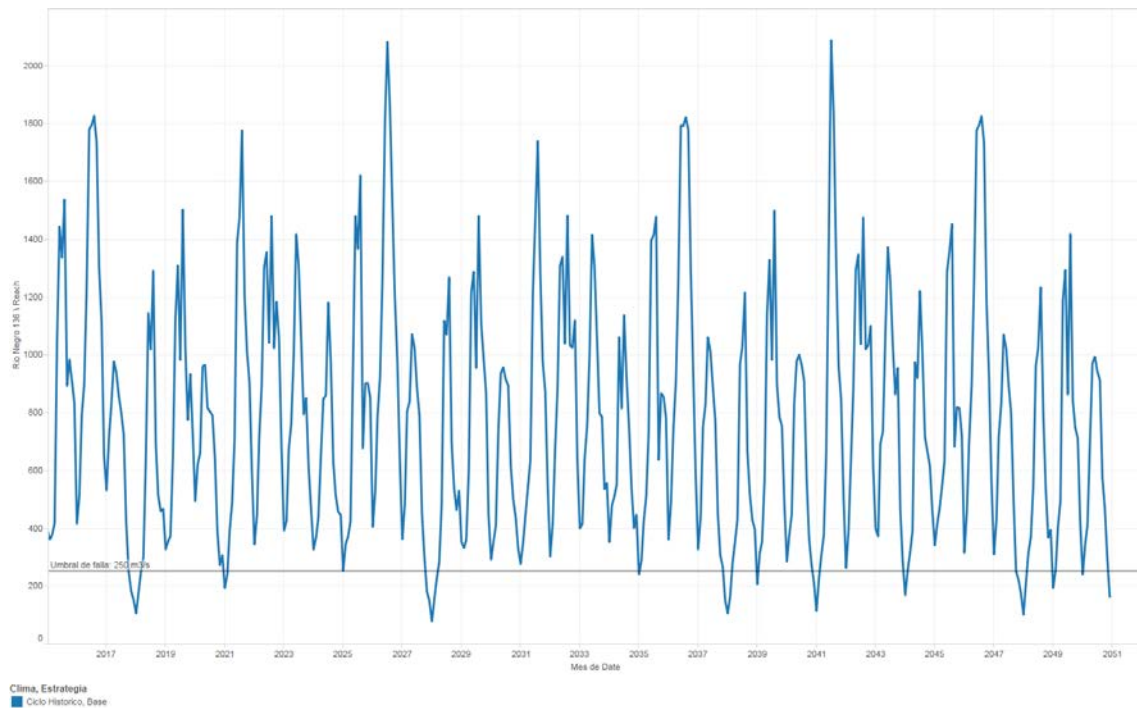


Figura xx. Caudal del río Negro justo antes de la desembocadura en función de los escenarios climáticos (estrategia base, superficie de referencia, cultivo tradicional).

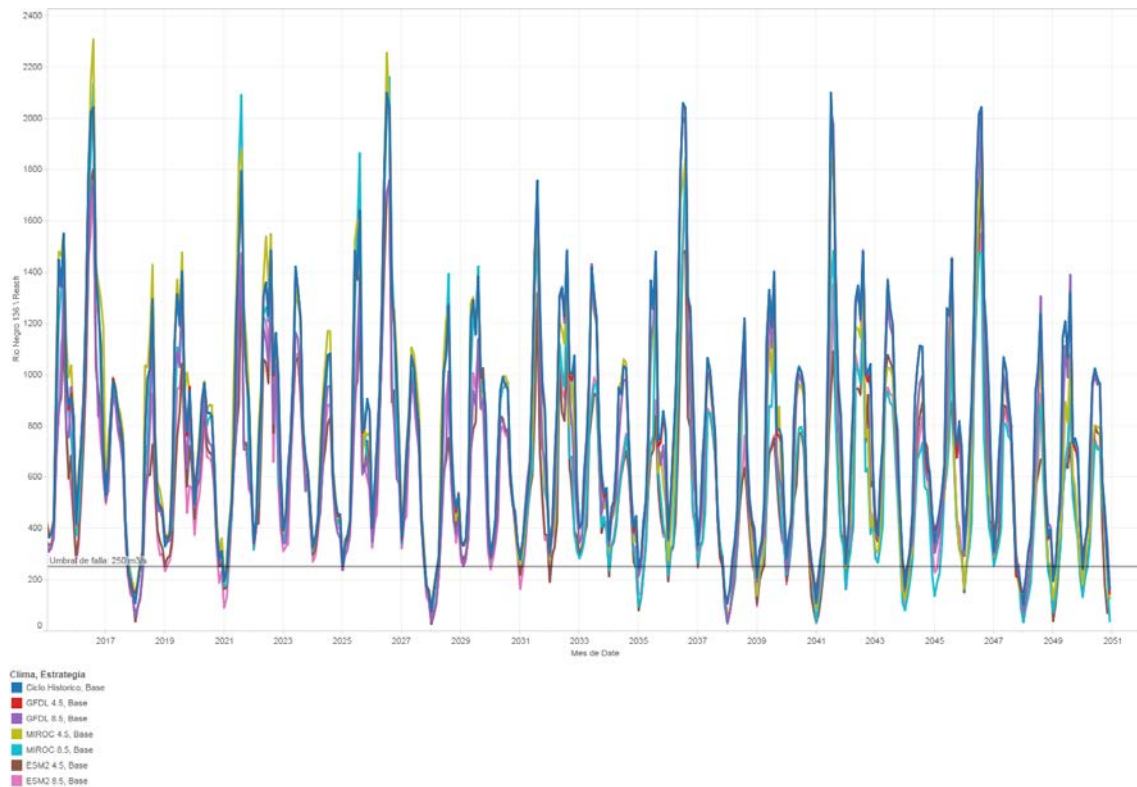


Figura xx. Profundidad de falla justo antes de la desembocadura del río Negro en función de los escenarios climáticos (estrategia base, superficie de referencia, cultivo tradicional).

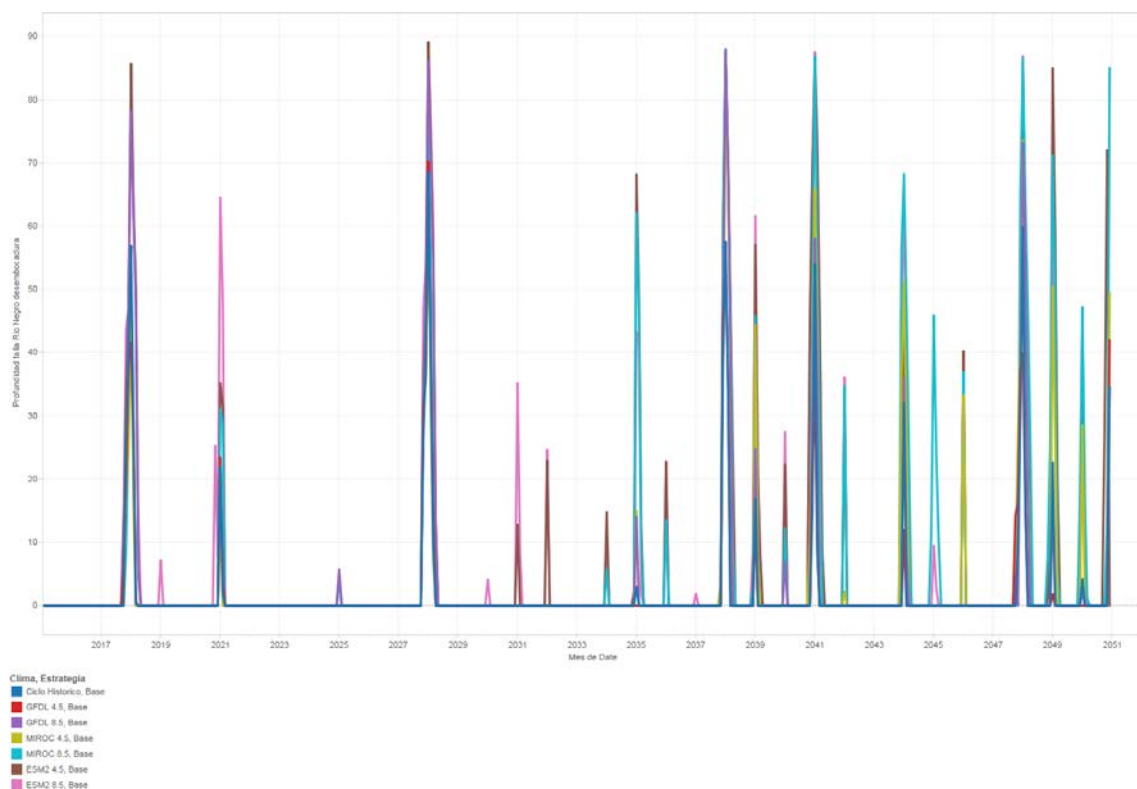
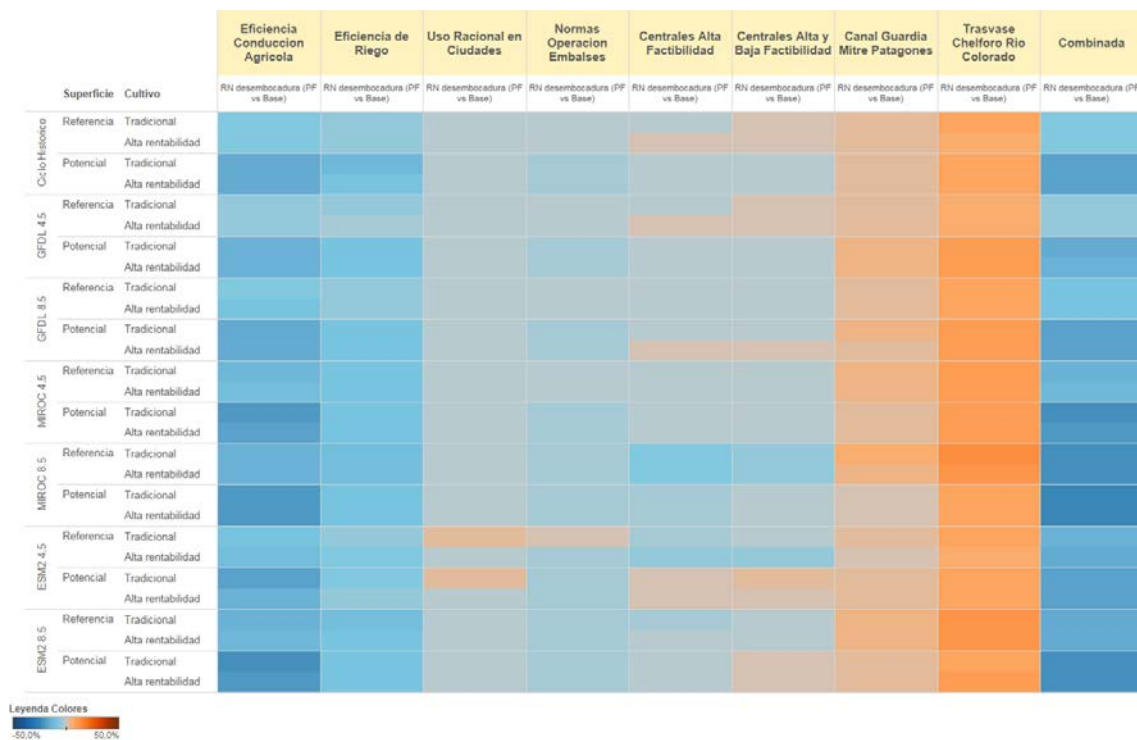


Figura 2.2 Profundidad de falla del río Negro en la desembocadura, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



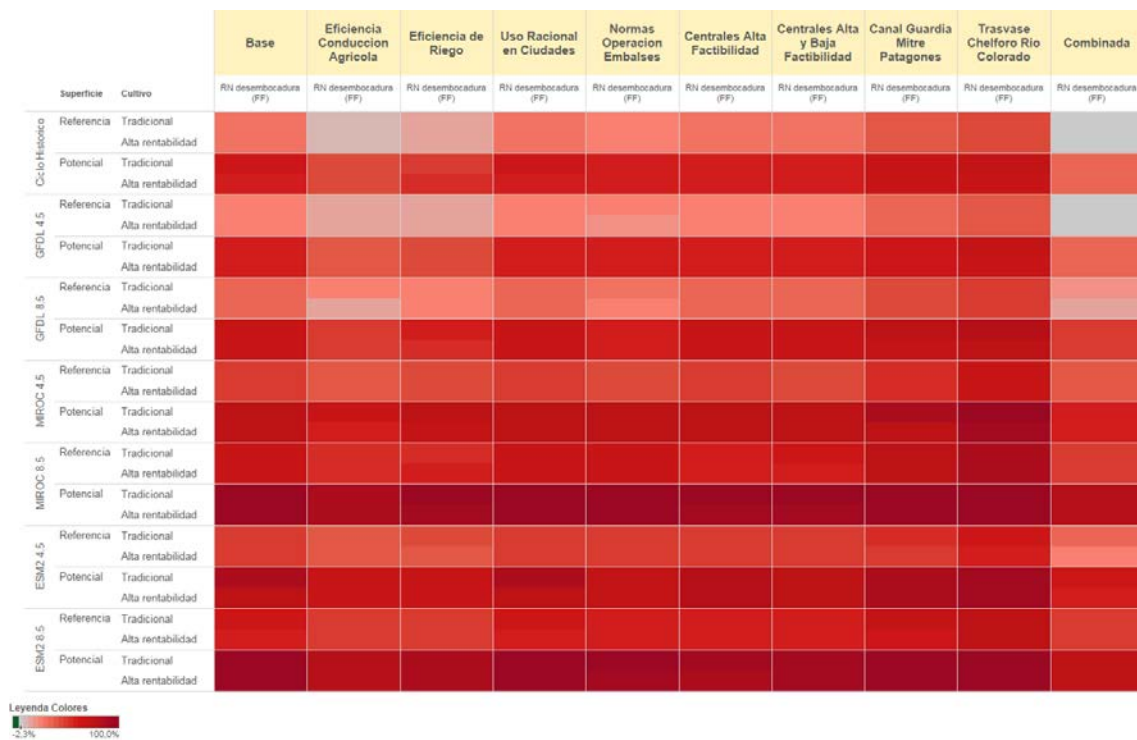
Figura xx. Profundidad de falla del río Negro en la desembocadura relativa a la estrategia Base, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



Para la década de 2041-2050 la frecuencia de falla en la estrategia de base y clima histórico es de entre 33% y 63% para el trimestre Enero-Marzo (superficie referencia y potencial respectivamente). En dicha década la frecuencia de falla se incrementa apreciablemente para

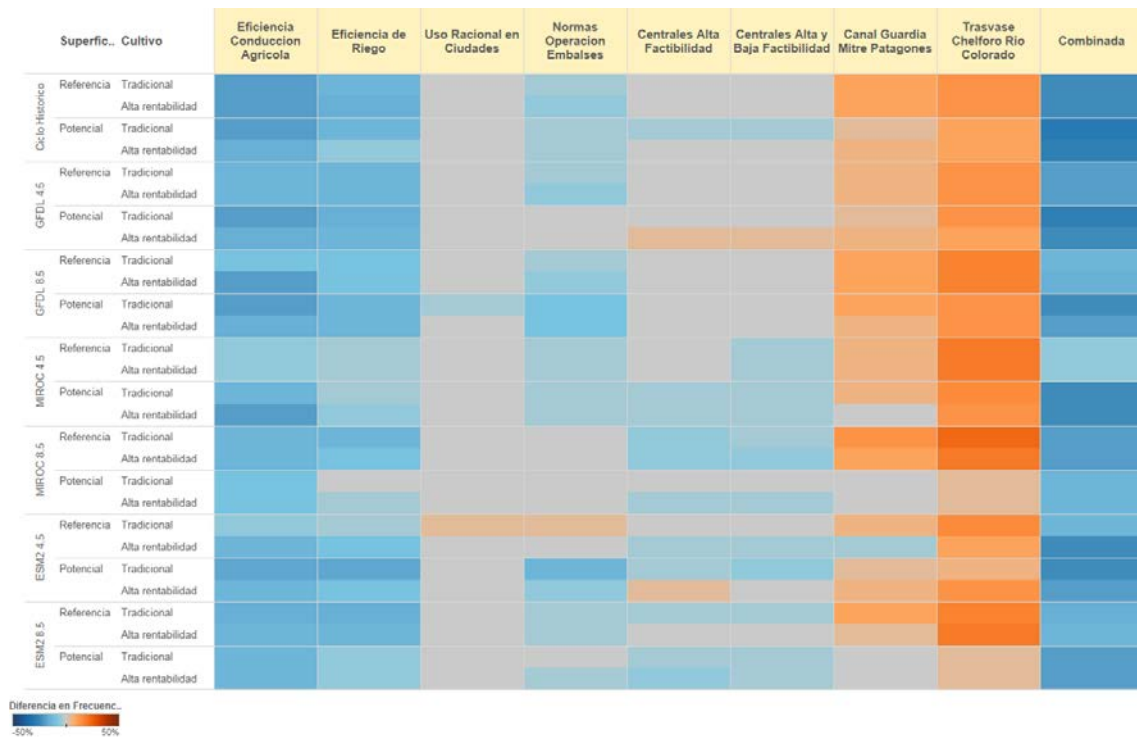
la superficie potencial en el clima MIROC 8.5 (>70%), ESM2 4.5 (>50%), y ESM2 8.5 (>60%). En todos los casos los mayores incrementos de frecuencia de falla se registran para una estructura de cultivos tendencial, levemente por encima de los cultivos de alta rentabilidad, y para la superficie de riego potencial.

Figura 2.2 Frecuencia de falla del río Negro en la desembocadura, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



Con respecto al cambio de la frecuencia de falla en función de las estrategias, para la década 2041-2050 las estrategias de trasvase Chelforo-Río Colorado y del canal entre Guardia Mitre-Paraguay incrementan la frecuencia de falla en el trimestre Enero-Marzo para casi todos los escenarios, con un valor máximo de 20% (Trasvase) respecto de la estrategia base para el clima MIROC 4.5, superficie de referencia, cultivo de alta rentabilidad. La estrategia de eficiencia en conducción agrícola reduce la frecuencia de falla hasta en un 40% respecto de la estrategia base y la de riego hasta en un 33%, en tanto que el resto de las estrategias, y particularmente las centrales de Alta Factibilidad y la Norma de operación de embalse, también en general reducen la frecuencia de falla para algunos escenarios climáticos pero en forma menos significativa. La estrategia combinada en general reduce la frecuencia de falla hasta en un 27%.

Figura 2.2 Frecuencia de falla del río Negro en la desembocadura respecto de la estrategia Base, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



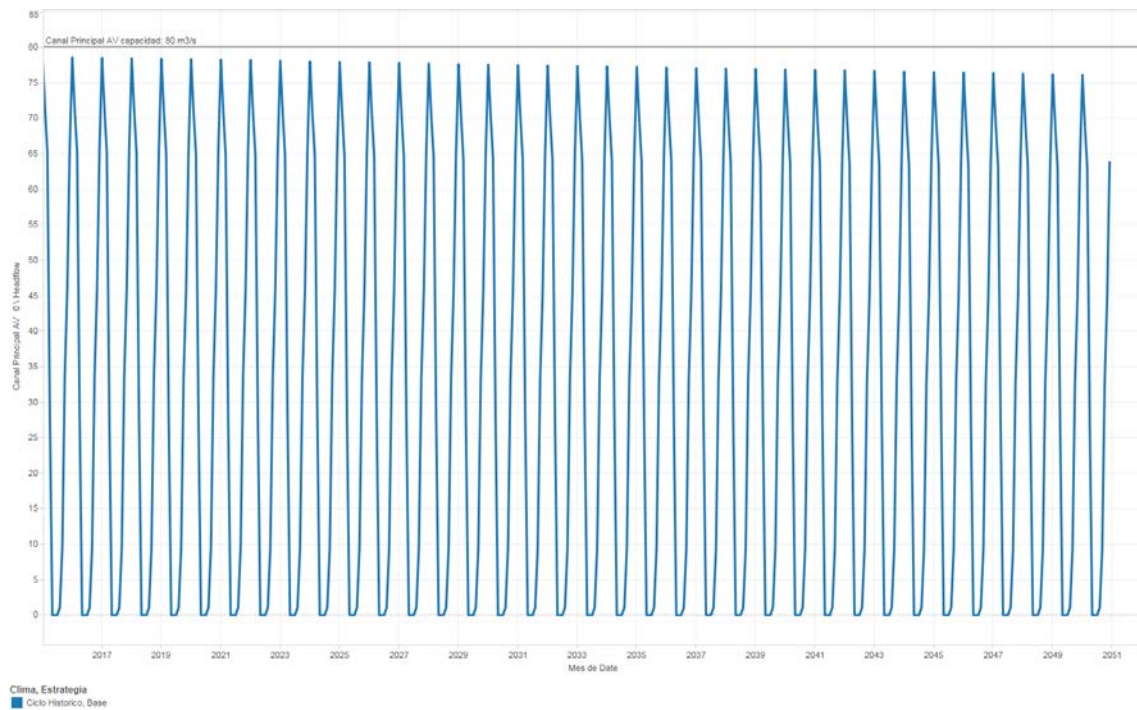
7.10. Frecuencia y Profundidad de falla del canal Principal de riego Alto Valle

El umbral de falla de los canales principales de riego se establece en un valor igual a la capacidad máxima actual de conducción del canal. De esta forma, la situación de falla es un indicador del momento a partir del cual sería necesaria la realización de nuevas obras de infraestructura o de manejo del recurso para poder abastecer todo aumento en los requerimientos de riego en determinada área. En diversas áreas de riego la situación de limitación en la capacidad de conducción en el canal de riego no necesariamente está asociada a una falla en la cobertura de los requerimientos de riego. Ello se debe a que pueden existir tomas directas desde los ríos (declaradas o no declaradas) que en algunos casos han sido reflejadas en el modelo.

Esta medida de desempeño puede complementarse con el dato de evolución de la superficie bajo riego para analizar si la capacidad de conducción está constituyendo una restricción al crecimiento del área bajo riego o no. Por ejemplo, en el caso del Canal Principal de Alto Valle en el escenario de superficie de referencia no se contempla un crecimiento del área bajo riego y por lo tanto la utilización plena del canal (frecuencia de falla no nula en enero) no necesariamente constituye una señal de alerta.

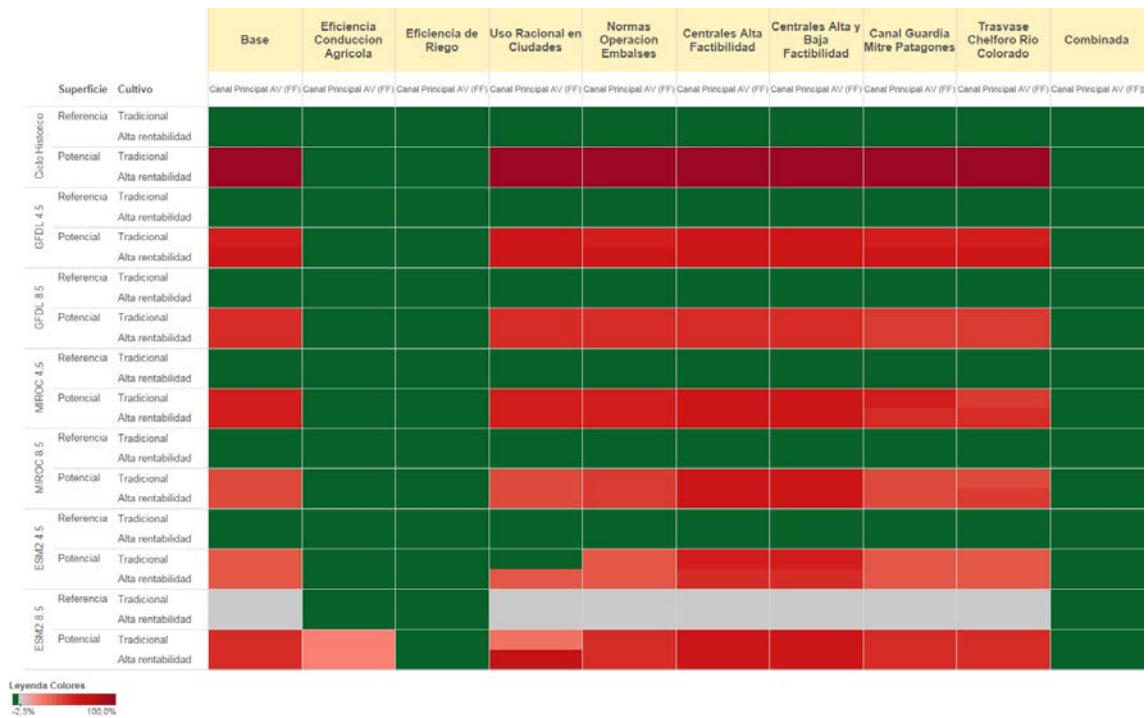
En el caso del canal principal el umbral de falla se establece en 80 m³/s, capacidad máxima del canal a la altura del Dique Ballester.

Figura xx. Caudal en el Canal Principal de riego de Alto Valle (ciclo de clima histórico, superficie de referencia, cultivo tradicional)



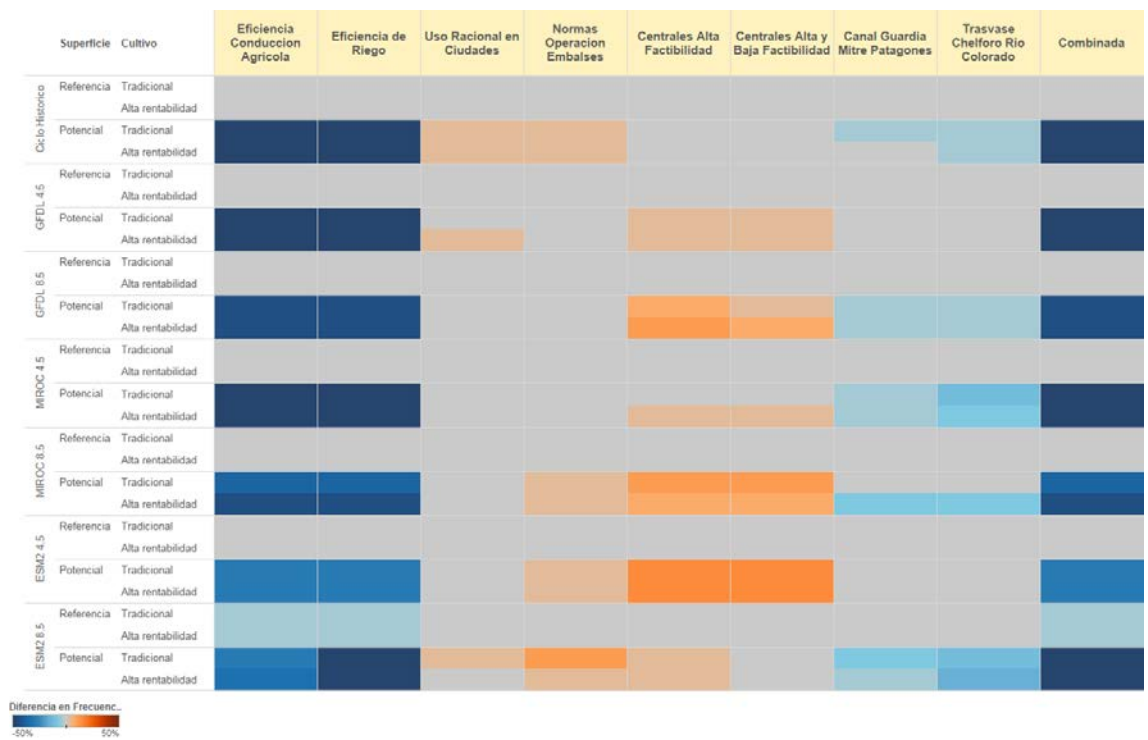
En la estrategia Base y para el clima histórico, la capacidad de conducción del Canal Principal de riego de Alto Valle prácticamente alcanza el límite máximo durante los meses de enero para todas las estrategias de intervención, con excepción de la eficiencia en conducción agrícola, riego agrícola y combinada (superficie de referencia). La frecuencia de falla es sistemáticamente mayor para la superficie de riego potencial respecto de la de referencia, mientras que la estructura de cultivo tiene una influencia poco significativa.

Figura xx. Frecuencia de falla del Canal Principal de riego de Alto Valle, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



Las estrategias de eficiencia en conducción agrícola, eficiencia en riego y combinada reducen la frecuencia de falla del canal a 0% para casi todas las combinaciones de escenarios de incertidumbres en la década 2041-2050. La estrategia de Centrales de Alta Factibilidad incrementa levemente la frecuencia de falla para casi todos los climas y la superficie potencial.

Figura 2.2 Frecuencia de falla del Canal Principal de riego de Alto Valle respecto de la estrategia Base, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



7.11. Frecuencia y Profundidad de falla del canal Centenario

El canal Centenario no alcanza el límite de su capacidad de conducción para ninguno de los escenarios considerados.

Figura xx. Caudal en el Canal Centenario de Alto Valle (ciclo de clima histórico, superficie de referencia, cultivo tradicional)

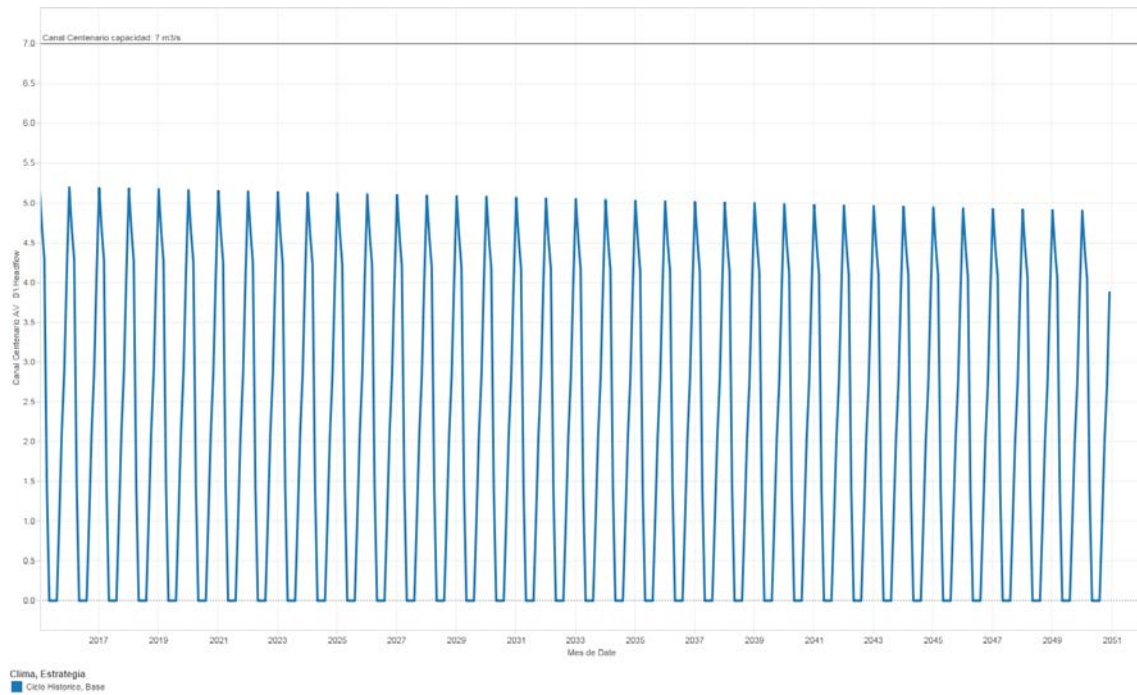
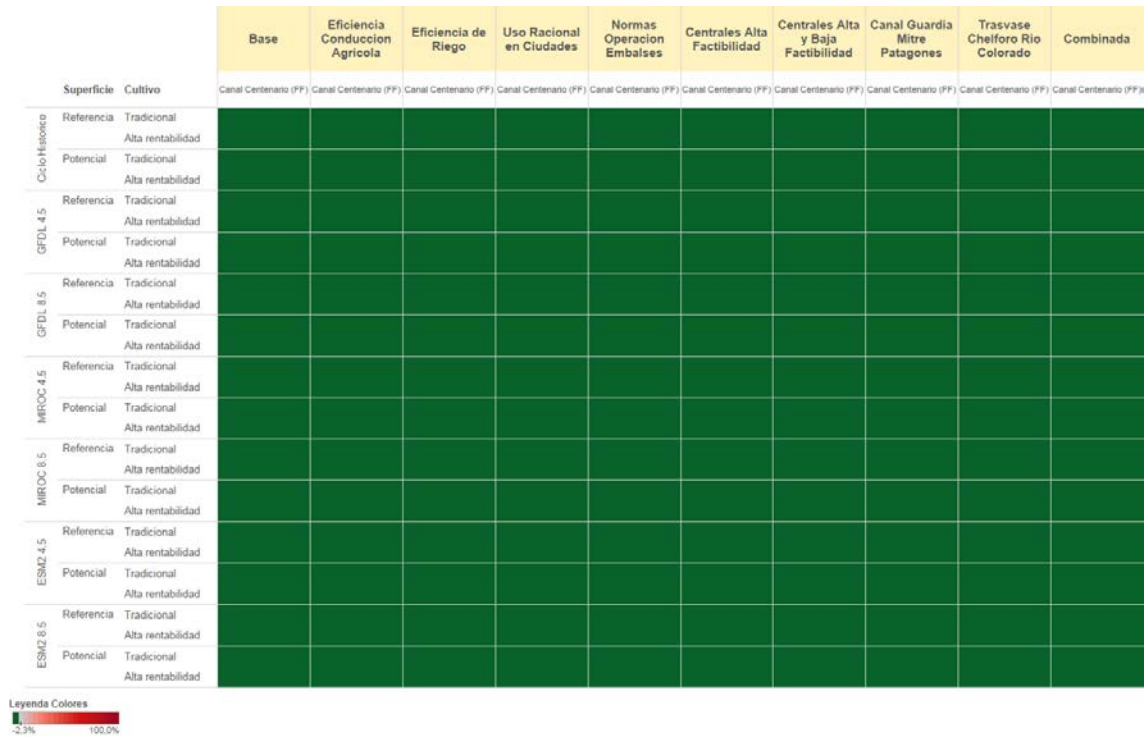


Figura 2.2 Frecuencia de falla del Canal Centenario, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



7.12. Frecuencia y Profundidad de falla del canal Arroyito

El canal Arroyito no alcanza el límite máximo de su capacidad de conducción en la década 2011-2020 para ninguno de los escenarios considerados. Hacia la década 2041-2050 la frecuencia de falla se incrementa en forma moderada para algunos escenarios climáticos, superficie de riego potencial y cultivo de alta rentabilidad (Diciembre, Febrero). Las estrategias de eficiencia en conducción agrícola, eficiencia en riego y combinada reducen la frecuencia de falla prácticamente a 0% en todos los escenarios.

Figura xx. Caudal en el Canal Arroyito (ciclo de clima histórico, superficie de referencia, cultivo tradicional)

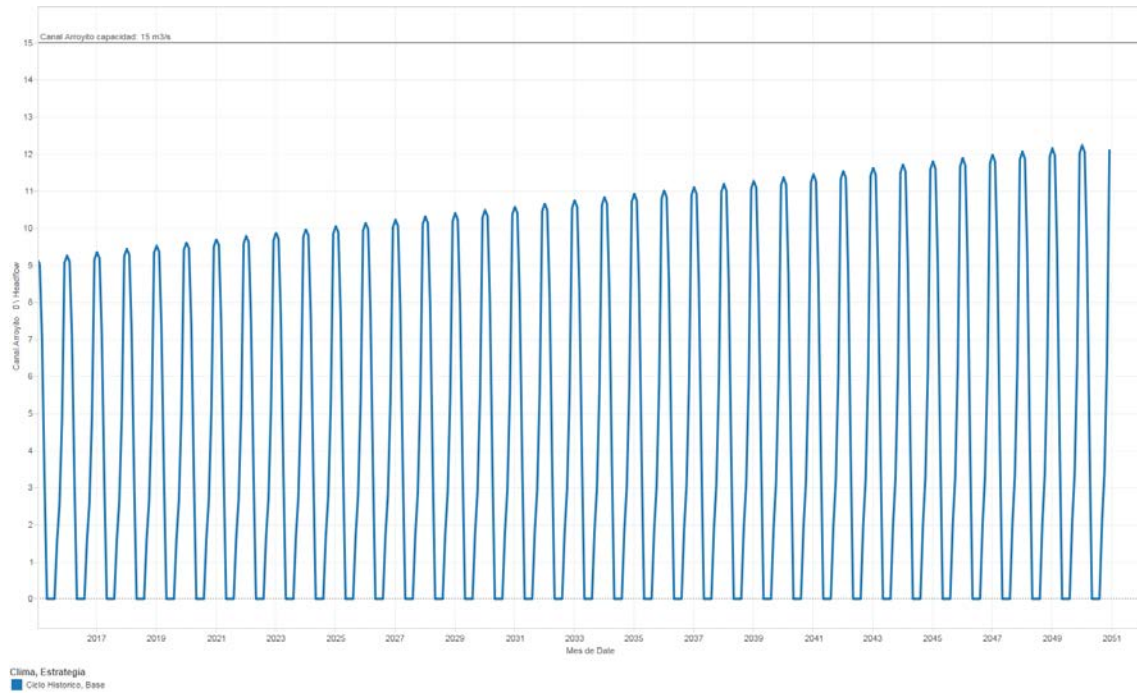
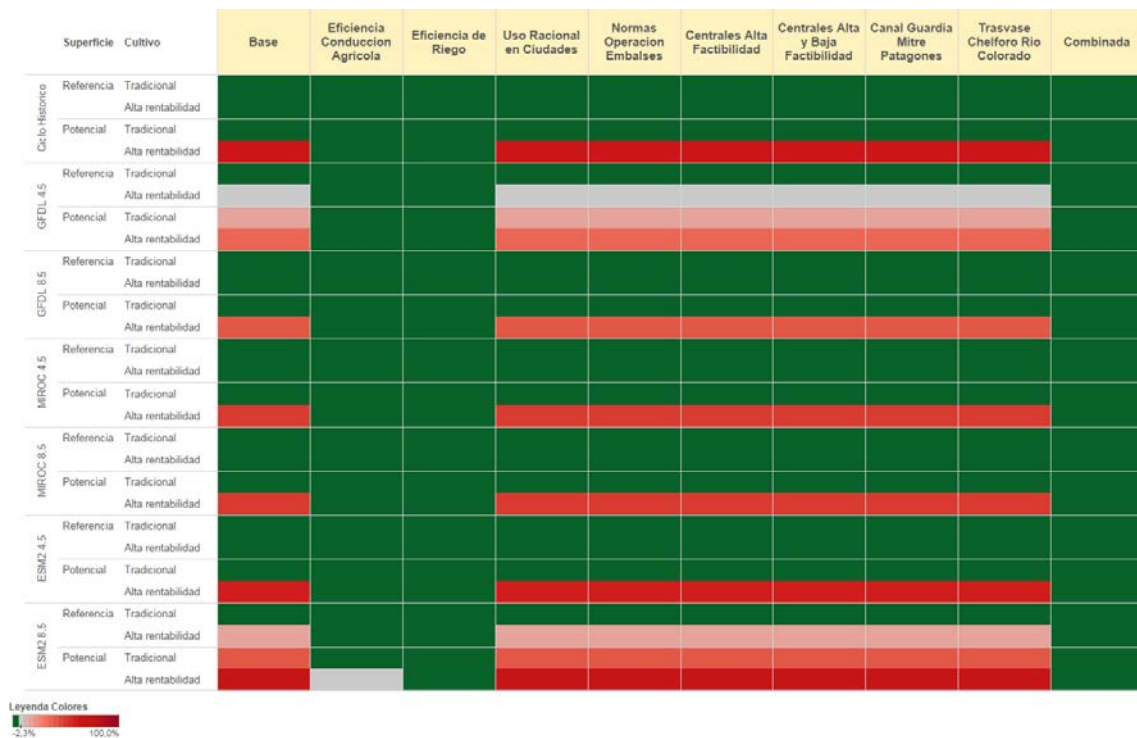


Figura 2.2 Frecuencia de falla del Canal Arroyito, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



7.13. Frecuencia y Profundidad de falla del canal Margen Norte de Valle Medio

En la estrategia Base y para el clima histórico, la capacidad de conducción del Canal Margen Norte de Valle Medio alcanza el límite máximo durante el 100% de los meses de Diciembre, Enero y Febrero de la década 2021-2030. Dicho valor se mantiene para la década 2041-2050, para todas las estrategias de intervención y escenarios, pero extendiéndose al periodo Noviembre-Marzo. La estrategia combinada reduce la frecuencia de falla para escenarios puntuales al inicio de la temporada de riego.

Figura xx. Caudal en el Canal Margen Norte de Valle Medio (ciclo de clima histórico, superficie de referencia, cultivo tradicional)

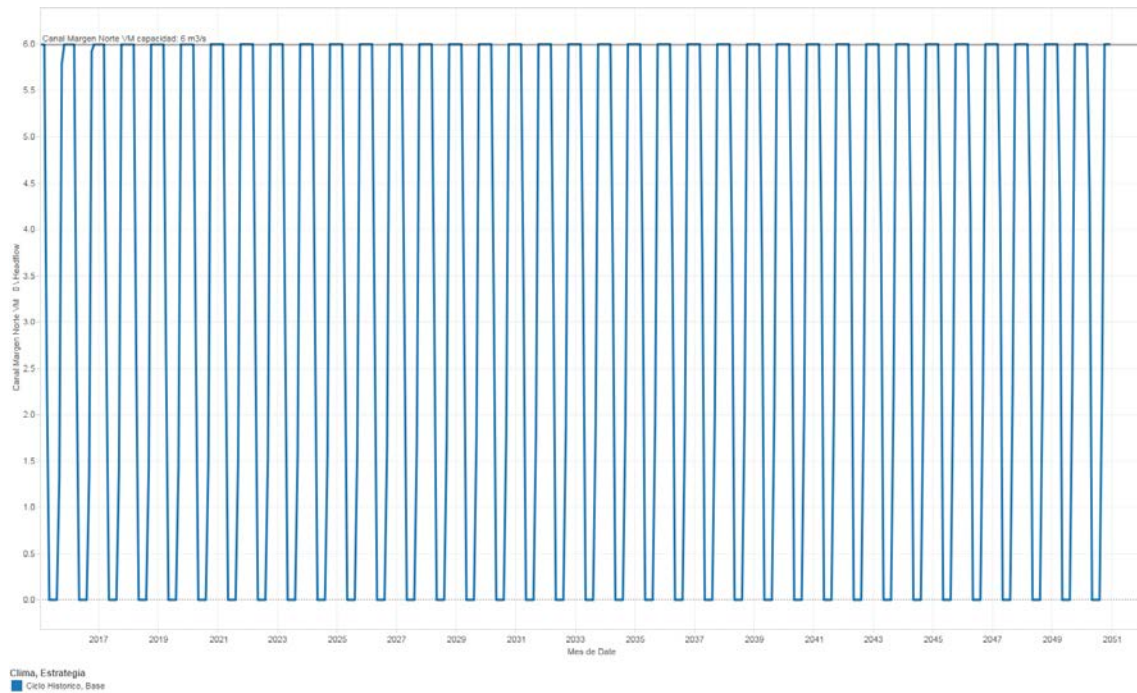


Figura 2.2 Frecuencia de falla del Canal Margen Norte de Valle Medio, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



7.14. Frecuencia y Profundidad de falla del canal Matriz de Valle Medio

El canal Matriz de Valle Medio no alcanza el límite de su capacidad de conducción en la década 2011-2020 para ninguno de los escenarios considerados. Hacia la década 2041-2050 la frecuencia de falla se incrementa en forma moderada para la superficie de riego potencial y todos los escenarios climáticos (Diciembre, Enero). La estrategia de eficiencia en riego agrícola y conducción agrícola en general reduce la frecuencia de falla. La estrategia combinada elimina la frecuencia de falla en todos los escenarios.

Figura xx. Caudal en el Canal Matriz de Valle Medio (ciclo de clima histórico, superficie de referencia, cultivo tradicional)

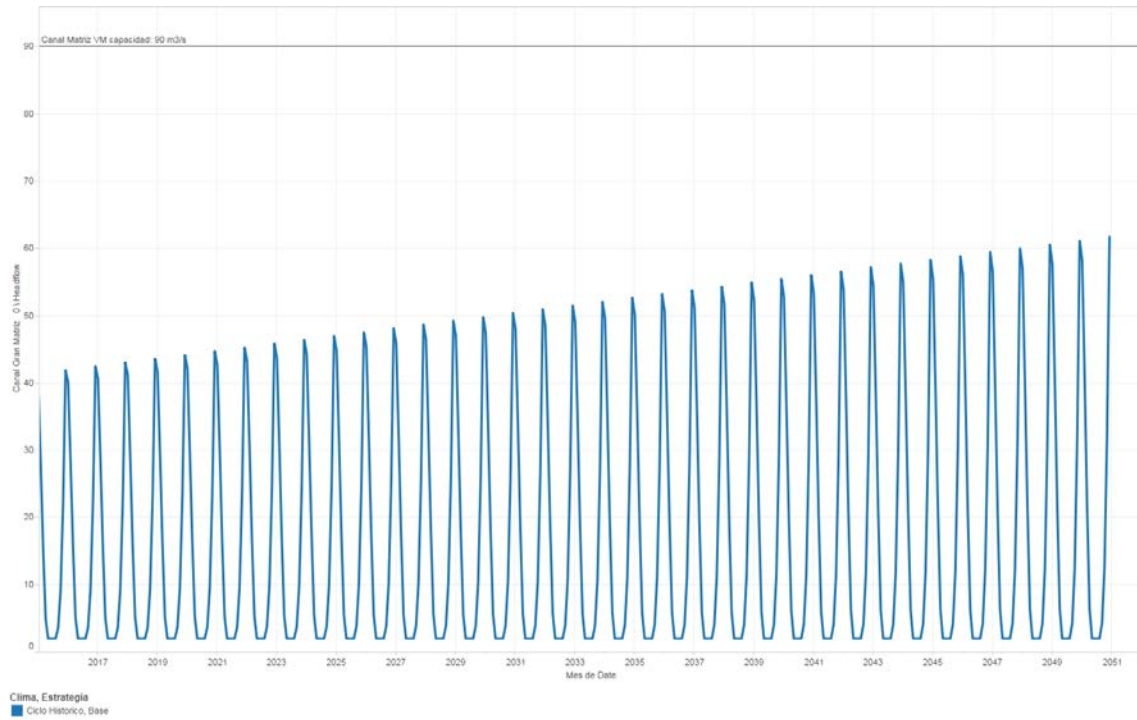


Figura 2.2 Frecuencia de falla del canal Matriz de Valle Medio, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



7.15. Frecuencia y Profundidad de falla del canal Conesa

En la estrategia Base y para el clima histórico, la capacidad de conducción del Canal Conesa alcanza la saturación durante el 100% de los meses de Diciembre y Enero de la década 2021-2030. Dicho valor se mantiene para la década 2041-2050, para prácticamente todas las estrategias de intervención y escenarios, extendiéndose al periodo Noviembre-Febrero para la mayor parte de los escenarios climáticos. Las estrategias de eficiencia en conducción agrícola y eficiencia de riego reducen en forma significativa la frecuencia de falla, así como la estrategia combinada.

Figura xx. Caudal en el Canal Conesa (ciclo de clima histórico, superficie de referencia, cultivo tradicional)

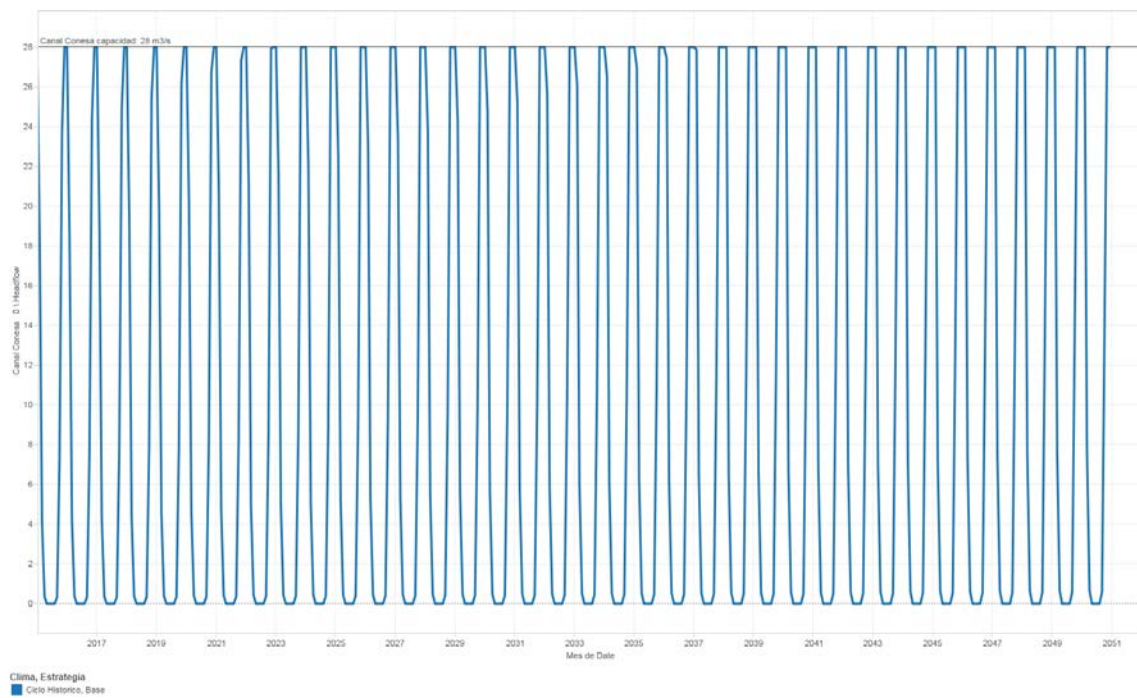
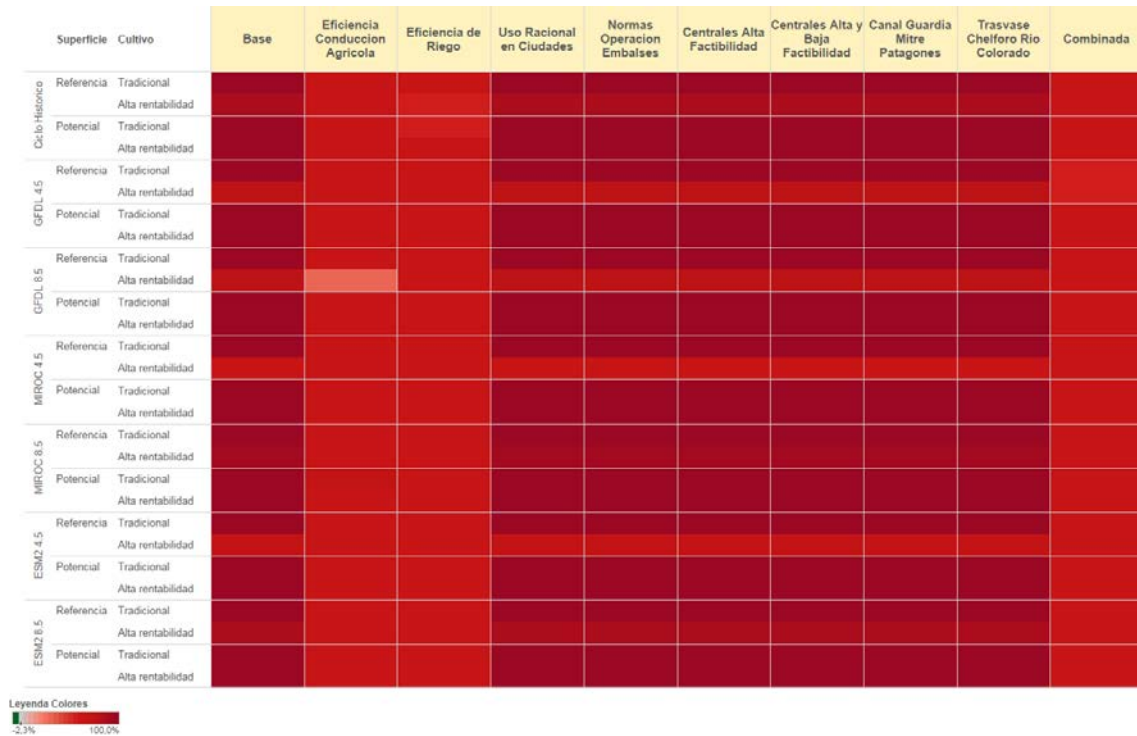


Figura xx. Frecuencia de falla del canal Conesa, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



7.16. Frecuencia y Profundidad de falla del canal Valle Inferior

En la estrategia Base y para el ciclo de clima histórico, la capacidad de conducción del Canal Valle Inferior alcanza el límite máximo durante el 100% de los meses de Diciembre y Enero de la década 2021-2030. Dicha situación se mantiene para la década 2041-2050 para casi todos los escenarios climáticos. Las estrategias de eficiencia en conducción agrícola y eficiencia de riego reducen en forma puntual la frecuencia de falla en algunos escenarios climáticos. La estrategia combinada reduce en forma significativa la frecuencia de falla para casi todos los escenarios y superficie de referencia.

Figura xx. Caudal en el Canal Principal del Valle Inferior (ciclo de clima histórico, superficie de referencia, cultivo tradicional)

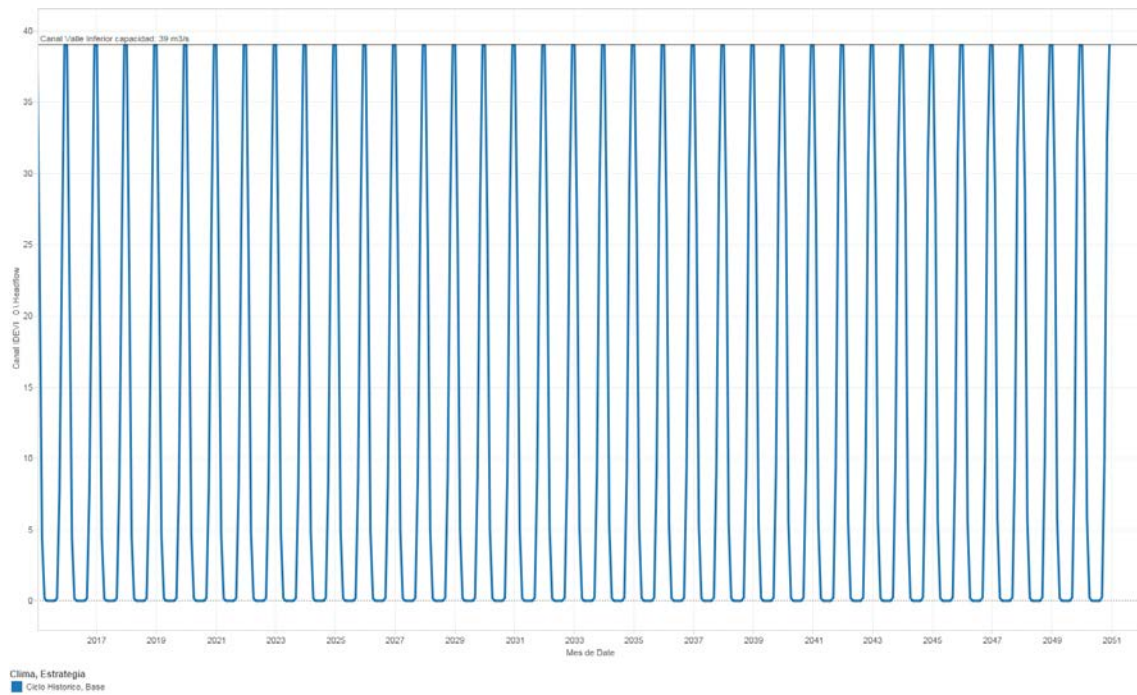


Figura xx. Frecuencia de falla del canal Principal del Valle Inferior, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



7.17. Frecuencia y Profundidad de falla del embalse de Piedra del Águila

El volumen de Piedra del Águila prácticamente no presenta falla bajo ningún escenario ni estrategia de intervención.

Figura xx. Volumen de Piedra del Águila para el ciclo de clima histórico (estrategia Base, superficie de referencia, cultivo tradicional).

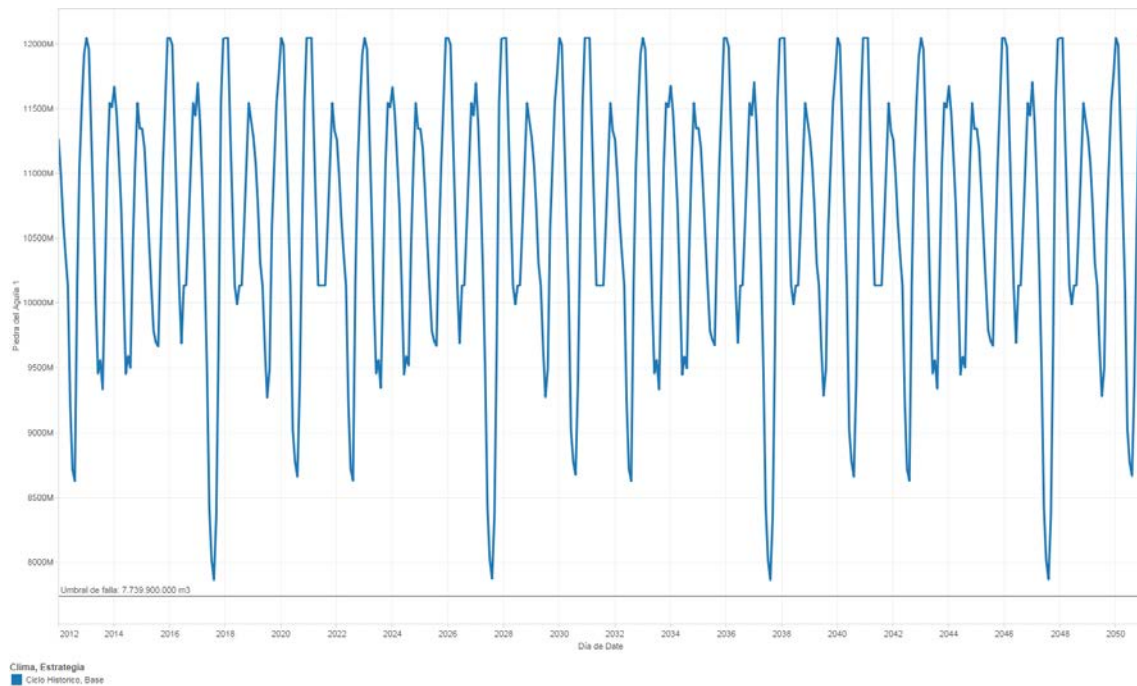
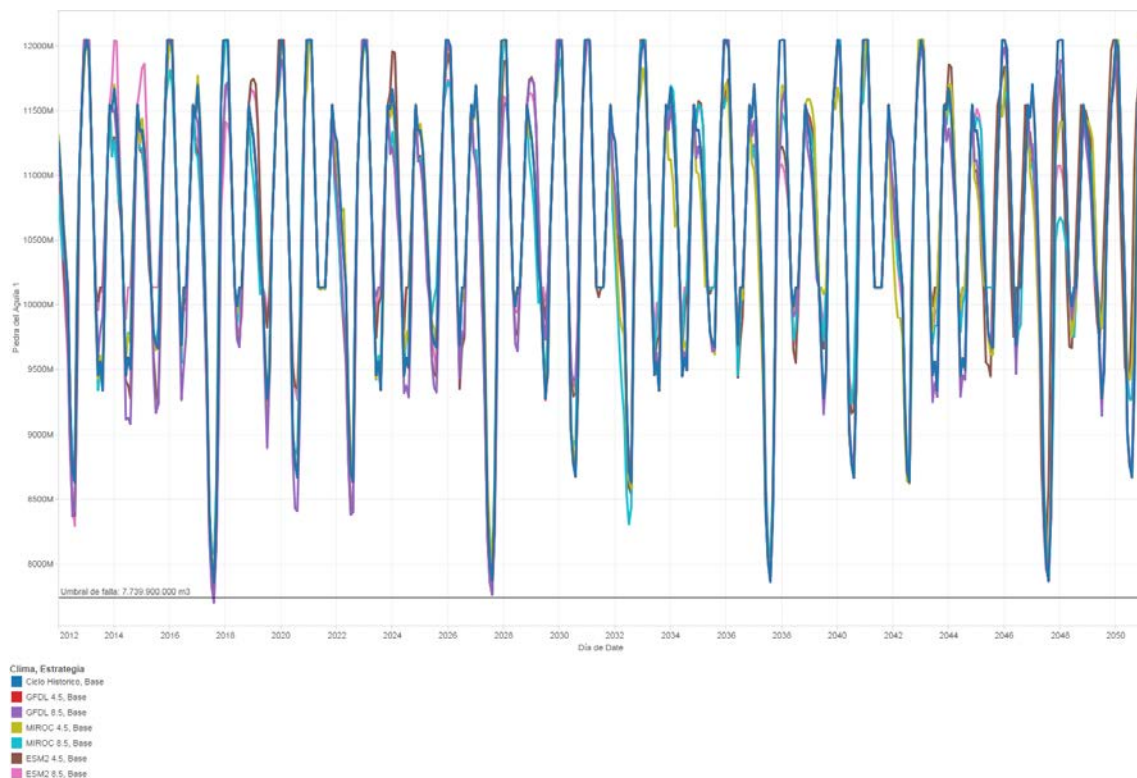


Figura xx. Volumen de Piedra del Águila por escenario climático (estrategia Base, superficie de referencia, cultivo tradicional).



7.18. Frecuencia y Profundidad de falla del embalse de El Chocón

El volumen de El Chocón presenta frecuencia de falla baja para la década 2021-2020 bajo dos de los siete escenarios climáticos (GFDL 8.5, ESM2 8.5). Hacia la década 2041-2050 la frecuencia de falla se incrementa en forma moderada y se amplía al resto de los escenarios climáticos y principalmente para MIROC 8.5 y ESM2 8.5 (superficie potencial) (Marzo).

Figura xx. Volumen de El Chocón para el ciclo de clima histórico (superficie de referencia, cultivo tradicional).

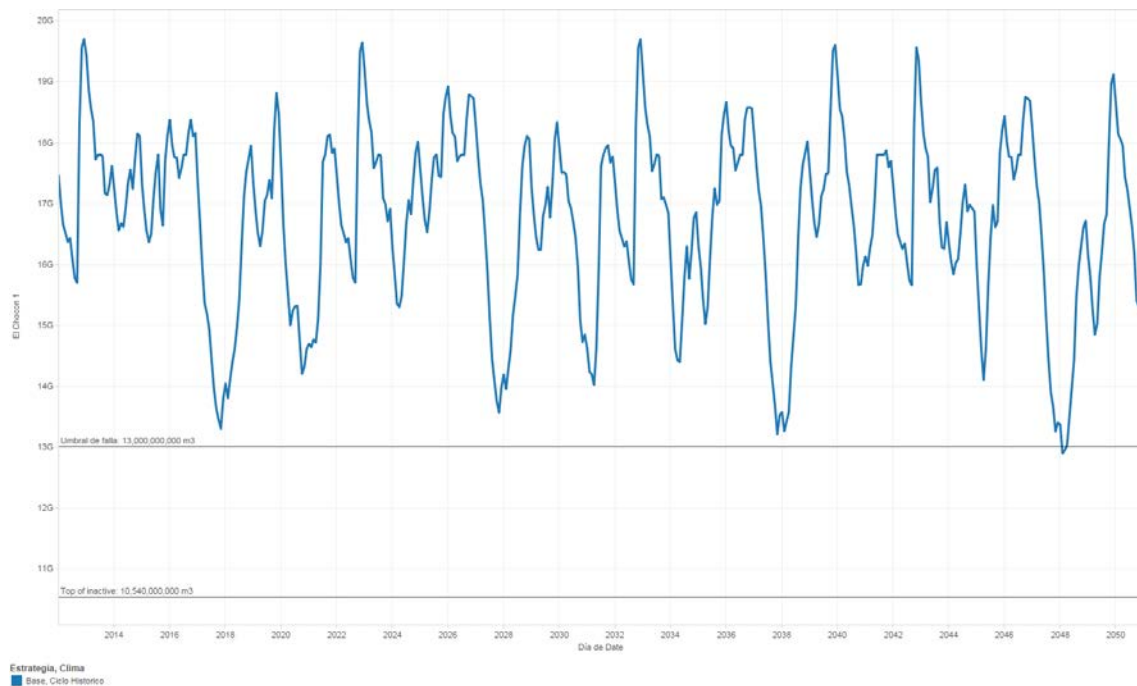


Figura xx. Volumen de El Chocón por escenario climático (superficie de referencia, cultivo tradicional).

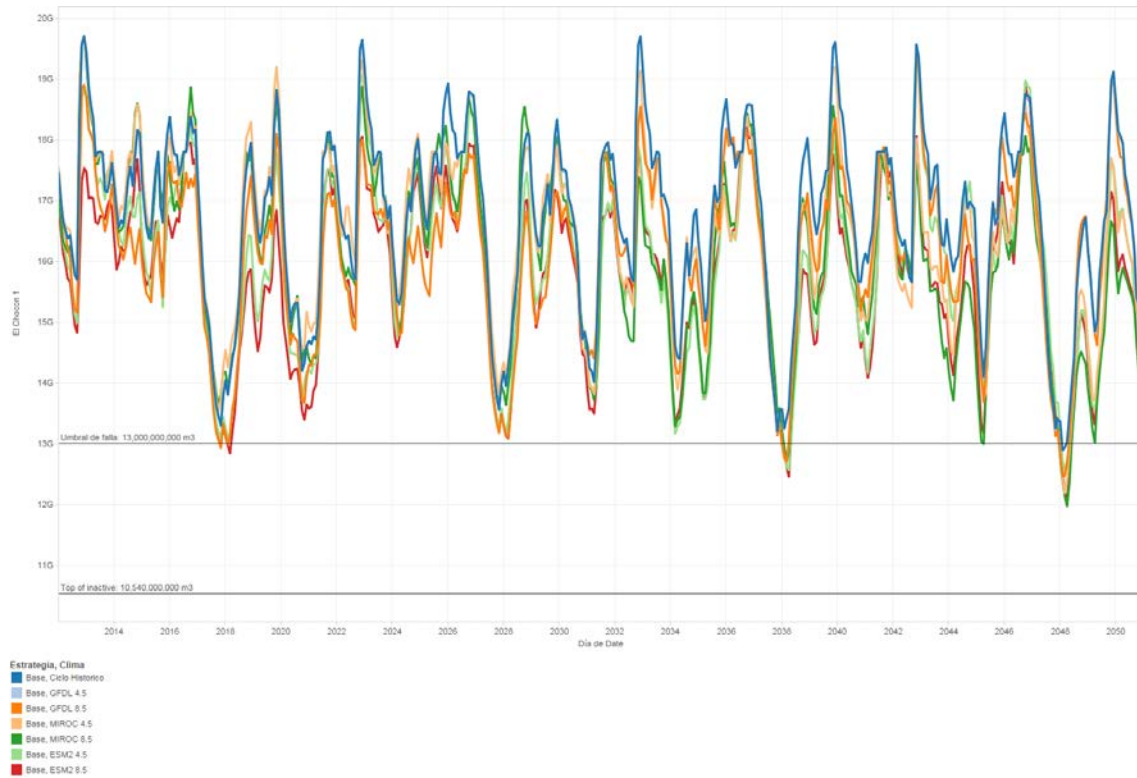
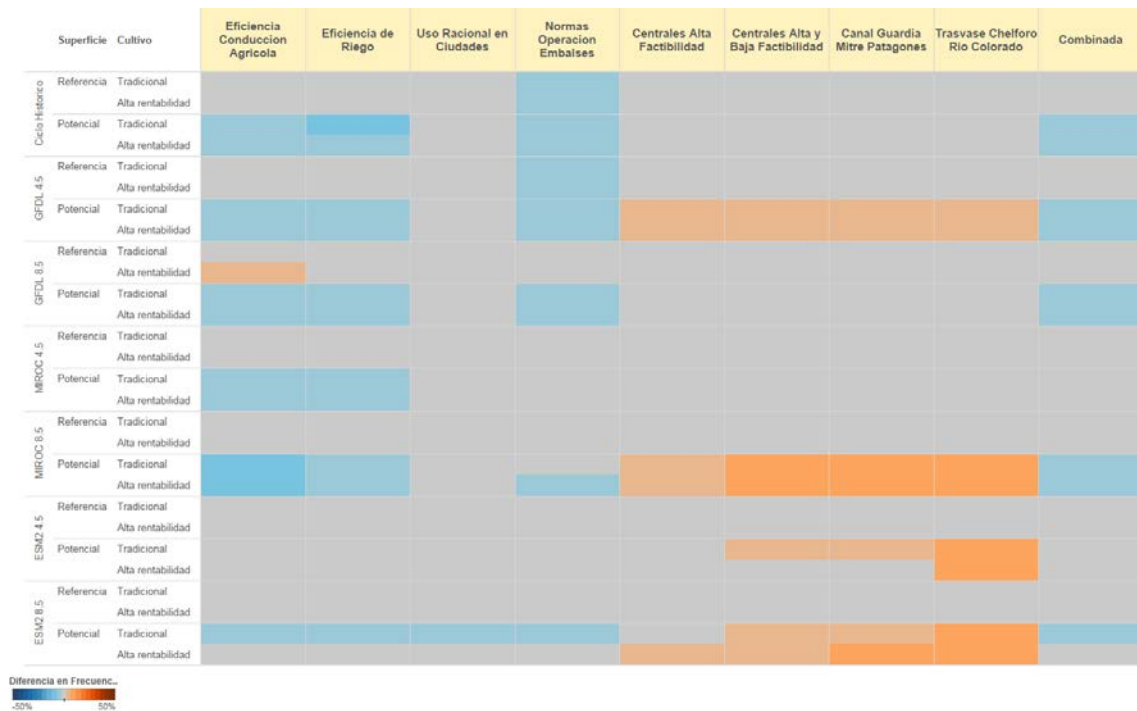


Figura xx. Frecuencia de falla del embalse El Chocón, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



Figura xx. Frecuencia de falla del embalse El Chocón relativa a la estrategia Base, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



La profundidad de falla promedio en general es baja. Ninguna de las estrategias tiene una influencia significativa sobre profundidad de falla promedio.

Figura xx. Profundidad de falla del embalse El Chocón, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.

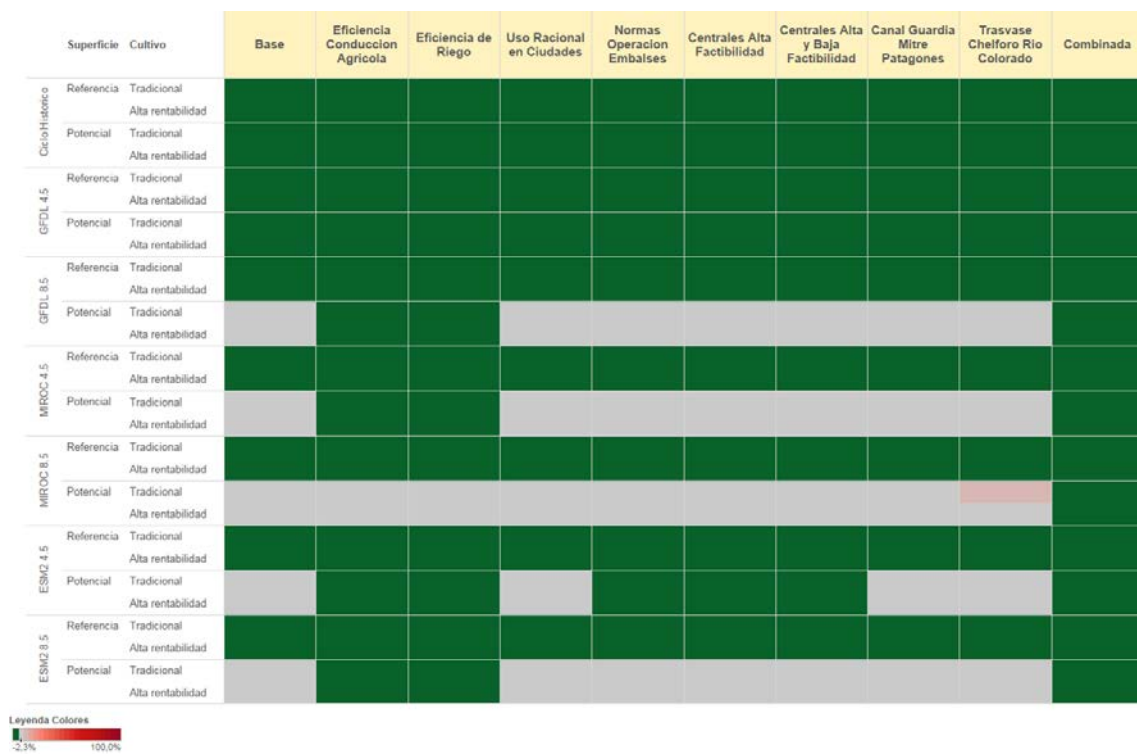


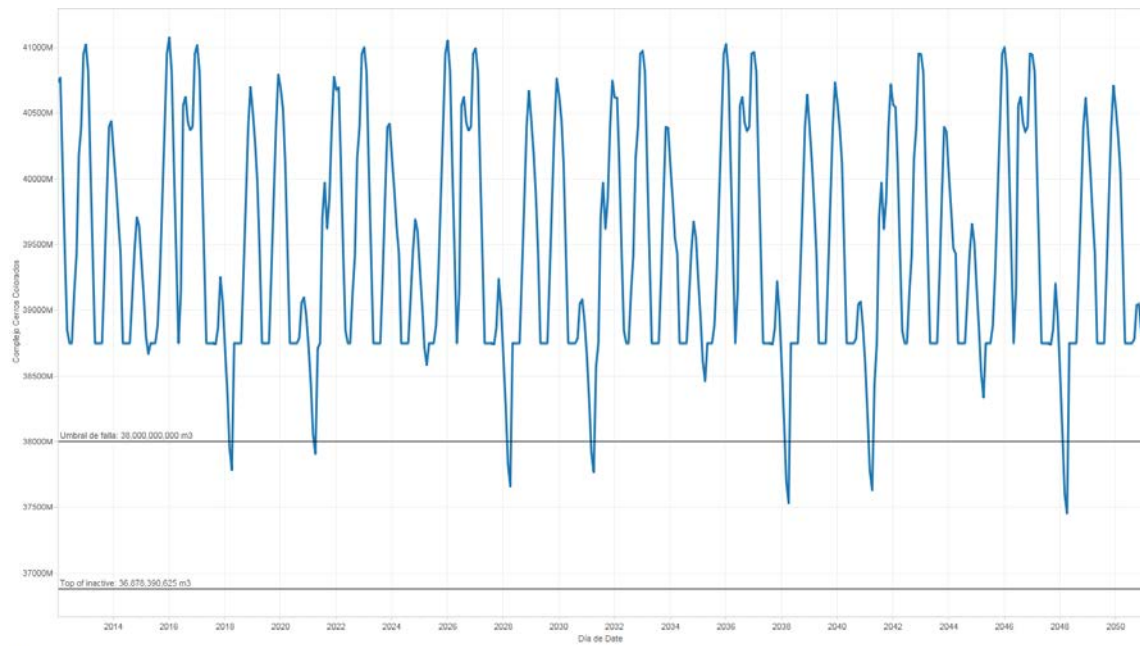
Figura xx. Profundidad de falla del embalse El Chocón relativa a la estrategia Base, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



7.19. Frecuencia y Profundidad de falla del embalse de Cerros Colorados

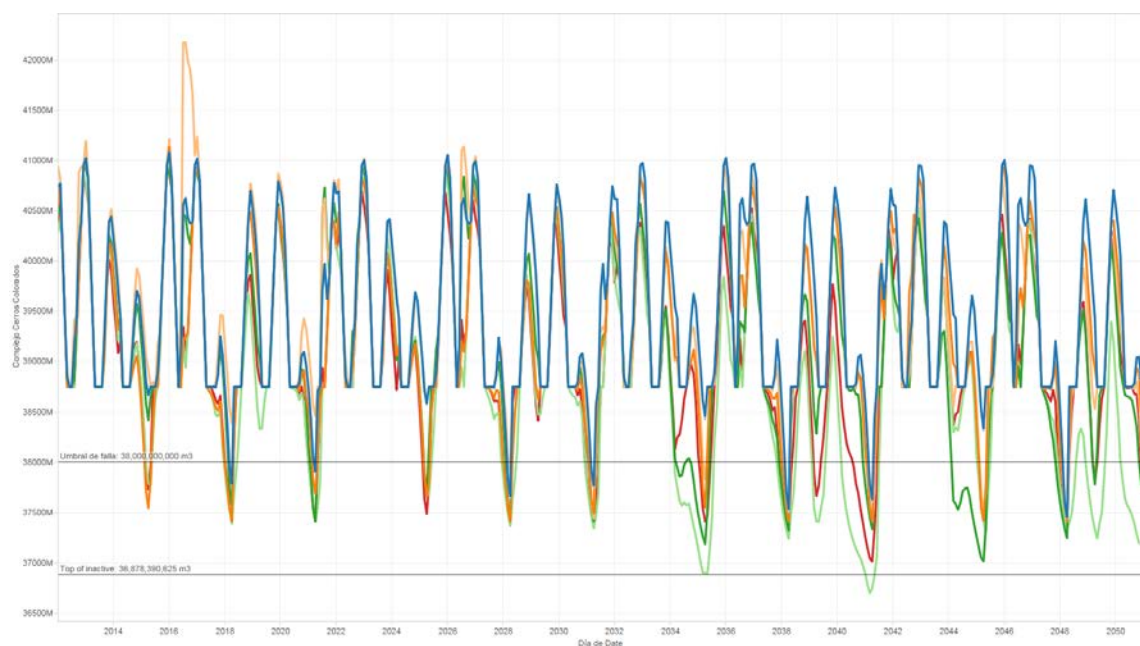
La frecuencia y profundidad promedio de falla son entre moderadas (ciclo histórico) a muy significativas, dependiendo del escenario climático. La implementación de Centrales de Alta Factibilidad y estrategia combinada reducen en forma moderada a significativa la frecuencia y profundidad de falla.

Figura xx. Volumen de Cerros Colorados para el ciclo de clima histórico (estrategia Base, superficie de referencia, cultivo tradicional).



Estrategia, Clima
■ Base, Ciclo Histórico

Figura xx. Volumen de Cerros Colorados por escenario climático (estrategia Base, superficie de referencia, cultivo tradicional).



Estrategia, Clima
■ Base, Ciclo Histórico
■ Base, GFDL 4.5
■ Base, GFDL 8.5
■ Base, MIROC 4.5
■ Base, MIROC 8.5
■ Base, ESM2 4.5
■ Base, ESM2 8.5

Figura xx. Frecuencia de falla del embalse Cerros Colorados, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



Figura xx. Frecuencia de falla del embalse Cerros Colorados relativa a la estrategia Base, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



Figura xx. Profundidad de falla del embalse Cerros Colorados, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.

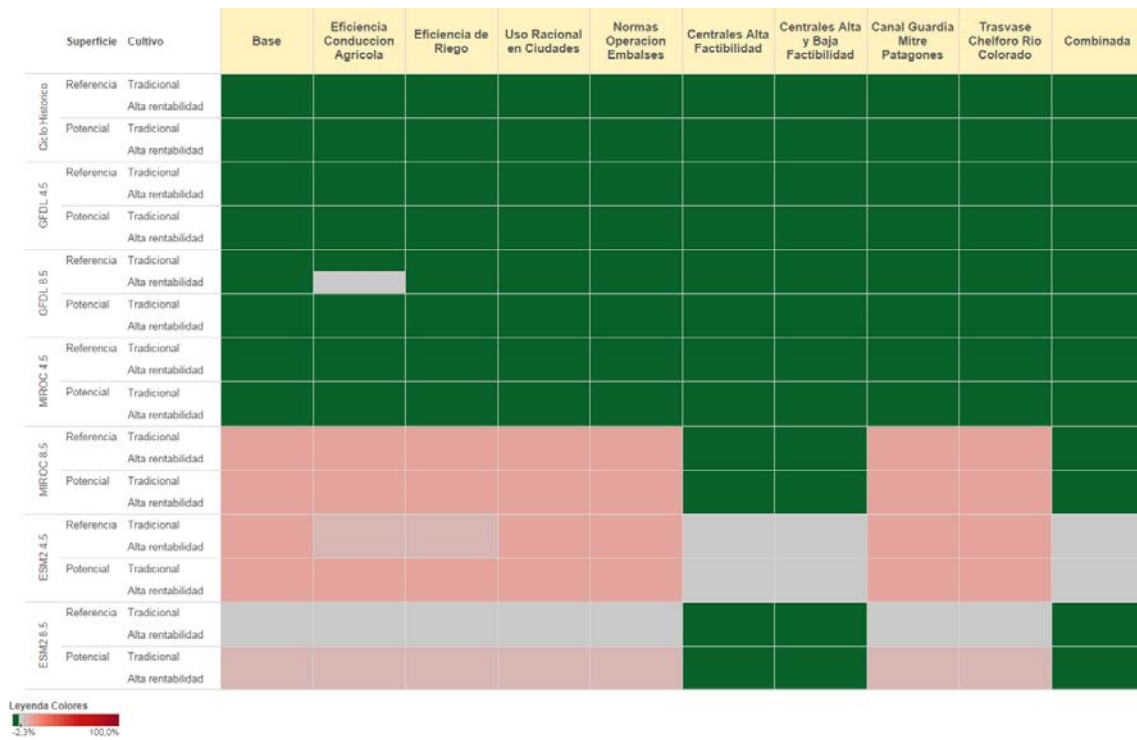
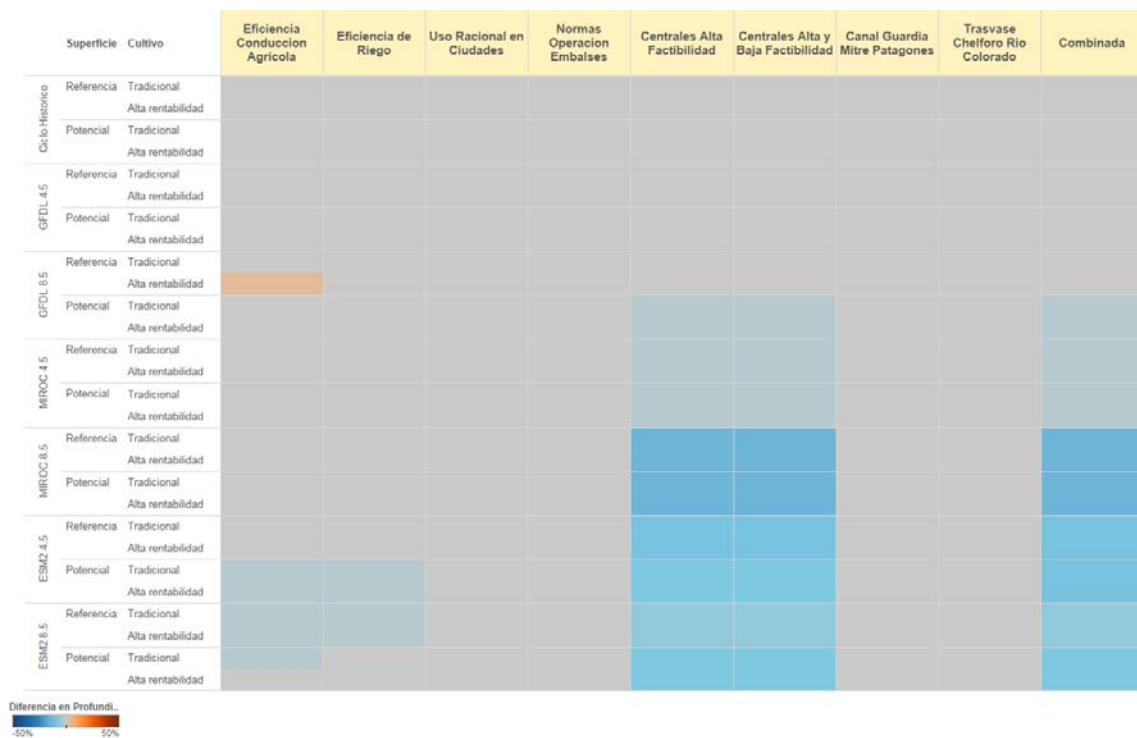


Figura xx. Profundidad de falla del embalse Cerros Colorados relativa a la estrategia Base, década 2041-2050, Diciembre-Febrero.



7.20. Frecuencia y Profundidad de falla del embalse de Chihuido I

La frecuencia y profundidad de falla promedio son muy elevadas para Chihuido I, incluso para el ciclo de clima histórico (estrategia Centrales Alta Factibilidad). Dos de los siete escenarios climáticos alcanzan volúmenes mínimos cercanos al tope inactivo del embalse (ESM2 4.5 y 8.5). La estrategia combinada reduce en forma marginal la frecuencia y profundidad de falla.

Figura xx. Volumen de Chihuido I por escenario climático (estrategia Centrales Alta Factibilidad, superficie de referencia, cultivo tradicional).

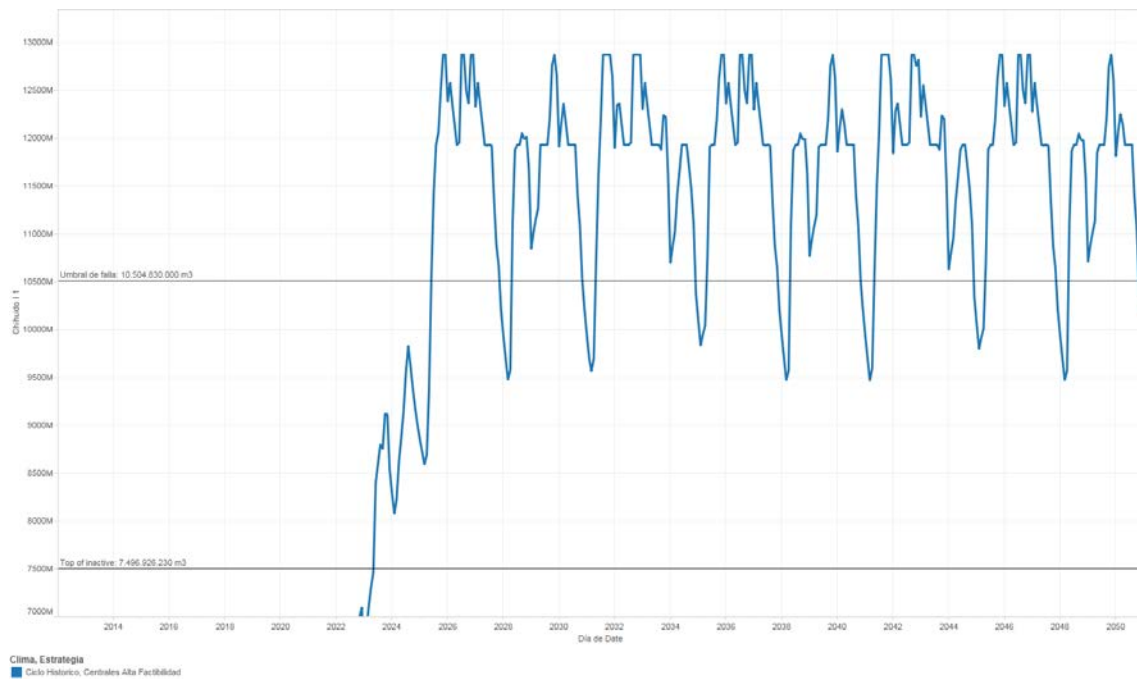


Figura xx. Volumen de Chihuido I por escenario climático (estrategia Centrales Alta Factibilidad, superficie de referencia, cultivo tradicional).

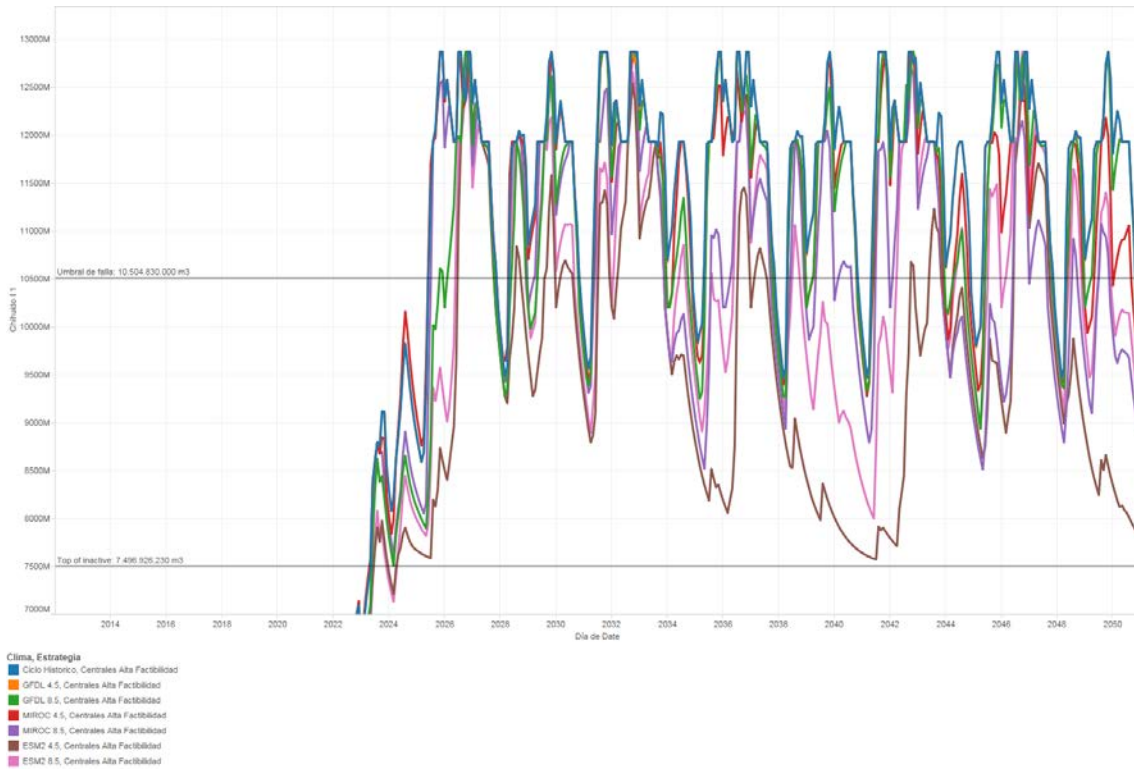


Figura xx. Frecuencia de falla del embalse Chihuido I, década 2041-2050.

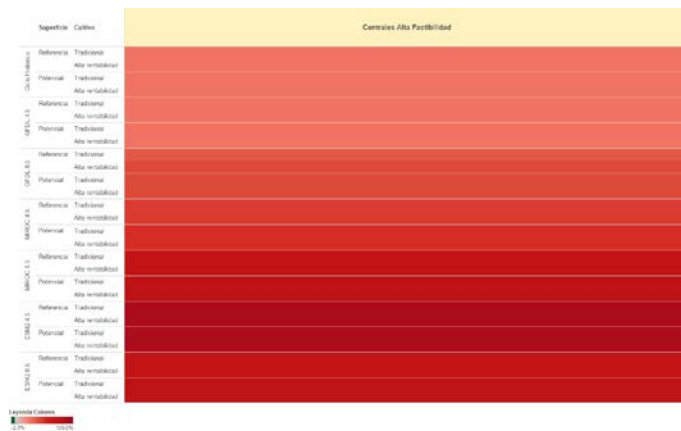
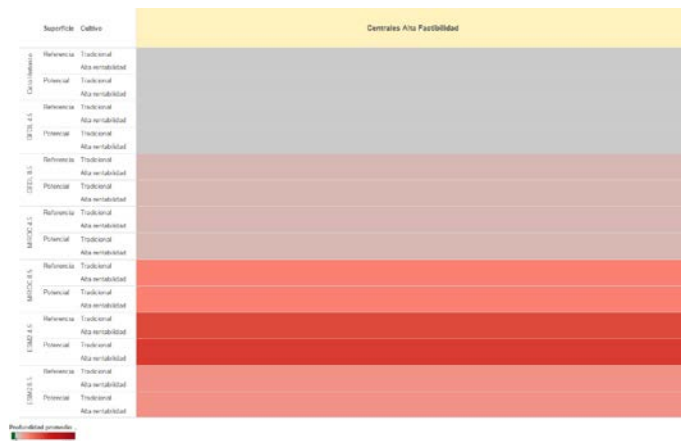


Figura xx. Profundidad de falla promedio del embalse Chihuido I, década 2041-2050.



7.21. Frecuencia y Profundidad de falla de la Generación Hidroeléctrica

La generación Total y por embalse se reduce en todos los escenarios climáticos hacia el final del periodo de análisis (2041-2050) respecto del ciclo de clima histórico. También se registra una reducción moderada de la generación en términos absolutos en este último clima. Los escenarios climáticos presentan una amplia variación en relación a la magnitud de la reducción en la generación respecto del clima histórico. La fracción de la generación correspondiente a la suma de los meses de Julio, Agosto, y Diciembre crece en forma moderada hacia la década 2041-2050 en todos los escenarios climáticos.

Figura xx. Generación por embalse y por escenario climático relativa al ciclo de clima histórico (estrategia Base, superficie de referencia, cultivo tradicional).

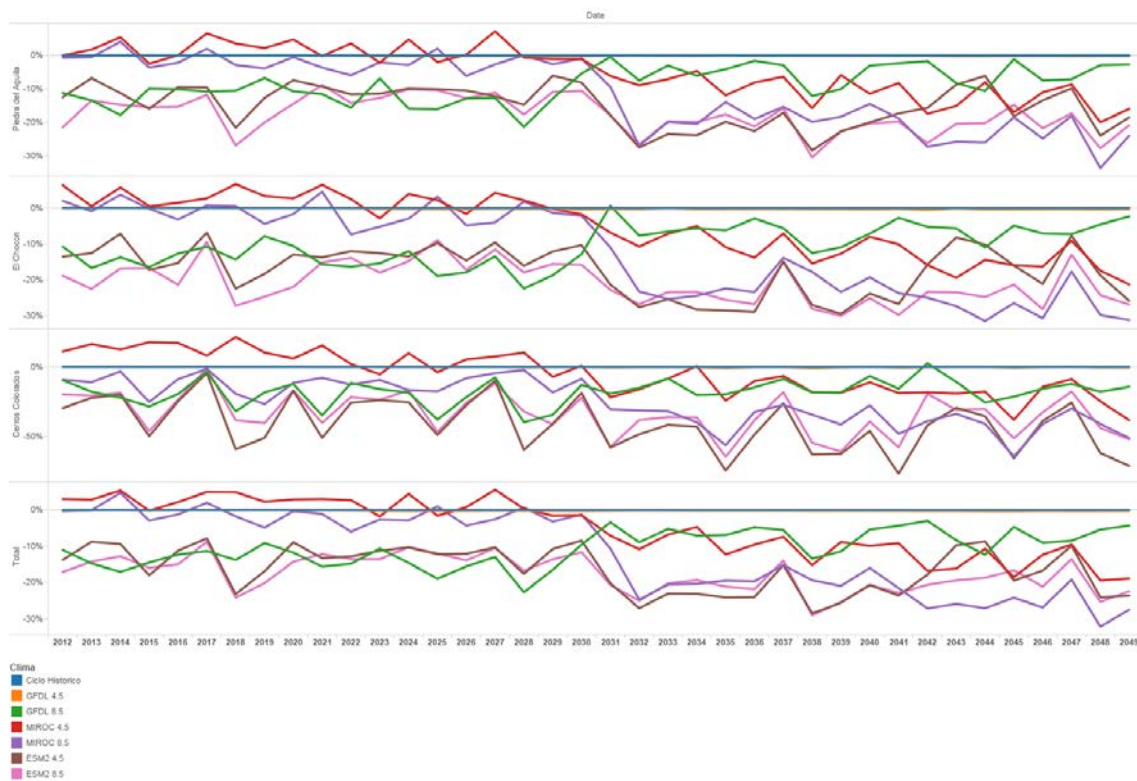
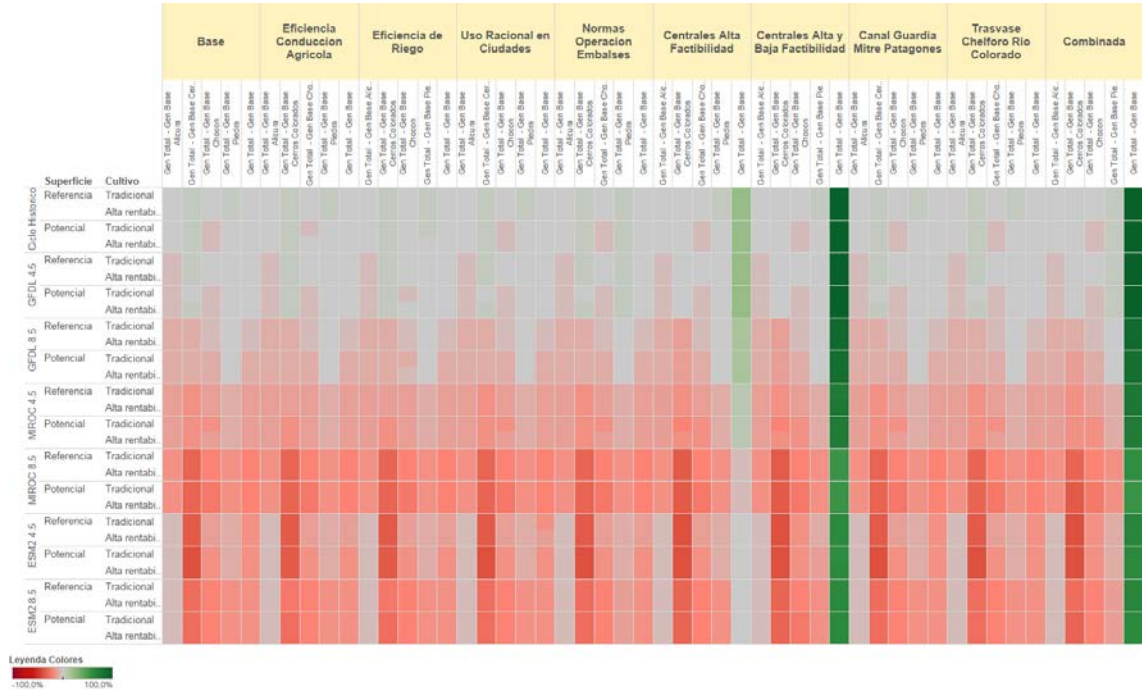


Figura xx. Profundidad de falla en generación por embalse, década 2041-2050.



8. Problemas identificados

A continuación se listan las principales situaciones problema identificadas mediante el modelado de la cuenca Comahue y estudios previos. Este conjunto de situaciones problemas constituye un diagnóstico en torno a la disponibilidad de los recursos hídricos y su utilización en el contexto del cambio y la variabilidad climática. Dicho diagnóstico brinda una caracterización actual de la situación que requiere intervención. Para cada situación problema se proponen diversos lineamientos estratégicos que plantean cómo ayudar a mitigar o resolver los problemas planteados.

Figura 8.1 Síntesis de principales problemas ordenados por severidad de falla (5=Muy Alta, 2=Muy Baja).

	Descripción del problema	Severidad de la falla
P2	• Nivel de Chihuido I por debajo del mínimo de operación normal	5
P7	• Bajo caudal en el tramo del río Neuquén entre Portezuelo Grande y El Chañar.	5
P15	• Bajo caudal en el Río Negro a la altura de la desembocadura	5
P21	• Capacidad de conducción al limite del Canal Margen Norte Valle Medio	5
P8	• Bajo caudal en el tramo del río Neuquén entre El Chañar y dique Ballester.	4
P9	• Bajo caudal en el tramo del río Neuquén entre Dique Ballester y Confluencia	4
P12	• Bajo caudal en el Río Negro a la altura de la confluencia de los ríos Limay y Neuquén	4
P13	• Bajo caudal en el Río Negro a la altura del Canal Margen Norte Valle Medio	4
P16	• Cobertura insuficiente en áreas de riego ubicadas sobre el río Neuquén en el tramo Portezuelo Grande-El Chañar	4
P23	• Capacidad de conducción al limite del Canal Conesa	4
P24	• Capacidad de conducción al limite del Canal Principal Valle Inferior	4
P3	• Nivel de Cerros Colorados por debajo del mínimo de operación normal	3
P11	• Bajo caudal en el Río Limay a la salida de Arroyito	3
P14	• Bajo caudal en el Río Negro a la altura del Canal Matriz Valle Medio	3
P17	• Cobertura insuficiente en áreas de riego del Alto Valle	3
P18	• Cobertura insuficiente en otras áreas de riego (Vista Alegre, Campo Grande, Arroyito, Barreales)	3
P19	• Capacidad de conducción al limite del Canal Principal Alto Valle	3
P20	• Capacidad de conducción al limite del Canal Arroyito	3
P22	• Capacidad de conducción al limite del Canal Matriz de Valle Medio	3
P1	• Nivel de Mari Menuco por debajo del mínimo de 411.50m	2
P4	• Nivel de El Chocón por debajo del mínimo de operación normal	2
P10	• Elevado caudal en el tramo del río Neuquén entre Dique Ballester y Confluencia	2

Dimensión	Descripción del problema	Manifestación del problema	Causa / Condiciones críticas / Plazo	Lineamientos estratégicos	Actores involucrados	Amenazas
Planificación	<ul style="list-style-type: none"> Falta de experiencia en la adaptación a la problemática de mediano y largo plazo planteada por el cambio climático 	<ul style="list-style-type: none"> Los recursos se focalizan en la resolución de los problemas de carácter más urgente, y en un análisis que toma en cuenta un contexto climático basado en la historia 	<ul style="list-style-type: none"> Agravamiento y mayor grado de conocimiento en relación a los impactos negativos del cambio climático, que se manifiestan principalmente en el mediano y largo plazo 	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecimiento de la planificación de mediano y largo plazo en el contexto del cambio climático) Promoción del relevamiento y el acceso a la información requerida para los procesos de planificación 	AIC, SRH, DPA, SSRH, ME, Municipalidades, Universidades e instituciones técnicas	
Embalse y Generación	<ul style="list-style-type: none"> Nivel de Mari Menuco por debajo del mínimo de 411.50m 	<ul style="list-style-type: none"> Problemas en la toma para la ciudad de Neuquén, Plottier y Centenario Abastecimiento de áreas de riego en Alto Valle y Barreales, con Generación Planicie Banderita (Gpb)=0 Generación Planicie Banderita (Gpb)=0 bajo 410,50 (Actual NMIExt). 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de caudal en río Neuquén. Falta de regulación del uso en franja de operación normal (FON) según pronóstico de derrame Llenado de Chihuido I (2020, varios escenarios climáticos) Desde la década 2031-2040, ESM2 4.5, MIROC 8.5, ESM2 8.5). Principalmente Marzo-Abril 	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de Centrales de Alta Factibilidad (*) Implementación de la estrategia combinada (**). Elaboración de norma de operación para el llenado del embalse (Llenado paulatino de Chihuido I). A partir del AR Cipolletti-Roca mejorar el abastecimiento desde el Río Negro (20 m3/s) (alto costo y baja viabilidad). Adaptación de las normas de operación 	AIC, SRH, SSRH, Cammesa, ME, áreas de riego de Alto Valle, Operador Cerros Colorados, Municipalidades de Neuquén, Centenario y Plottier	2
	<ul style="list-style-type: none"> Nivel de Chihuido I por debajo del mínimo de operación normal 	<ul style="list-style-type: none"> Menor capacidad de regulación y generación hidroeléctrica anual. 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de caudal natural (por cambio climático) y operado (e.g. por embalses Neuquen Medio) en río Neuquén A partir de su implementación (2020). Todos los escenarios climáticos pero principalmente MIROC 8.5, ESM2 4.5, ESM2 8.5, GFDL 8.5. Principalmente Marzo-Mayo 	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de Centrales de Alta Factibilidad (*) Implementación de la estrategia combinada (**). Elaboración de norma de operación para el llenado del embalse (Llenado paulatino de Chihuido I). A partir del AR Cipolletti-Roca mejorar el abastecimiento desde el Río Negro o Limay (20 m3/s) (alto costo y baja viabilidad). Adaptación de las normas de operación 	AIC, SRH, SSRH, ME, Operador embalse, Cammesa	5
	<ul style="list-style-type: none"> Nivel de Cerros Colorados por debajo del mínimo de operación normal 	<ul style="list-style-type: none"> Menor capacidad de regulación para la provisión en tomas de abastecimiento para riego y agua potable. Menor generación hidroeléctrica anual. Incremento en la degradación en la calidad del agua. Afectación de usos recreativos en embalse. Algas. 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de caudal en río Neuquén Falta de regulación uso en FON según pronóstico de derrame Llenado de Chihuido I Desde la década 2021-2030. Todos los escenarios climáticos pero principalmente MIROC 8.5, ESM2 4.5, ESM2 8.5, GFDL 8.5. Marzo-Mayo 	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de Centrales de Alta Factibilidad (*) Implementación de la estrategia combinada (**). Elaboración de norma de operación para el llenado del embalse (Llenado paulatino de Chihuido I). A partir del AR Cipolletti-Roca mejorar el abastecimiento desde el Río Negro o Limay (20 m3/s) (alto costo y baja viabilidad). Adaptación de las normas de operación 	AIC, SRH, SSRH, ME, Operador Cerros Colorados, Cammesa	3
	<ul style="list-style-type: none"> Nivel de El Chocón por debajo del mínimo de operación normal 	<ul style="list-style-type: none"> Menor capacidad de regulación para la provisión en tomas de abastecimiento para riego y agua potable. Menor generación hidroeléctrica anual. Incremento en la degradación en la calidad del agua. Afectación de usos recreativos en embalse. Algas. 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de caudal en río Limay Falta de regulación uso en FON según pronóstico de derrame Principalmente a partir de la década 2031-2040, especialmente MIROC 8.5, ESM2 4.5, ESM2 8.5, MIROC 4.5, GFDL 8.5. Se acentúa en escenario de superficie potencial. Enero-Abril 	<ul style="list-style-type: none"> Eficiencia en conducción agrícola y eficiencia en riego agrícola y combinada Implementación de centrales de Alta y Baja factibilidad (***) Adecuación de las normas de operación del embalse. Operación del embalse teniendo en cuenta un pronóstico extendido (función de demanda de la generación). 	AIC, SRH, SSRH, DPA, ME, Operador El Chocón, Cammesa	2
	<ul style="list-style-type: none"> Nivel de Piedra del Águila bajo 	<ul style="list-style-type: none"> Menor capacidad de regulación y generación hidroeléctrica anual. 	<ul style="list-style-type: none"> Un solo evento de poca profundidad en todo el periodo y para solo dos climas Falta de regulación uso en FON según pronóstico de derrame Reducción de caudal en río Limay, Julio-Agosto Falta de regulación uso en FON según pronóstico de derrame 	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de Centrales de Alta y Baja Factibilidad Adecuación de las normas de operación del embalse (tomar en cuenta pronóstico de corto plazo y eventualmente mediano plazo). Actualización de la CMP (posibilidad de estacionalizarla). Compatibilización de la operación cotidiana a los requerimientos de seguridad de presas y aguas abajo. 	AIC, SRH, SSRH, DPA, ME, Operador embalse, Cammesa	1
	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de caudales disponibles y turbinables en los ríos más importantes 	<ul style="list-style-type: none"> Menor capacidad de regulación y generación hidroeléctrica anual (20%-25% de reducción promedio en generación en Comahue al año 2050 en la estrategia Base). Sin embargo, el impacto es poco significativo en la generación y emisiones a nivel nacional 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de caudales en ríos Limay y Neuquén. Falta de regulación uso en FON según pronóstico de derrame Todos los escenarios climáticos. 	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de Centrales de Alta y Baja Factibilidad Adecuación de las normas de operación de los embalses Diversificación geográfica y por fuentes de la oferta eléctrica Incremento de generación eléctrica en otras regiones del país. Incorporación de centrales que empuñen en otras regiones del país 	AIC, Cammesa, ME, Operadores embalses, SSRH, SRH, DPA, Ministerio de Energía	

Dimensión	Descripción del problema	Manifestación del problema	Causa / Condiciones críticas / Plazo	Lineamientos estratégicos	Actores involucrados	Severidad de la falla
Caudales mínimos y máximos	• Bajo caudal en el tramo del río Neuquén entre Portezuelo Grande y El Chañar.	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de la capacidad de dilución Baja calidad del agua. Problemas sanitarios Impactos sobre el ecosistema Abastecimiento AR San Patricio del Chañar, AR Añelo y Traten, e industriales (HC) 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de caudal del río Neuquén Crecimiento de demandas en un tramo del Río Neuquén con caudal acotado por desvío hacia Cerros Colorados Todos los escenarios climáticos pero especialmente MIROC 8.5, ESM2 4.5, ESM2 8.5, GFDL 8.5. Principalmente a partir de la década actual. Se acentúa en escenario de superficie potencial. Diciembre-Marzo. 	<ul style="list-style-type: none"> Aumento de la eficiencia en conducción agrícola mitiga para ciclo histórico pero no para los climas mas agresivos) Incremento del caudal desviado en el pico (Diciembre-Enero). Modificar restricción de derivación (efectivo para los climas mas moderados) Control de la contaminación de los cursos de agua. Incorporar un tope para los cultivos pluri anuales (efectivo para todos los escenarios climáticos) Viabilidad limitada por la tracción del mercado (valido tambien para medida de eficiencia de riego, consumo de EE en sistemas modernos) 	AIC, SRH, SSRH, DPA, Municipios, Áreas de riego Añelo, Tratlén, San Patricio del Chañar, Empresas hidrocarburíferas y de servicios asociadas, Subsecretaría de Ambiente de Neuquén, EPAS, COPADE, Ministerio de Producción y Turismo, CAMMESA, Ministerio de Energía de la Nación, Concesionario	5
	• Bajo caudal en el tramo del río Neuquén entre El Chañar y dique Ballester.	<ul style="list-style-type: none"> Caudal mínimo insuficiente entre Dique Ballester y Confluencia Abastecimiento en Alto Valle 	<ul style="list-style-type: none"> Restricción de descarga de Cerros Colorados Falta de regulación uso en FON según pronóstico de derrame Principalmente a partir de la década 2021-2030 para los climas ESM2 4.5, MIROC 8.5, ESM2 8.5, GFDL 8.5. Enero Abril 	<ul style="list-style-type: none"> Incremento de la descarga durante el estiaje (Dic-Mar) Implementación de las estrategias Centrales de Alta Factibilidad y Combinada mejoran algunos años en todos los escenarios climáticos. A partir del AR Cipolletti-Roca mejorar el abastecimiento desde el RN o Limay (20m3/s) (alto costo y baja viabilidad) 	AIC, SRH, SSRH de la Nación, DPA, Municipios, Áreas de riego, Operador Cerros Colorados, Secretarías de Medio Ambiente, o Limay (20 m3/s), SRH, Municipios, Empresas hidrocarburíferas y de servicios asociadas, Subsecretaría de Ambiente de Neuquén, EPAS, COPADE, Ministerio de Producción y Turismo RN y Nqn, CAMMESA, Ministerio de Energía de la Nación	4
	• Bajo caudal en el tramo del río Neuquén entre Dique Ballester y Confluencia	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de la capacidad de dilución Baja calidad del agua. Problemas sanitarios Impactos sobre el ecosistema Tomas para centros urbanos 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de caudal del río Neuquén Falta de regulación uso en FON según pronóstico de derrame Restricción de descarga de Cerros Colorados Principalmente a partir de la década 2021-2030 para los climas GFDL 8.5, ESM2 4.5, MIROC 8.5 y ESM2 8.5. Enero-Abril 	<ul style="list-style-type: none"> Eficiencia en conducción agrícola, eficiencia de riego, y combinada (efectivas para climas mas moderados) Control de la contaminación de los cursos de agua. A partir del AR Cipolletti-Roca mejorar el abastecimiento desde el RN o Limay (20m3/s) (alto costo y baja viabilidad). • Asegurar el abastecimiento en condiciones de bajo caudal y nivel de embalses (tomas urbanas) 	AIC, SRH, SSRH, DPA, Municipios, Áreas de riego, Operador Cerros Colorados, Secretarías de Medio Ambiente, AIC, SSRH, Municipios, Empresas hidrocarburíferas y de servicios asociadas, Subsecretaría de Ambiente de Neuquén, EPAS, COPADE, Ministerio de Producción y Turismo RN y Nqn, CAMMESA, Ministerio de Energía de la Nación	4
	• Elevado caudal en el tramo del río Neuquén entre Dique Ballester y Confluencia	• Impactos sobre la infraestructura, centros urbanos, chacras y asentamientos ribereños	<ul style="list-style-type: none"> Crecidas del río Neuquén Degradación natural y avance antrópico sobre el cauce A partir de la década presente (2021-2030) pero con baja frecuencia, clima histórico, MIROC 4.5, GFDL 4.5, MIROC 8.5. Agosto-Septiembre 	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de la estrategia Centrales de Alta Factibilidad Mitigación de impactos de grandes crecidas. Sueltas programadas (medida existente pero se aplica poco por las limitaciones en época de sequía). Estrategia de pronóstico de corto plazo (util para preparación y evacuación) sistema de alertas y avisos (medidas no estructurales). Ordenamiento territorial 	AIC, SRH, SSRH, DPA, Municipios, Áreas de riego, Operador Cerros Colorados, Secretarías de Medio Ambiente, AIC, SSRH, Municipios, Empresas hidrocarburíferas y de servicios asociadas, Subsecretaría de Ambiente de Neuquén, EPAS, COPADE, Ministerio de Producción y Turismo RN y Nqn, CAMMESA, Ministerio de Energía de la Nación, Defensa Civil	2
	• Bajo caudal en el Río Limay a la salida de Arroyito	<ul style="list-style-type: none"> Toma para riego en Arroyito Tomas Valles Azul, Medio e Inferior 	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de caudales en el río Limay Falta de regulación uso en FON según pronóstico de derrame (Piedra del Águila y Chocón) A partir de la década 2041-2050, todos los climas pero especialmente ESM2 4.5, MIROC 8.5 y ESM2 8.5. Enero-Marzo 	• Asegurar el abastecimiento en condiciones de bajo caudal y nivel de embalses	AIC, SSRH, SRH, DPA, Operador embalse, Área de riego Arroyito	3
	• Bajo caudal en el Río Negro a la altura de la confluencia de los ríos Limay y Neuquén	• Tomas para riego en Valle Azul, Valle Medio e Inferior	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de caudales de los ríos Neuquén y Limay. Incumplimiento de caudales ecológicos. Agua mas transparente y mas caliente que actualmente (debido a los embalses), crecimiento de vegetación acuática. Incremento de costo de mantenimiento de canales Falta de regulación uso en FON según pronóstico de derrame A partir de la década 2021-2030, todos los climas pero especialmente ESM2 4.5, MIROC 8.5 y ESM2 8.5. Enero-Marzo 	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de la estrategia Combinada (Eficiencia conducción y riego) Asegurar el abastecimiento en condiciones de bajo caudal y nivel de embalses. Regulación de las derivaciones (dique derivado tipo Ballester, valido para todas las tomas hasta valle inferior). Existen obras de menor costo que se podr(ian implementar (Belisle, Guardia Mitre). 	AIC, SSRH, DPA, SRH, Operadores, Áreas de riego Valle Medio e Inferior. Secreteria de produccion RN	4
	• Bajo caudal en el Río Negro a la altura del Canal Margen Norte Valle Medio	• Tomas para riego en Valle Medio e Inferior	• A partir de la década 2021-2030, todos los climas pero especialmente ESM2 4.5, MIROC 8.5 y ESM2 8.5. Enero-Marzo.	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de la estrategia Combinada (Eficiencia conducción y riego) Asegurar el abastecimiento en condiciones de bajo caudal y nivel de embalses. Regulación de las derivaciones (dique derivado tipo Ballester, valido para todas las tomas hasta valle inferior). Existen obras de menor costo que se podr(ian implementar (Belisle, Guardia Mitre). Toma Chelforo. 	AIC, SSRH, DPA, Operadores, Áreas de riego Valle Medio e Inferior. Secreteria de produccion RN	4
	• Bajo caudal en el Río Negro a la altura del Canal Matriz Valle Medio	• Tomas para riego en Valle Medio e Inferior	• A partir de la década 2031-2040, todos los climas pero especialmente ESM2 4.5, MIROC 8.5 y ESM2 8.5. Enero-Marzo	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de la estrategia Combinada (Eficiencia conducción y riego, pérdidas en Canal Matriz) Asegurar el abastecimiento en condiciones de bajo caudal y nivel de embalses. Regulación de las derivaciones (dique derivado tipo Ballester, valido para todas las tomas hasta valle inferior). Existen 	AIC, SSRH, DPA, Operadores embalses, Áreas de riego Valle Medio e Inferior	3

IDRC Grant 107097-001

97

Dimensión	Descripción del problema	Manifestación del problema	Causa / Condiciones críticas / Plazo	Lineamientos estratégicos	Actores involucrados	Severidad de la falla
Requerimientos (riego y uso urbano)	• Cobertura insuficiente en áreas de riego ubicadas sobre el río Neuquén en el tramo Portezuelo Grande-El Chañar	• Reducción de productividad e ingresos • Degradación de la calidad de los suelos (lixiviación de sales)	• A partir de la década 2021-2030, MIROC 8.5, ESM2 4.5, ESM2 8.5. Diciembre-Enero • Acentuado por superficie potencial de riego • Baja eficiencia de conducción y riego	• Incremento de la eficiencia en conducción y riego agrícola. Uso de agua subterránea para control de heladas. • Implementación de la estrategia combinada • Ampliación y ordenamiento de la infraestructura de abastecimiento a las áreas de riego • Reconversión y diversificación productiva	AIC, SRH, Áreas de riego Añelo, Tratalién, San Patricio del Chañar, Operador Cerros Colorados	4
	• Cobertura insuficiente en áreas de riego del Alto Valle		• A partir de la década 2031-2040, climas MIROC 8.5, ESM2 4.5, ESM2 8.5 • Acentuado por superficie potencial de riego • Baja eficiencia de conducción y riego		AIC, SRH, DPA, Áreas de riego Alto Valle y aguas arriba, Operador Cerros Colorados	3
	• Cobertura insuficiente en otras áreas de riego (Vista Alegre, Campo Grande, Arroyito, Barreales)		• A partir de la década 2031-2040, MIROC 8.5, ESM2 4.5, ESM2 8.5 • Acentuado por superficie potencial de riego • Baja eficiencia de conducción y riego		AIC, SRH, DPA, Áreas de riego Alto Valle y aguas arriba, Operador Cerros Colorados	3
Canales principales de riego	• Capacidad de conducción al límite del Canal Principal Alto Valle	• Insuficiente cobertura de requerimientos para las áreas de riego • Proliferación de tomas irregulares para áreas de riego • Limitación de la producción respecto del potencial para el área • Degradación de la calidad de los suelos • Problemas en la red de drenaje	• A partir de la década 2021-2030, principalmente para superficie potencial. La expansión urbana que se registra en la zona tiende a mitigar el problema en el escenario de superficie tendencial, mostrando una tendencia hacia la reducción de la superficie en los últimos años. • Expansión potencial de áreas de riego • Baja eficiencia de conducción y riego	• Incremento de la eficiencia de conducción (comenzar por los canales mas chicos) y riego agrícola • Ampliación y ordenamiento de la infraestructura de abastecimiento a las áreas de riego. Implementar toma en Chelforo. Tomar LE de mas arriba • Reconversión y diversificación productiva. Estudiar alternativas de financiamiento.	DPA, Áreas de riego Alto Valle	3
	• Capacidad de conducción al límite del Canal Arroyito		• A partir de la década 2041-2050, superficie potencial de riego, cultivo alta rentabilidad		SRH, Área de riego Arroyito	3
	• Capacidad de conducción al límite del Canal Margen Norte Valle Medio		• A partir de la década actual, para todos los escenarios climáticos. Agravado por superficie potencial • Expansión de áreas de riego • Baja eficiencia de conducción y riego		DPA, Áreas de riego Chimpay, Belisle, Darwin	5
	• Capacidad de conducción al límite del Canal Matriz de Valle Medio		• A partir de la década 2041-2050, superficie potencial de riego • Baja eficiencia de conducción y riego		DPA, Áreas de riego Margen Sur, Colonia Josefa	3
	• Capacidad de conducción al límite del Canal Conesa		• A partir de la década actual, para todos los escenarios climáticos. Agravado por superficie potencial • Expansión de áreas de riego • Baja eficiencia de conducción y riego		DPA, Área de riego Conesa	4
	• Capacidad de conducción al límite del Canal Principal Valle Inferior		• A partir de la década actual, para todos los escenarios climáticos. Agravado por superficie potencial • Expansión de áreas de riego • Baja eficiencia de conducción y riego		DPA, Áreas de riego Valle Inferior	4

Dimensión	Descripción del problema	Manifestación del problema	Causa / Condiciones críticas / Plazo	Lineamientos estratégicos	Actores involucrados	Severidad de la falla
Otros (no cubiertos por la modelación)	• Crecientes extraordinarias	• Impactos negativos sobre la infraestructura, centros urbanos y asentamientos ribereños	• Incremento de la variabilidad climática. Precipitaciones extraordinarias	• Definición de nuevos lineamientos • Implementación de Centrales de Alta Factibilidad • Mitigación de impactos de grandes crecidas	AIC, SRH, SSRH, DPA, Municipios, Áreas de riego, operadores embalses	
	• Ascenso de la capa freática en Alto Valle	• Salinización de áreas de riego y afectación de la producción • Anegamiento y daño radicular • Abandono de áreas de riego	• Pérdidas en canales de riego • Red de drenaje con profundidad y mantenimiento inadecuado • Descargas de embalses, en particular picos de Diciembre • Exceso de agua empleada para riego. Prácticas de riego y control de heladas inadecuadas los sistemas de riego no están preparados para satisfacer la demanda para control de heladas)	• Incremento de la eficiencia de conducción y riego. • Revisión de los niveles de descarga máxima de los embalses	AIC, SRH, DPA, Áreas de riego, operadores embalses, Cammesa	
Actualización/Mantenimiento de la modelación, y datos para modelación y planificación	• Longitud limitada de las series de caudales con escasos períodos secos, medios y húmedos. Restricciones en la capacidad del modelo para simular un mayor espectro de comportamientos hidrológicos posibles del sistema.	• Aumento de la incertidumbre asociada a la calibración y prospectiva	• Información fragmentada, inconsistente e incompleta en algunos puntos de cierre • Falta de legislación de acceso a través de predios privados para la instalación y acceso a equipos de medición sin cargo (ej. ríos Litrán, Quillén, Meliquina, Trafal, Limay...) • Vandalismo.	• Promoción del relevamiento y el acceso a la información requerida para los procesos de planificación • Fortalecimiento de la planificación de mediano y largo plazo en el contexto del cambio climático	SMN, AIC	
	• Limitaciones en la disponibilidad de información de precipitación en el tiempo/espacio, restringiendo la implementación de modelos climáticos y/o técnicas de downscaling más apropiados para la captura de la variabilidad espacio-temporal de las precipitaciones.	• Aumento de la incertidumbre asociada a la modelación climática e hidrológica	• Falta de adecuación de los modelos disponibles a la Cordillera de los Andes y/o limitaciones en las técnicas de downscaling		CIMA, AIC, UNCOMA	
	• Insuficiente información sobre acumulación de nieve	• Aumento de la incertidumbre asociada a la modelación de los procesos de acumulación y derretimiento de nieve. Impactos sobre la modelación hidrológica y prospectiva	• Falta de disponibilidad de imágenes de radar para estimar la variación estacional de la cobertura nival. • Insuficiente número de estaciones en tierra (snow pillow) para validar la información resultante del análisis de teledetección. Existen otros lugares instrumentables, aunque de corta acumulación y baja incidencia durante fusión • Falta de análisis de consistencia de datos disponibles. • Limitación de recursos económicos para instalación y mantenimiento debido a altos costos del acceso aéreo (indisponible -o casi- en la zona en los últimos años)		SMN, AIC, CONAE	
	• Falta de información de variables hidrológicas para estimar la evaporación de embalses/lagos utilizando ecuaciones tradicionales de la bibliografía especializada	• Limitación en la calibración de la operación de embalses y la laminación de lagos. • Incremento de la incertidumbre asociada a la modelación y prospectiva	• Limitada disponibilidad /monitoreo de variables como humedad relativa, radiación, temperatura de superficie de agua, velocidad de viento, presión atmosférica, otras, en los puntos de emplazamientos de lagos y embalses.		SMN, AIC	
	• Acceso a la información adecuada para la estimación de ETO en algunas regiones	• Aumento de la incertidumbre asociada a la calibración y prospectiva	• Falta de medición de alguna de las variables meteorológicas requeridas para el cálculo en alguna zona de riego (e.g. radiación solar) • Información fragmentada, incompleta o difícil de acceder		SMN, AIC, INTA, DPA	
	• Insuficiente información de superficie bajo riego por tipo de cultivo y tecnología	• Aumento de la incertidumbre asociada a la calibración y prospectiva • Utilización de datos no actualizados	• Falta de relevamiento sistemático y abarcativo • Información fragmentada, inconsistente e incompleta		INDEC, Institutos provinciales de estadísticas, Ministerio de agricultura, ganadería y pesca. Secretaría de Fruticultura de Río Negro. Ministerio de Producción de Neuquén	
	• Balances hídricos de algunas regiones de riego inexistentes o incompletos (e.g. Valle Inferior). Para Alto Valle y Valle Medio existe información, se modifica la estimación en presencia de la freática. En El Chañar se está midiendo la freática.	• Aumento de la incertidumbre asociada a la calibración y prospectiva • Utilización de datos incompletos o no actualizados • Información insuficiente para planificar	• Falta de relevamiento sistemático y abarcativo de caudales a lo largo de la temporada de riego • Falta de información adecuada sobre el comportamiento del acuífero freático en Valle Inferior • Información fragmentada, inconsistente e incompleta		Áreas de riego, DPA, SRH (Limay)	

9. Lineamientos estratégicos

A continuación se listan los principales lineamientos estratégicos mencionados en la sección anterior, y los instrumentos y acciones asociados que permitirían dar operatividad a los primeros.

Figura 9.1 Lineamientos estratégicos e instrumentos.

LE	Lineamientos estratégicos	Instrumentos / Acciones
LE0	<ul style="list-style-type: none"> Fortalecimiento de la planificación de mediano y largo plazo en el contexto del cambio climático 	<ul style="list-style-type: none"> Establecer el Programa de aprovechamiento y distribución de los recursos hídricos de la cuenca de los ríos Limay, Neuquén y Negro previsto en el estatuto de la AIC. Las tres provincias tienen códigos de aguas propios y un tratado interjurisdiccional para regularlo. Teniendo en cuenta los escenarios planteados, efectuar el seguimiento y adecuación que el mayor conocimiento de parámetros y variables vaya permitiendo, constituyendo un proceso dinámico de planificación. Implementar los instrumentos y recursos necesarios para alimentar el proceso de planificación. Actualización sistemática de la implementación de la modelación, para lo cual también debe preverse vincular participativamente a los organismos que además de depositarios o interesados directos, sean los productores de información.
LE21	<ul style="list-style-type: none"> Promoción del relevamiento, procesamiento y el acceso a la información requerida para los procesos de planificación. Mantenimiento actualizado de la Modelación para Planificación por parte de la AIC y de los Organismos Jurisdiccionales. (Necesidad de asociar con procesos de producción y control de calidad de la información) 	<ul style="list-style-type: none"> Garantizar el acceso fluido a la información y el financiamiento sostenible de su producción (más aún si se propicia la consulta online). Relevamiento periódico y sistemático de información meteorológica. (info diaria para ETO: Tmax, Tmin, HRmax, HRmin, punto de rocío, velocidad del viento 2m, radiación solar neta). Necesidad de desglosar este punto según el proceso modelado y especificar lineamientos e instrumentos específicos a aplicar con miras a mejorar su representación. Creación de una base de datos meteorológica unificada disponible online con capacidad para su actualización. Mejora del sistema de pronósticos. Datos de radar Publicación de información diaria de ETO para las diversas áreas de riego Instalación de equipamiento para relevar las variables requeridas para el cálculo de ETO en diversos puntos de la cuenca Mejoramiento del sistema de medición de nieve acumulada (e.g. duplicar sistemas y prever costos de instalación y mantenimiento anual con acceso aéreo). Mejora en los sistemas de medición de caudales. Mantenimiento de estaciones. Incorporación de Instrumental alternativo (döppler). Verificación periódica de la validez de las curvas H-Q mediante aforos. Modernización y expansión del sistema de medición de caudales en canales para poder medir eficiencia de conducción y riego a lo largo de la temporada de riego y en diversos puntos de la red Relevamiento periódico y sistemático de información sobre caudales, superficie irrigada por tipo de cultivo y tiempos de riego Actualización periódica del padrón de regantes Publicación de información anual de estadísticas agrícolas (tipos de cultivo por área de riego). Base de datos georreferenciada Elaboración de plan de riegos y cronograma de demandas Mejorar el conocimiento del mecanismo de interacción entre el acuífero libre y la zona vadosa. Relevamiento de las variables requeridas para su modelación Desarrollo y/o implementación de modelos climáticos más detallados y adecuados para la zona cordillerana (e.g. Precip) Relevamiento de consumo de agua por uso y sector en zonas urbanas Actualización sistemática de la Modelación para Planificación con incorporación de variables de calidad de aguas Vincular participativamente a los organismos que además de depositarios o interesados directos, sean los productores de información

LE	Lineamientos estratégicos	Instrumentos / Acciones
LE14	<ul style="list-style-type: none"> • Control de la contaminación de los cursos de agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Adecuación y control de descarga de efluentes • Revisión/Ampliación de las actividades de monitoreo. Refuerzo del monitoreo y control en secciones críticas (e.g. Río Neuquén entre Portezuelo Grande y Confluencia, desembocadura del Río Negro) • Capacitación a productores y otros usuarios de la red de desagües • Control de la comercialización de agroquímicos no autorizados • Revisión del padrón de usuarios del sistema de descarga de efluentes
LE20	<ul style="list-style-type: none"> • Reconversión y diversificación productiva 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluación e introducción de especies y variedades agrícolas alternativas (e.g. alto valor de mercado, posibilidades de valor agregado, adaptación a condiciones de estrés hídrico, etc.) • Mejoramiento y renovación del material genético de las plantaciones tradicionales (e.g. variedades con alta aptitud comercial y mejor potencial exportador) • Transferencia de tecnología y modernización de los sistemas de cultivo • Implementación de métodos activos de defensa contra heladas (los sistemas de riego no están calculados para satisfacer esta demanda) • Fortalecimiento y capacitación a productores y trabajadores (prácticas culturales, gestión, alternativas productivas, etc.) • Desarrollo de producción orgánica • Conformación de cadenas de valor • Registrar los cultivos con relación a las demandas de agua y penalizar los cambios a los cultivos con mayor demanda de agua • Evaluar el impacto del costo de la energía asociado a la modernización del sistema de riego

LE	Lineamientos estratégicos	Instrumentos / Acciones
LE1	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la eficiencia en conducción agrícola 	<ul style="list-style-type: none"> • Adecuación y mantenimiento de canales y red de drenaje en forma coordinada para evitar mayores pérdidas (e.g. asignar recursos humanos y fondos adecuados para estas tareas; limpieza y rehabilitación de taludes con vegetación; construcción de descargadores para descargar la lama al realizar la limpieza; eliminación de embanques y socavones; profundización de desagües; mecanización del sistema de mantenimiento e incorporación de equipamiento para la limpieza de desagües y drenes). Realizar mantenimiento de canales con control topográfico • Reparación de filtraciones e Impermeabilización de tramos críticos de los canales (e.g. membrana, material bentonítico, etc.) (Alto Valle). (avance condicionado a limitaciones constructivas, de drenaje y climáticas durante el período de monda) • Implementación de un sistema de colectores paralelos al río para reducir el impacto de altos caudales sobre el sistema de drenaje (Alto Valle) • Modernización del sistema de control, derivación y medición de caudales en canales de tal forma de entregar el caudal requerido en cada sitio (reparación y cambio de compuertas, renovación de los elementos necesarios para mantenimiento y control, incluyendo parque vehicular y excavadoras). Implementación de control de caudales en red de drenaje y desagües. Implementación de aforadores en la red de secundarios y terciarios. (ahogo de aforadores de resalto por conducción embalsada hacia zonas altas de costa) • Reducción y racionalización de la red de riego, en particular de la red de comuneros (alternativa a medición de Q) • Incremento del abastecimiento de agua para poder cubrir el pico de la demanda (como consecuencia del abatimiento de la capa freática) • Elaboración de un cronograma de demandas. Evaluación de los requerimientos de agua. Planificación de la dotación y aplicación en función de las necesidades de cada tipo de cultivo. Realizar la entrega de agua con control hidrométrico y en menor tiempo y mayor caudal (actualmente se riega mucho tiempo con bajo caudal, lo que conduce a una alta ineficiencia. Ello se debe a que la red de comuneros y acequias no permite el manejo de caudales elevados). Reempadronamiento de productores • Capacitación de productores en gestión del agua y buenas prácticas culturales. Promoción de prácticas y tecnologías apropiadas. • Reemplazo del método de inundación para el control de heladas por métodos más modernos y que no eleven la capa freática • Preparación y nivelación del terreno previo al riego. Marcación de los bordes de la parcela para evitar regar zonas no requeridas • Evaluación del impacto de las tecnologías de riego eficiente sobre la salinización de suelos y desarrollo de métodos para mitigar este efecto (e.g. riego por aspersión para lavado de sales y combate de heladas)
LE2	<ul style="list-style-type: none"> • Aumento de la eficiencia en riego agrícola 	<ul style="list-style-type: none"> • Capacitación a técnicos y personal de mantenimiento de los sistemas de riego • Fortalecimiento de los consorcios de riego y formación de los mismos allí donde no existen • Fortalecimiento de los organismos de gestión, principalmente de los consorcios y otras instituciones que agrupan productores • Revisión e implementación efectiva del marco normativo • Evaluación del grado de cumplimiento con el canon de riego, de su valor unitario, y mecanismos de control. Mejoramiento de la cobrabilidad del canon de riego de tal forma de posibilitar las obras de mantenimiento y ampliación. Evaluación de cobro volumétrico. • Regular y limitar los derechos de agua fundamentalmente para riego en volumen y caudal instantaneo según sea necesario, para lo cual hay que medir sistemáticamente el agua entregada • Limitar el incremento de la area de riego, permitirlo solo sobre la base del aumento de la eficiencia (con el mismo consumo). • Analizar la incorporación ares nuevas bajo riego y ampliaciones significativas, en el ambito de la AIC. • Analizar la incorporación ares nuevas bajo riego con cultivos anuales, con prioridad diferenciada • Promocionar el uso eficiente y penalizar en caso contrario, sobre todo en sectores criticos, (ej. tramo inferior del Rio Neuquen). • Planificar y regular adecuadamente las areas bajo riego, determinar los limites en superficie del area, volumen y caudal para cada sistema de riego en funcion de una adecuada planificacion de los usos. • Tender a una planificacion de los maximos consumos por uso posibles mediante la profundizacion del analisis para distintos escenarios. Asgnacion de volúmenes y caudales por jurisdiccion y por uso. • Establecer políticas de manejo de agua en casos de deficit. Preveer riego deficitario • Evaluar el impacto del costo de la energía asociado a la modernización del sistema de riego ya que esto puede volver inviábiles determinadas explotaciones/cultivos.

LE	Lineamientos estratégicos	Instrumentos / Acciones
LE13	<ul style="list-style-type: none"> Incremento del caudal disponible en tramos críticos del río Neuquén durante el estiaje 	<ul style="list-style-type: none"> Evaluación de impactos Resolución física/normativa de limitación uso agua p/riego bajo cota 410,50 en Mari Menuco
LE15	<ul style="list-style-type: none"> Asegurar el abastecimiento en condiciones de bajo caudal y nivel de embalses 	<ul style="list-style-type: none"> Modificar la captación para el área de riego Chimpay (Canal Margen Norte Valle Medio) Modificar otras captaciones que puedan verse afectadas en condiciones de bajo caudal (detallar) Revisión de la red de monitoreo y control de calidad del agua
LE17	<ul style="list-style-type: none"> Ampliación y ordenamiento de la infraestructura de abastecimiento a las áreas de riego 	<ul style="list-style-type: none"> Ampliación, reacondicionamiento y mantenimiento de canales existentes Realización de estudios previos y preparación de planes de expansión Búsqueda de financiamiento Reempadronamiento. Regularización de tomas no declaradas
LE3	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de uso racional y eficiente de agua en ciudades 	<ul style="list-style-type: none"> Relevamiento y difusión de datos sobre consumo de agua por sector y uso en grandes centro urbanos Reducción de pérdidas en conducción, almacenamiento y distribución Recolección y uso de aguas grises Revisión e implementación efectiva de un marco normativo adecuado Diseño e implementación de un programa de capacitación y concientización Promoción de prácticas y tecnologías apropiadas Capacitación a profesionales, técnicos y personal de mantenimiento y tendido de la infraestructura hídrica Tender a una planificación de los máximos consumos por uso posibles mediante la profundización del análisis para distintos escenarios. Asignación de volúmenes y caudales por jurisdicción y por uso.
LE8	<ul style="list-style-type: none"> Adecuación de las normas de operación de embalses 	<ul style="list-style-type: none"> Realización de simulaciones integrando la operación de diversos embalses Realización de un análisis más detallado de impactos en el contexto de diversos escenarios climáticos Incorporación de pronósticos de derrame estacional para regulación uso FON, y pronósticos de medio y corto plazo para atenuación de crecidas Análisis de los requerimientos potenciales de expropiación de tierras y sus implicancias sociales, legales, ambientales.
LE4	<ul style="list-style-type: none"> Modificación de la norma de operación de Piedra del Águila 	<ul style="list-style-type: none"> Realización de simulaciones para evaluar impactos Incorporación de pronósticos de derrame estacional para regulación uso FON, y pronósticos de medio y corto plazo para atenuación de crecidas
LE10	<ul style="list-style-type: none"> Reducción de la generación programada de El Chocón 	<ul style="list-style-type: none"> Incorporación de pronósticos de derrame estacional para regulación uso FON, y pronósticos de medio y corto plazo para atenuación de crecidas
LE18	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de los niveles de descarga máxima de los embalses 	<ul style="list-style-type: none"> Realización de simulaciones Evaluación de los potenciales impactos asociados a los nuevos niveles (e.g. Actualización de las Crecidas de Diseño)

LE	Lineamientos estratégicos	Instrumentos / Acciones
LE18	<ul style="list-style-type: none"> Revisión de los niveles de descarga máxima de los embalses 	<ul style="list-style-type: none"> Realización de simulaciones Evaluación de los potenciales impactos asociados a los nuevos niveles (e.g. Actualización de las Crecidas de Diseño)
LE19	<ul style="list-style-type: none"> Mitigación de los impactos de grandes crecidas 	<ul style="list-style-type: none"> Incorporación de pronósticos de derrame estacional para regulación uso FON, y pronósticos de medio y corto plazo para atenuación de crecidas Realización de obras de control aluvional Relocalización de infraestructura, personas y bienes ubicados en zonas de alto riesgo Elaboración de planes de contingencia
LE12	<ul style="list-style-type: none"> Diversificación geográfica y por fuentes de la oferta eléctrica 	<ul style="list-style-type: none"> Elaboración de escenarios energéticos alternativos (e.g. menor dependencia hidroenergética y/o mayor incorporación de renovables variables) e incorporación al modelo LEAP Estudio de la generación potencial hidroeléctrica en la cuenca del Plata en función de escenarios climáticos Estudio de la generación potencial hidroeléctrica en Patagonia Sur en función de escenarios climáticos Evaluación de escenarios con menor dependencia hidroenergética
LES	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de Centrales de Alta Factibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Actualización de inventario y prefactibilidad de los proyectos ubicados sobre el río Negro superior Topografía y geomorfología del sitio. Evaluación del recurso hídrico y su potencial de generar de energía. Elección del sitio y del esquema básico del aprovechamiento. Selección de las turbinas y generadores, así como de sus equipos de control. Evaluación del impacto ambiental y estudio de las medidas para su mitigación. Evaluación económica del proyecto y su potencial de financiación. Marco institucional y procedimientos administrativos para obtener las autorizaciones Realización de un análisis más detallado de impactos en el contexto de diversos escenarios climáticos Análisis de las opciones de financiamiento

LE	Lineamientos estratégicos	Instrumentos / Acciones
LE6	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de Centrales de Alta y Baja factibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> Topografía y geomorfología del sitio. Evaluación del recurso hídrico y su potencial de generar de energía. Elección del sitio y del esquema básico del aprovechamiento. Selección de las turbinas y generadores, así como de sus equipos de control. Evaluación del impacto ambiental y estudio de las medidas para su mitigación. Evaluación económica del proyecto y su potencial de financiación. Marco institucional y procedimientos administrativos para obtener las autorizaciones Realización de un análisis más detallado de impactos en el contexto de diversos escenarios climáticos Análisis de las opciones de financiamiento
LE9	<ul style="list-style-type: none"> Incremento del tamaño de Chihuido I 	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de alternativas e impactos
LE11	<ul style="list-style-type: none"> Implementación de centrales de bombeo en Neuquén Medio 	<ul style="list-style-type: none"> Realización de simulaciones y un análisis detallado del impacto sobre el sistema eléctrico Elaboración de estudios preliminares Análisis de la potencial complementariedad con la generación eólica proyectada para la región
LE16	<ul style="list-style-type: none"> Identificación de una alternativa viable de canalización de uso común desde el Río Negro hacia la Provincia de BsAs 	<ul style="list-style-type: none"> Evaluar en forma más detallada variantes del Canal Guardia Mitre Patagones Realización de un análisis más detallado de impactos en el contexto de diversos escenarios climáticos
LE7	<ul style="list-style-type: none"> Implementación del Canal Guardia Mitre Patagones 	<ul style="list-style-type: none"> Análisis de variantes técnicas Realización de un análisis más detallado de impactos en el contexto de diversos escenarios climáticos

Anexo 1. Esquemas del modelo WEAP de las cuencas de los ríos Limay, Neuquén y Negro

Abreviaturas más relevantes utilizadas en los esquemas:

- AR Área de Riego
- AT Alto Trafal
- AV Alto Valle
- CU Centro Urbano
- HC Explotación Hidrocarburos Convencionales
- HC no Convencional Explotación Hidrocarburos no Convencionales
- PP Planta Potabilizadora
- PT Planta de Tratamiento
- Q Caudal
- VM Valle Medio

Figura A1.1 Río Limay entre el Lago Nahuel Huapi y Piedra del Águila

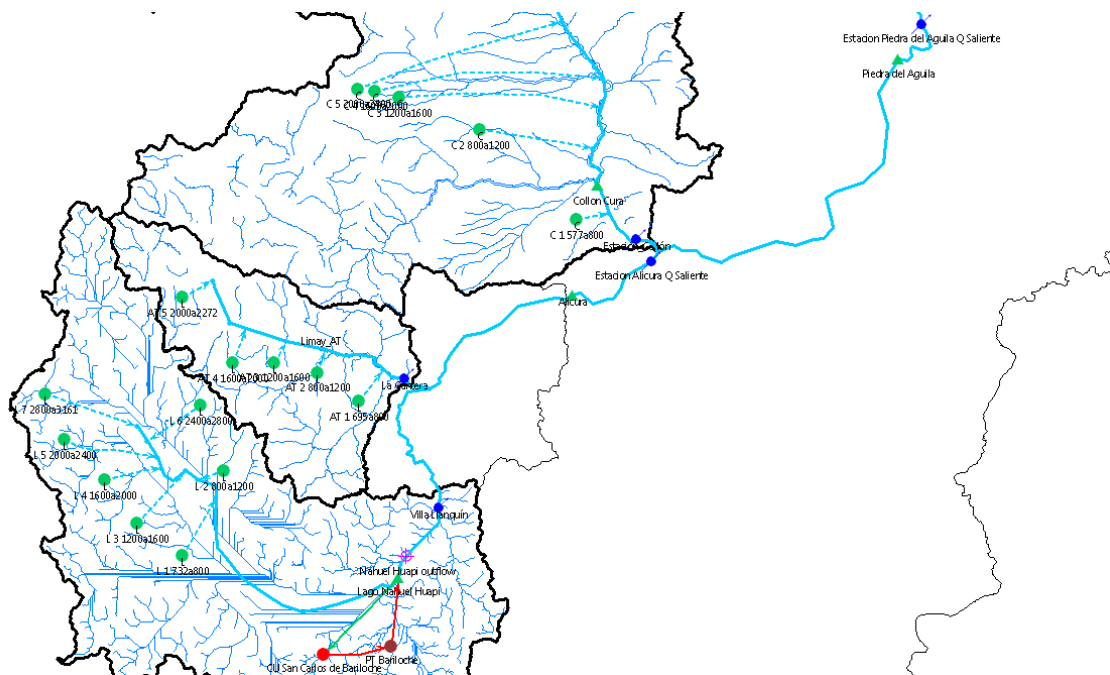


Figura A1.2 Río Limay entre Piedra del Águila y El Chocón

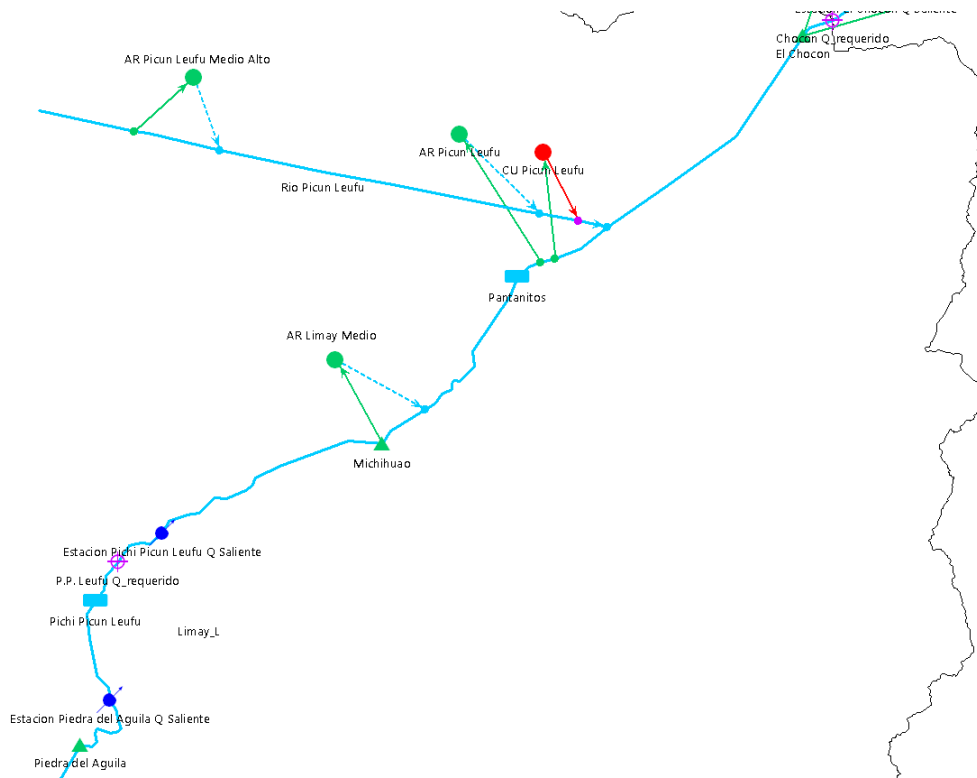


Figura A1.3 Río Neuquén entre Chos Malal y Chihuido I

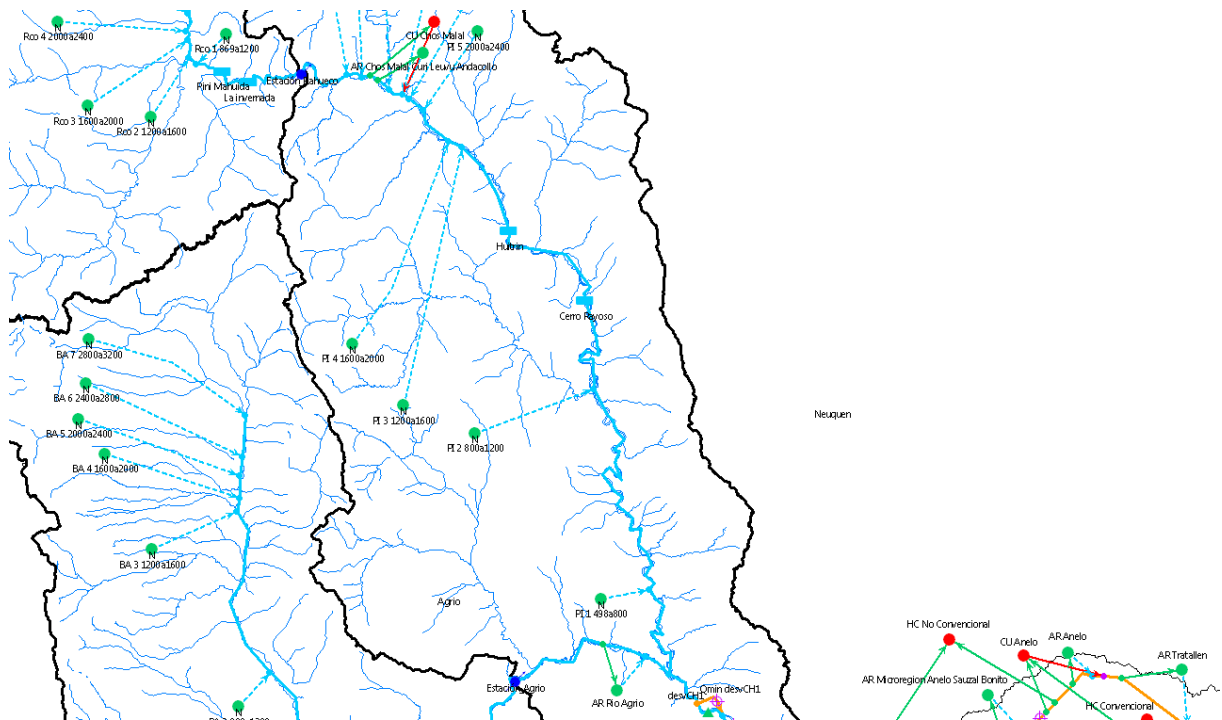


Figura A1.4 Confluencia de los ríos Neuquén y Limay

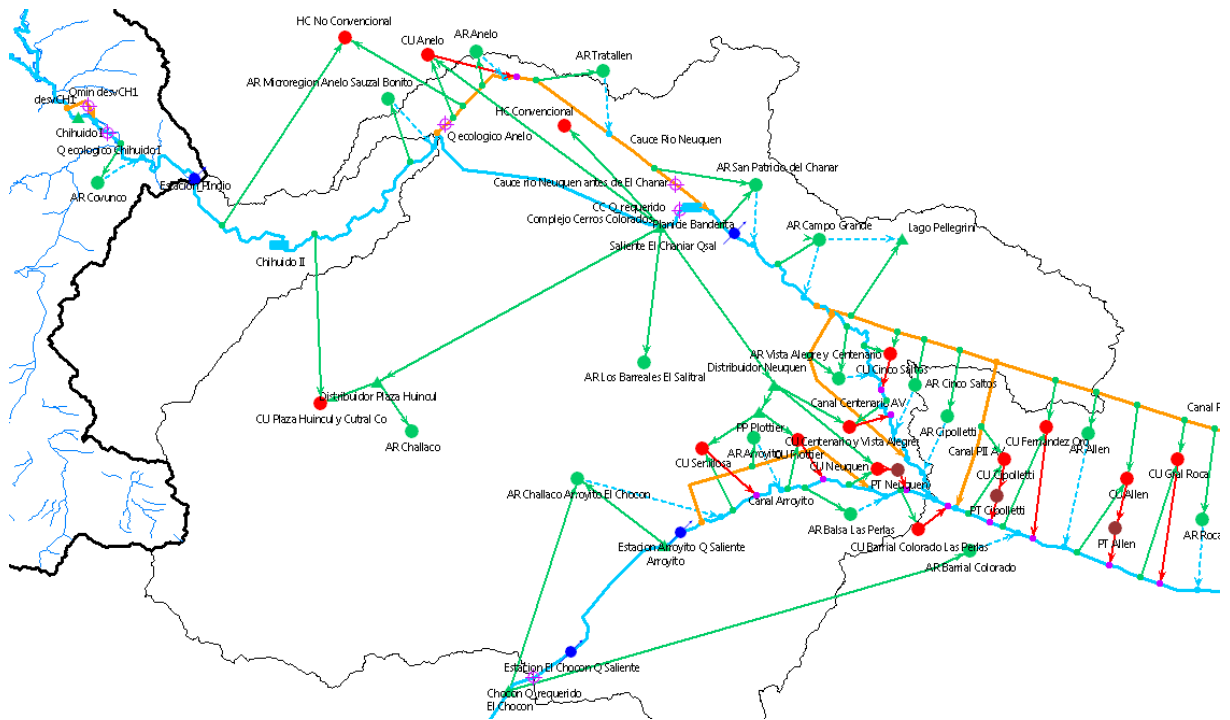


Figura A1.5 Alto Valle del Río Negro y Confluencia de los ríos Neuquén y Limay

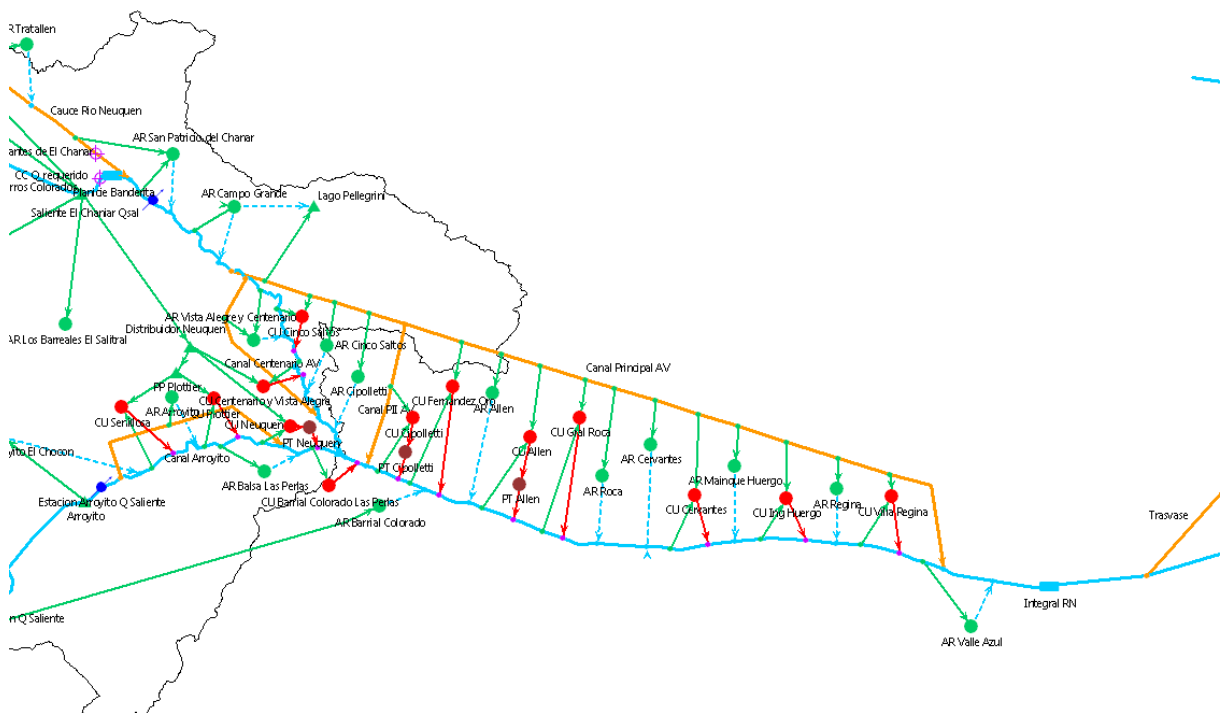


Figura A1.6 Valle Medio del Río Negro

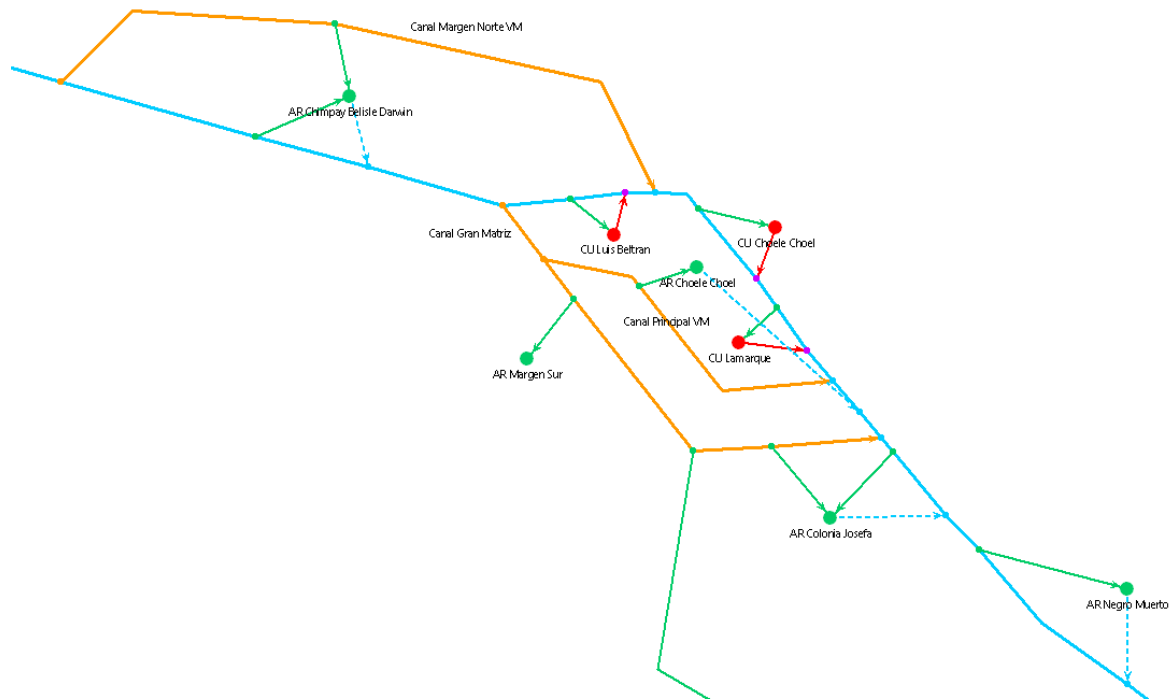


Figura A1.7 Río Negro a la altura de Conesa

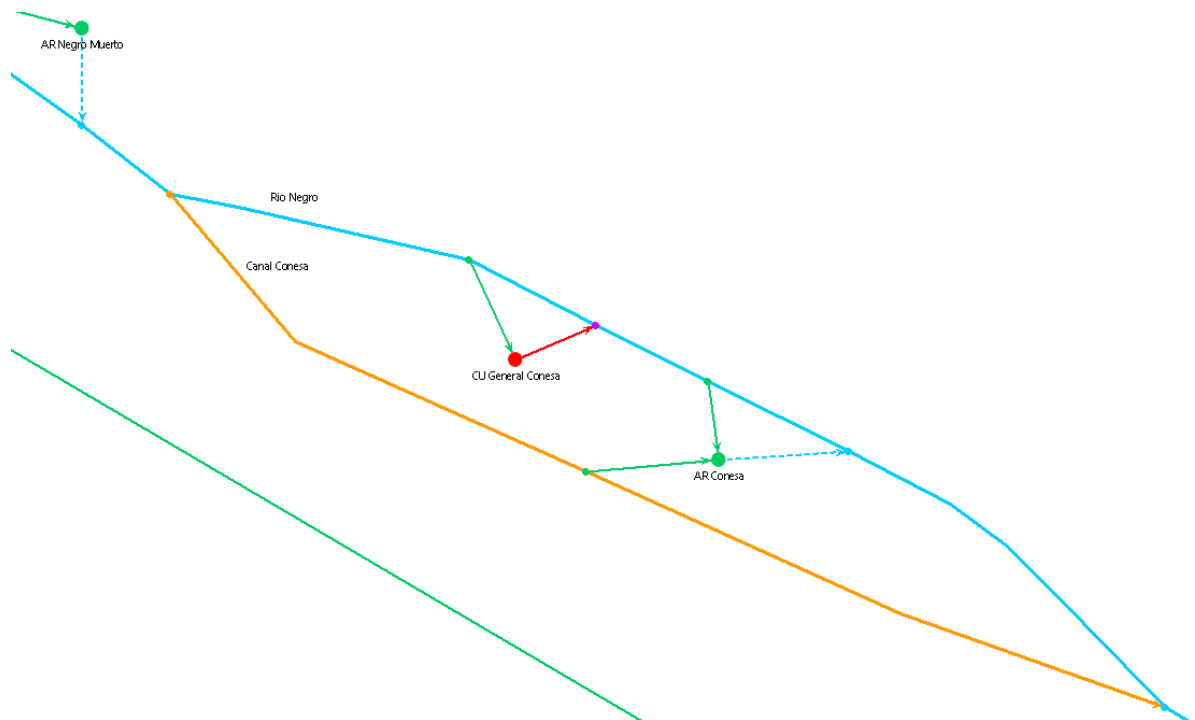
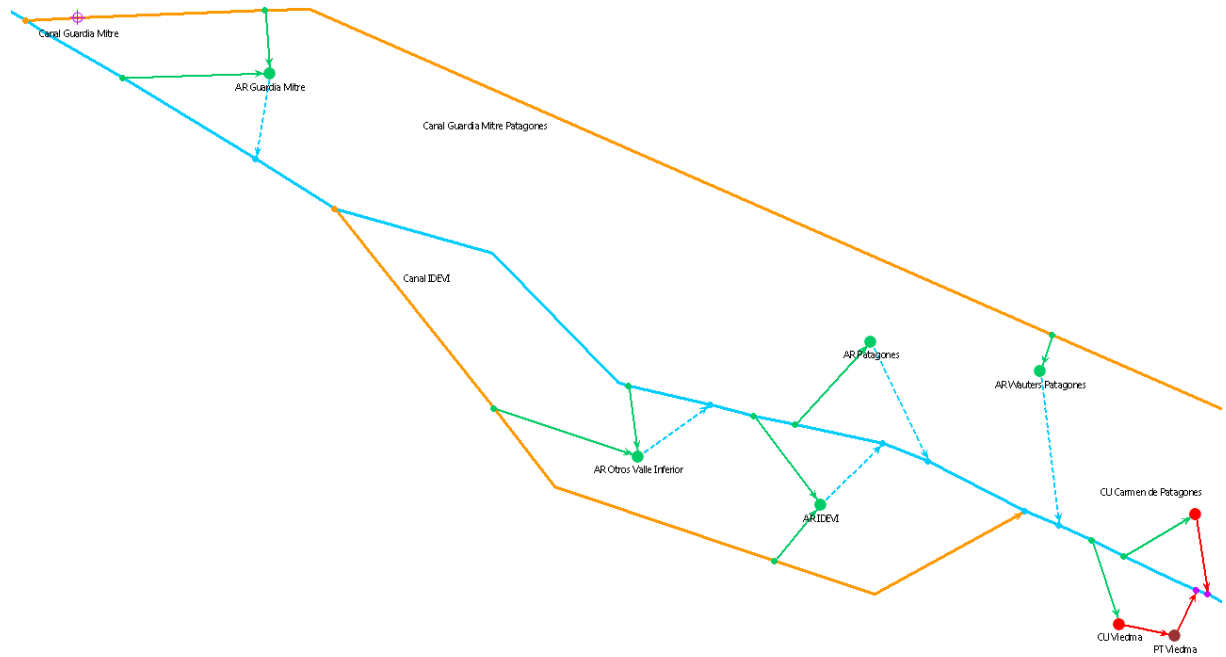


Figura A1.7 Valle Inferior del Río Negro



Anexo 2. Hidrogramas

Figura A2.1 Hidrograma río Limay, clima de referencia (salida del lago Nahuel Huapi)

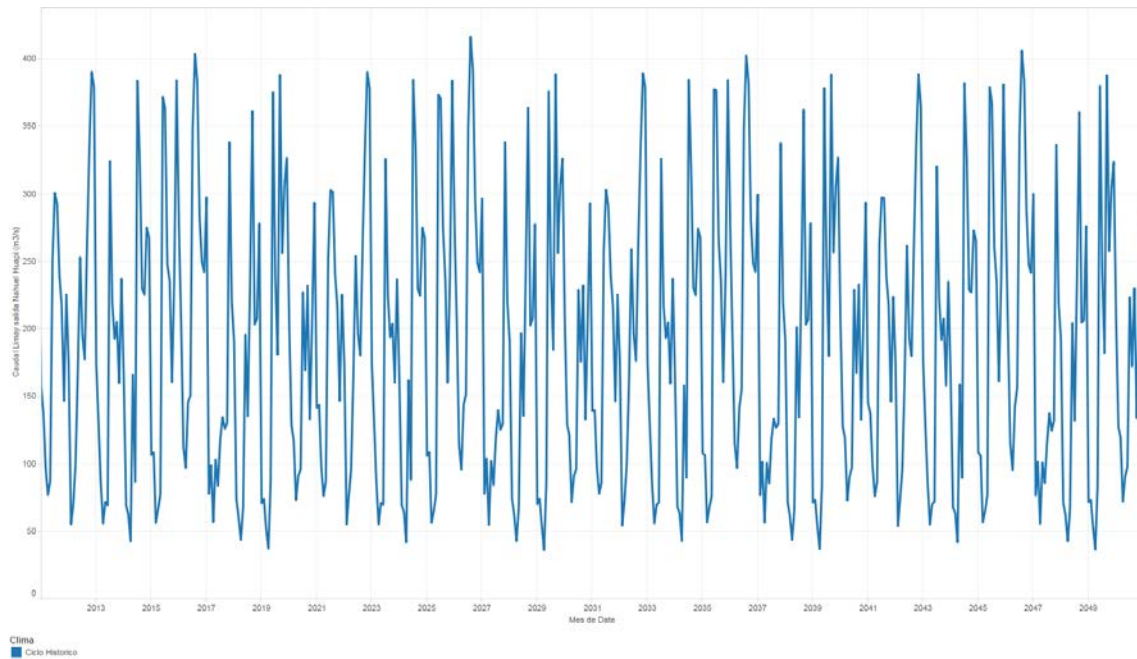


Figura A2.2 Hidrograma río Limay, todos los escenarios climáticos (salida del lago Nahuel Huapi)

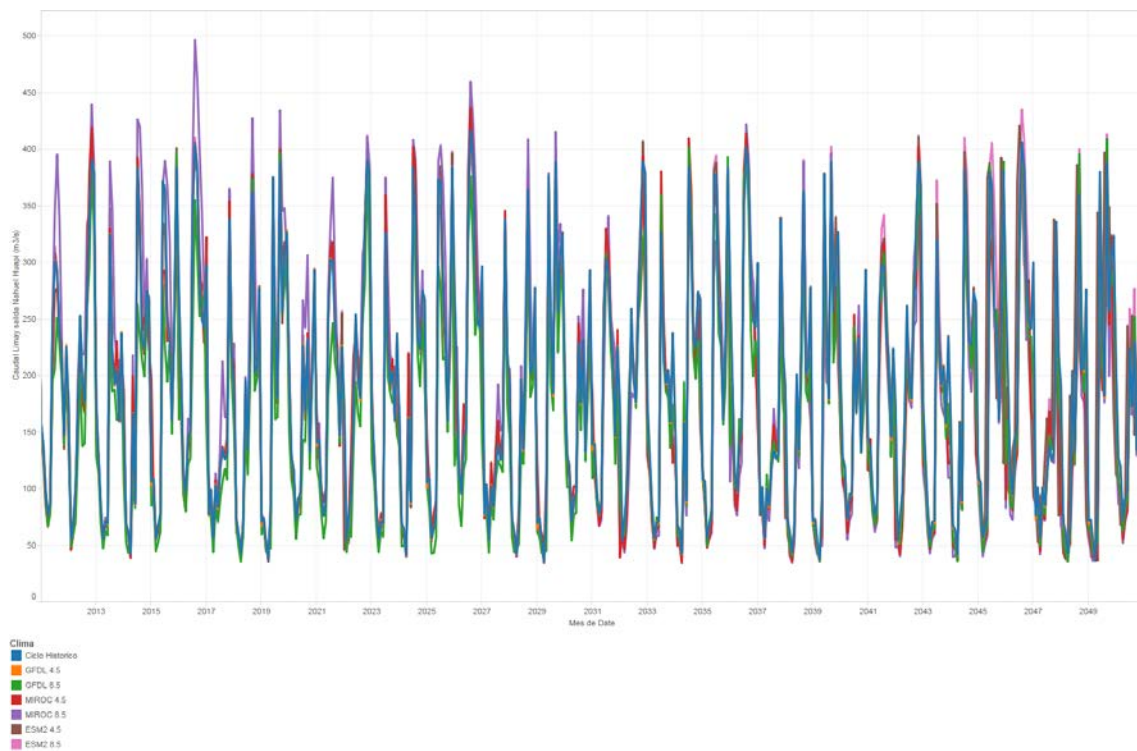


Figura A2.3 Hidrograma río Trafal, clima de referencia (confluencia con el río Limay)

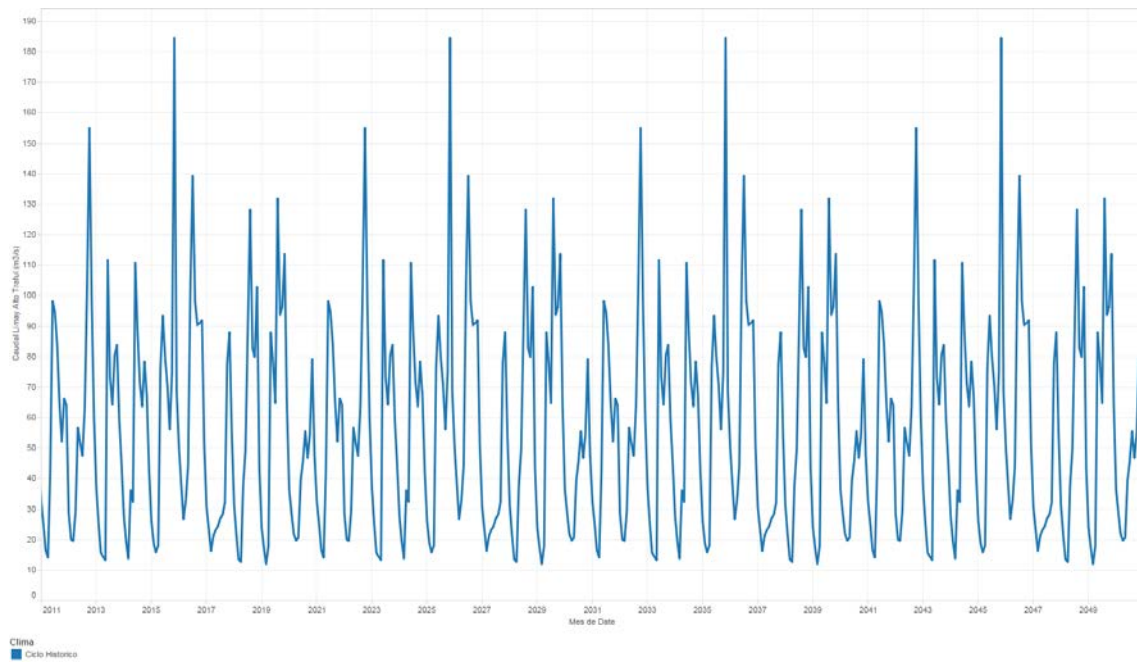


Figura A2.4 Hidrograma río Traful, todos los escenarios climáticos (confluencia con el río Limay)

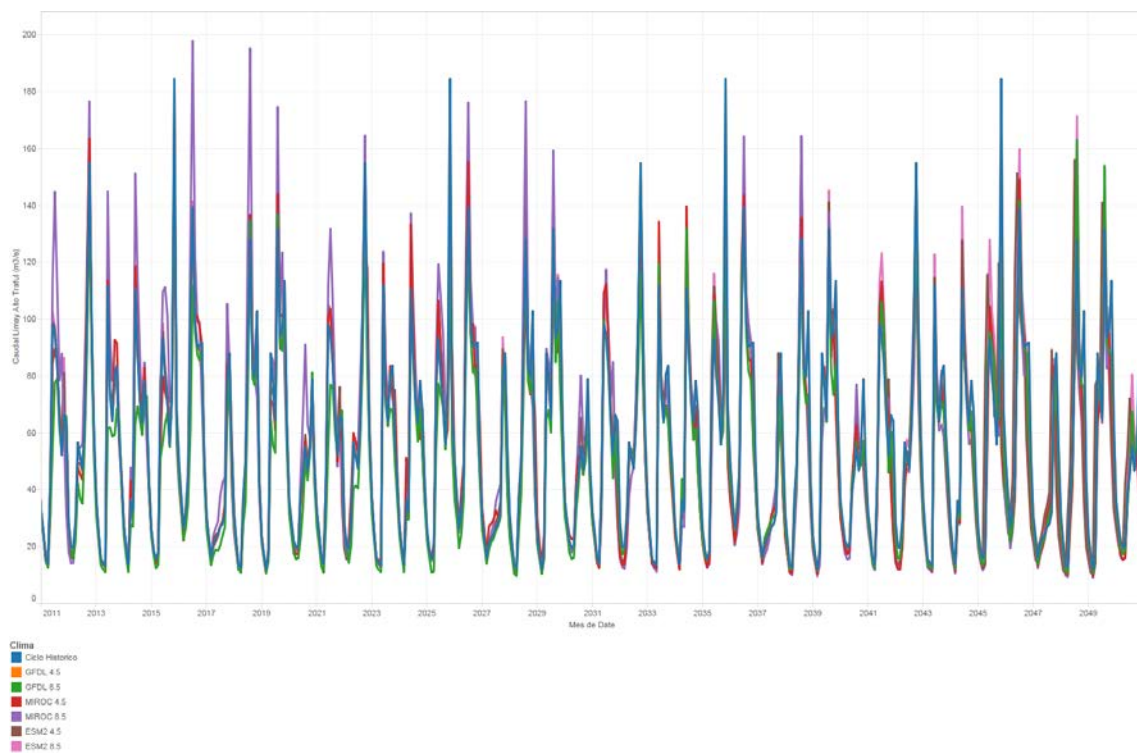


Figura A2.5 Hidrograma río Collón Cura, clima de referencia

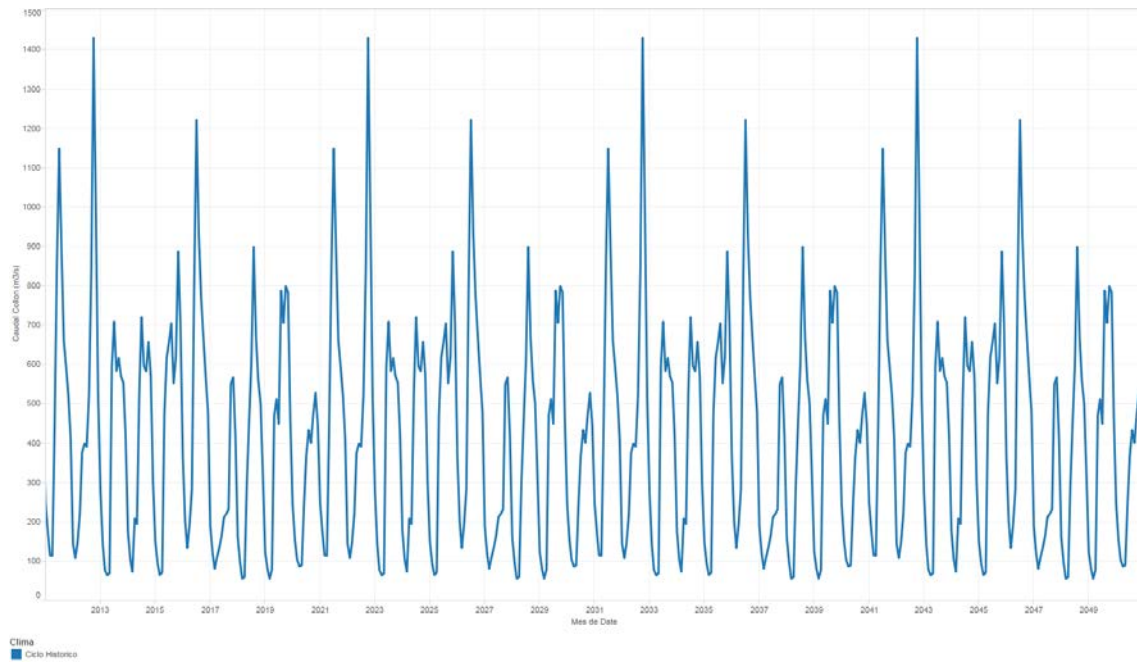


Figura A2.6 Hidrograma río Collón Cura, todos los escenarios climáticos

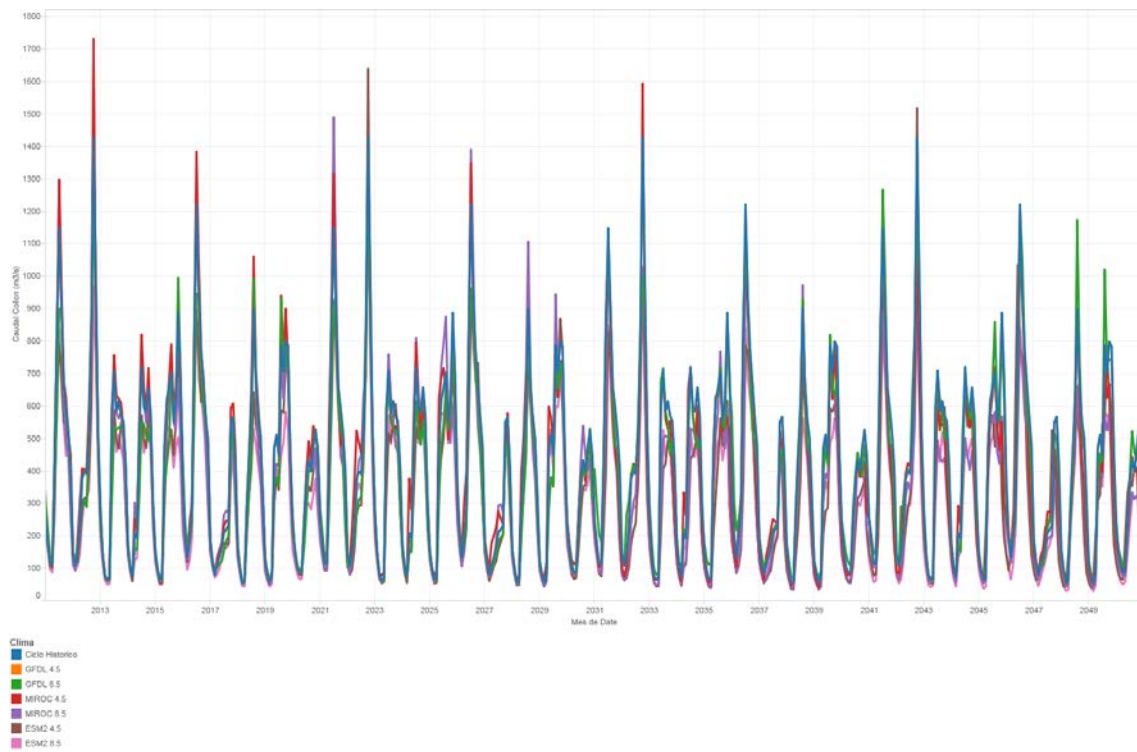


Figura A2.7 Hidrograma río Neuquén, clima de referencia (Paso de los Indios)

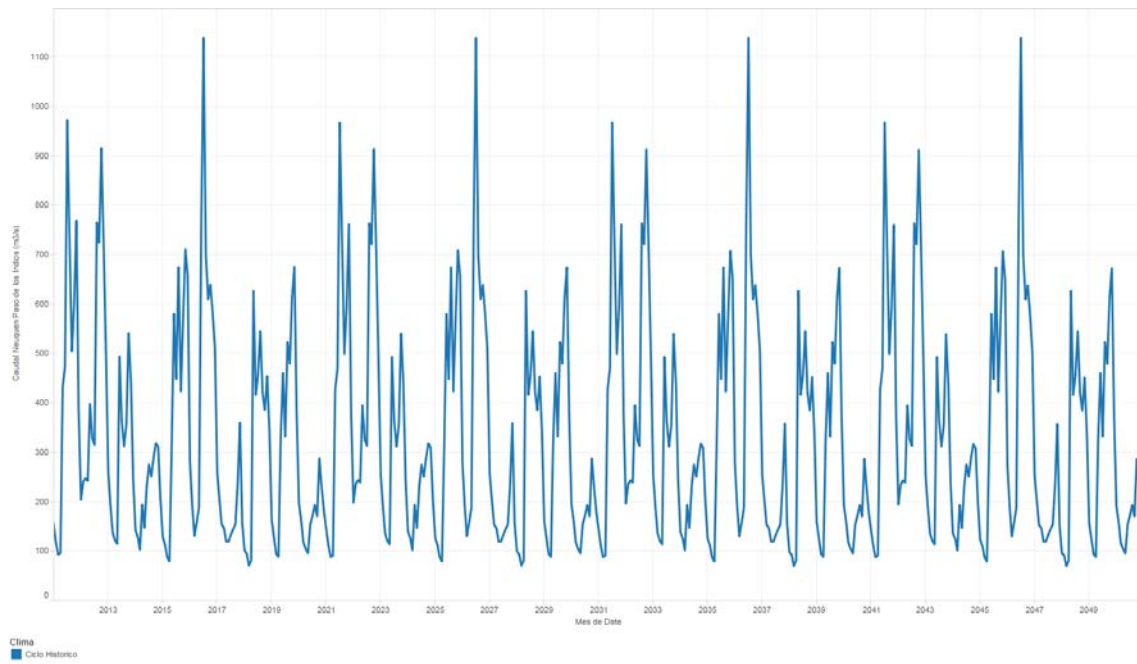
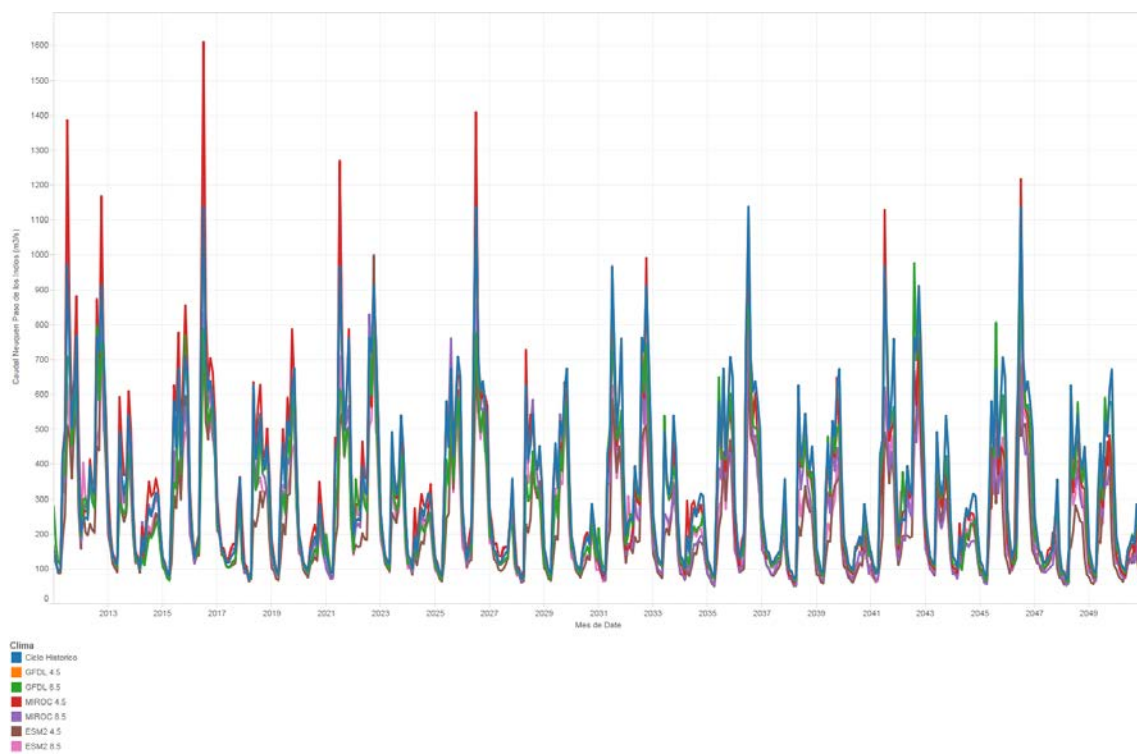


Figura A2.8 Hidrograma río Neuquén, todos los escenarios climáticos (Paso de los Indios)



Anexo 3. Superficie bajo riego

Figura A3.1 Superficie bajo riego en el Escenario Superficie de Referencia

Área de riego	2010	2020	2030	2040	2050
AR Allen	8,894	8,830	8,766	8,703	8,639
AR Anelo	1,700	2,255	2,809	3,364	3,919
AR Arroyito	6,966	7,665	8,364	9,063	9,762
AR Arroyito El Chocon	0	0	4,000	8,000	12,000
AR Balsa Las Perlas	340	383	425	468	510
AR Barrial Colorado	0	0	0	0	0
AR Campo Grande	4,140	4,218	4,297	4,375	4,454
AR Cervantes	4,455	4,455	4,455	4,455	4,455
AR Challaco	100	325	550	775	1,000
AR Chimpay Belisle Darwin	10,000	12,607	15,215	17,822	20,429
AR Choele Choele	9,268	9,342	9,416	9,490	9,564
AR Chos Malal Curi Leuvu Andacollo	1,898	2,692	3,486	4,280	5,074
AR Cinco Saltos	3,954	3,900	3,847	3,794	3,741
AR Cipolletti	6,588	6,358	6,129	5,899	5,670
AR Colonia Josefa	700	3,525	6,350	9,175	12,000
AR Conesa	10,201	13,108	16,014	18,921	21,827
AR Covunco	990	1,382	1,774	2,166	2,558
AR Guardia Mitre	411	4,058	7,706	11,353	15,000
AR IDEVI	18,000	19,699	21,397	23,096	24,794
AR Limay Medio	500	1,029	2,353	3,676	5,000
AR Limay Superior	1,000	1,941	4,294	6,647	9,000
AR Los Barreales El Salitral	0	0	5,000	10,000	15,000
AR Mainque Huergo	7,154	7,154	7,154	7,154	7,154
AR Margen Sur	2,940	3,646	4,352	5,058	5,763
AR Microregion Anelo Sauzal Bonito	595	1,696	2,798	3,899	5,000
AR Negro Muerto	655	4,991	9,327	13,664	18,000
AR Otros Valle Inferior	1,200	1,292	1,383	1,475	1,567
AR Patagones	700	1,050	1,400	1,750	2,100
AR Picun Leufu	3,432	3,924	4,416	4,908	5,400
AR Picun Leufu Medio Alto	500	925	1,350	1,775	2,200
AR Regina	12,992	12,922	12,852	12,782	12,712
AR Río Agrío	784	784	784	784	784
AR Roca	12,293	12,133	11,974	11,815	11,655
AR San Patricio del Chanar	8,008	8,006	8,004	8,002	8,000
AR Tratalen	2,200	2,400	2,600	2,800	3,000
AR Valle Azul	2,720	3,326	3,933	4,539	5,146
AR Vista Alegre y Centenario	3,728	3,665	3,603	3,541	3,479
AR Provincia de Neuquén (Ha)	32,400	38,690	56,185	73,680	91,175
AR Provincia de Río Negro (Ha)	116,903	135,947	154,991	174,036	193,080
AR Provincia de Buenos Aires (Ha)	700	1,050	1,400	1,750	2,100
Total (Ha)	150,003	175,687	212,576	249,465	286,355

Figura A3.2 Superficie bajo riego en el Escenario Superficie Potencial⁴

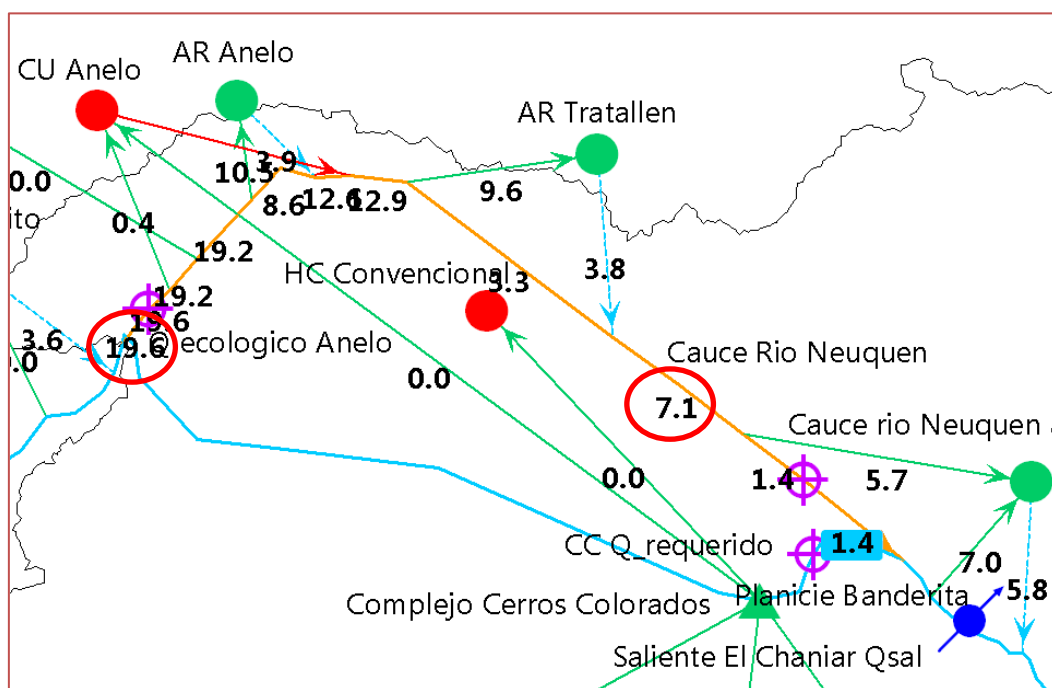
Área de riego	2010	2020	2030	2040	2050
AR Allen	8,894	9,596	10,297	10,999	11,701
AR Anelo	1,700	3,025	4,350	5,675	7,000
AR Arroyito	6,966	8,165	9,364	10,563	11,762
AR Arroyito El Chocon	0	0	6,875	13,750	20,625
AR Balsa Las Perlas	340	383	425	468	510
AR Barrial Colorado	0	0	6,983	14,741	22,500
AR Campo Grande	4,140	4,295	4,450	4,605	4,760
AR Cervantes	4,455	4,807	5,159	5,511	5,863
AR Challaco	100	325	550	775	1,000
AR Chimpay Belisle Darwin	10,000	14,300	18,600	22,900	27,200
AR Choele Choele	9,268	9,791	10,313	10,836	11,358
AR Chos Malal Curi Leuvu Andacollo	1,898	3,486	5,074	6,662	8,251
AR Cinco Saltos	3,954	4,266	4,578	4,890	5,202
AR Cipolletti	6,588	7,107	7,627	8,147	8,667
AR Colonia Josefa	700	11,645	22,590	33,535	44,480
AR Conesa	10,201	14,451	18,701	22,950	27,200
AR Covunco	990	1,774	2,558	3,341	4,125
AR Guardia Mitre	411	9,108	17,806	26,503	35,200
AR IDEVI	18,000	21,575	25,150	28,725	32,300
AR Limay Medio	500	2,500	5,000	7,500	10,000
AR Limay Superior	1,000	2,647	6,765	10,882	15,000
AR Los Barreales El Salitral	0	0	9,625	19,250	28,875
AR Mainque Huergo	7,154	7,719	8,283	8,848	9,412
AR Margen Sur	2,940	4,368	5,796	7,223	8,651
AR Microregion Anelo Sauzal Bonito	595	2,196	3,798	5,399	7,000
AR Negro Muerto	655	19,091	37,527	55,964	74,400
AR Otros Valle Inferior	1,200	1,538	1,875	2,213	2,550
AR Patagones	700	2,275	3,850	5,425	7,000
AR Picun Leufu	3,432	4,424	5,416	6,408	7,400
AR Picun Leufu Medio Alto	500	1,375	2,250	3,125	4,000
AR Regina	12,992	14,017	15,042	16,068	17,093
AR Rio Agrio	784	784	784	784	784
AR Roca	12,293	13,263	14,234	15,204	16,175
AR San Patricio del Chanar	8,008	8,852	9,697	10,541	11,385
AR Tratalen	2,200	2,900	3,600	4,300	5,000
AR Valle Azul	2,720	3,908	5,095	6,283	7,470
AR Vista Alegre y Centenario	3,728	3,921	4,114	4,307	4,500
AR Provincia de Neuquén (Ha)	32,400	46,374	79,818	113,263	146,707
AR Provincia de Río Negro (Ha)	116,903	175,225	240,530	306,611	372,692
AR Provincia de Buenos Aires (Ha)	700	2,275	3,850	5,425	7,000
Total (Ha)	150,003	223,874	324,199	425,299	526,399

⁴ En el escenario de implementación de centrales de Alta Factibilidad, AR Limay Medio alcanza las 48,000 Has bajo riego en el año 2050 vinculadas al embalse de Michihuao

Anexo 4. Modificación del caudal en el Cauce del Río Neuquén en función del escenario (Base vs. Riego eficiente).

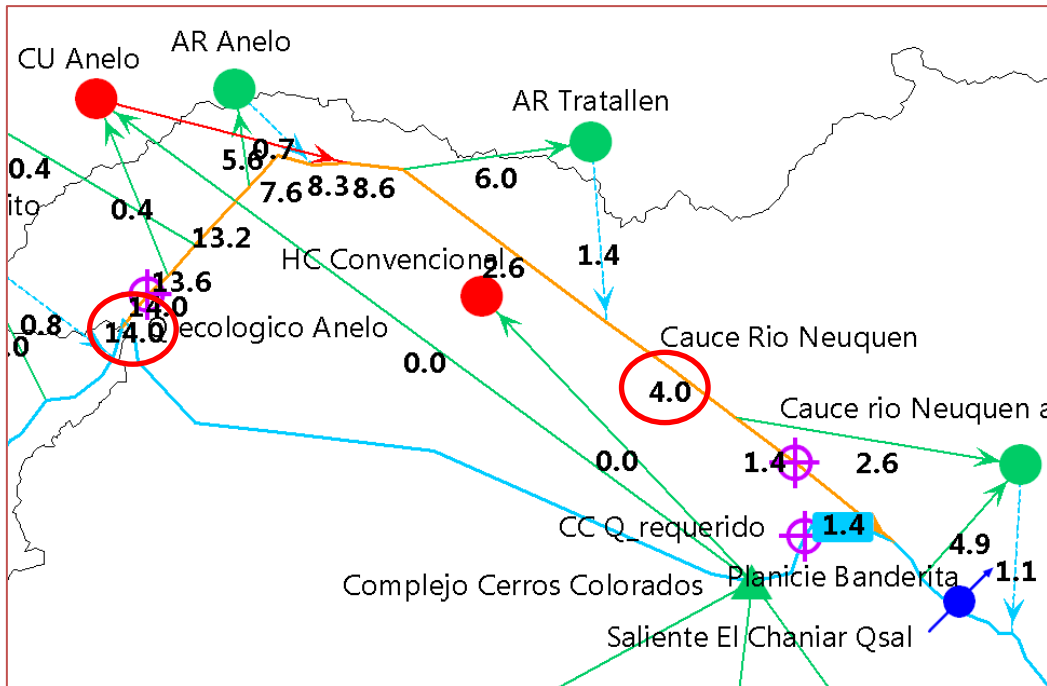
El modelo restringe el caudal desviado hacia el cauce del Río Neuquén desde Portezuelo Grande a un máximo de 20 m³/s y un mínimo de 14 m³/s (Dic-Feb). Dentro de ese rango el modelo asigna los caudales de acuerdo con las prioridades y los parámetros de cada escenario. Ello ocasiona un menor caudal en el río aguas arriba de la toma superior para el AR San Patricio del Chañar en el escenario de riego eficiente respecto del escenario base. En el escenario Base el caudal en el cauce del río Neuquén es mayor respecto del escenario de riego eficiente porque la demanda de las áreas de riego es mayor (menor eficiencia) y como consecuencia el caudal desviado en Portezuelo es de 20 m³/s, superior al mínimo establecido de 14m³/s que se desvían en el escenario de riego eficiente.

Figura A4.1 Escenario Base (Enero 2049)



Fuente: elaboración propia

Figura A4.2 Escenario de riego eficiente (Enero 2049)



Fuente: elaboración propia