

MAT.: Formula observaciones en el procedimiento de revisión de la RCA N° 067/2004 del “Proyecto Convento Viejo Etapa II” conforme a lo dispuesto en el artículo 25 quinquies de la Ley N° 19.300.

ADJ.: Anexo

Sr. Pedro Pablo Miranda Acevedo
Director Regional. Servicio de Evaluación Ambiental
Secretario. Comisión de Evaluación Ambiental
Región de O’Higgins
Presente

Carmen Gloria Ramírez Astudillo, en representación de la empresa Sociedad Concesionaria Embalse Convento Viejo S.A., rol único tributario número 76.338.870-0, domiciliadas para los efectos del presente procedimiento en calle Málaga N°339, comuna de Las Condes, Región Metropolitana, me dirijo a Ud. en su calidad de Secretario de la Comisión de Evaluación Ambiental de la Región del Libertador Bernardo O’Higgins (en adelante COEVA VI) para formular observaciones en el procedimiento de revisión excepcional de la RCA N° 067/2004 del “Proyecto Convento Viejo Etapa II” conforme a lo dispuesto en el artículo 25 quinquies de la Ley N° 19.300, iniciado a petición de la Ilustre Municipalidad de Pichilemu, en los términos que se exponen a continuación.

ANTECEDENTES

El Estudio de Impacto Ambiental del proyecto “Convento Viejo Etapa II” (el “Proyecto”), presentado por el Ministerio de Obras Públicas, fue aprobado por la Comisión Regional del Medio Ambiente de la Región de O’Higgins por medio de la Resolución de Calificación Ambiental N° 067, de 8 de junio de 2004 (“RCA 067/04”).

El Proyecto se encuentra localizado en la Provincia de Colchagua, VI Región del Libertador General Bernardo O’Higgins, específicamente en la cuenca del estero Chimbarongo. La zona del embalse se ubica en el área del poblado de Convento Viejo, el que se encuentra a una distancia aproximada de 15 km del pueblo de Chimbarongo y a 8 km al poniente de la Ruta 5 Sur.

El Proyecto consiste en la construcción y operación de la segunda etapa de un embalse de regulación con capacidad de 237 millones de m³, cuya finalidad es el regadío integral de la Provincia de Colchagua, aumentando la seguridad de riego de las áreas actualmente servidas e incorporando nuevas zonas al riego.

La historia del Proyecto Embalse Convento Viejo comenzó a gestarse durante la década del 60', como parte de las iniciativas de la Dirección de Riego del MOP de la época para satisfacer las necesidades de riego de la VI Región. La construcción de las obras comenzó en 1972. En el año 1992 y luego de paralizaciones y adjudicaciones a diferentes consorcios se desarrolló la denominada Primera Etapa del Proyecto, llamado embalse Convento Chico. En el año 2000 el MOP reactivó el proyecto, y adjudicó mediante concurso público la reevaluación del proyecto de ingeniería y el término del diseño definitivo, correspondiente a la Etapa II, con la autorización de la RCA 067/04 en el año 2004. Por su parte el MOP es titular de las autorizaciones ambientales, en particular de la RCA 067/2004, sin embargo, el proyecto es operado por la Sociedad Concesionaria Embalse Convento Viejo S.A.

Ambas Etapas del Embalse Convento Viejo se emplazan sobre el Estero Chimbarongo (EIA. Capítulo 1, pp. 2-3). Así, el objetivo del embalse en su Etapa II es regular los recursos del estero Chimbarongo, y otros caudales procedentes del río Teno, que le son transferidos a través del canal Teno – Chimbarongo.

Como es de su conocimiento, con fecha 18 de noviembre de 2022, la Ilustre Municipalidad de Pichilemu solicitó la revisión de la RCA 067/2004 del Proyecto Convento Viejo Etapa II, cuestionando que las aguas repartidas a los agricultores que provienen del Embalse llegarían a la denominada Laguna Cahuil, que tiene características salobres¹, y que debido a las aguas liberadas por el proyecto, se estarían afectando elementos del ecosistemas no considerados en el plan de seguimiento ambiental y generando impacto no previstos en el EIA.

Mediante la Res. Ex. 20230600181, de 13 de junio de 2023 la COEVA VI resolvió no dar inicio al proceso por no motivar debidamente el interés en la presentación por parte del Municipio ni tampoco justificó debidamente como los hechos afectan la necesidad de revisar, excepcionalmente, las variables contenidas en el plan de seguimiento del proyecto.

Con fecha 2 de enero de 2024, la COEVA VI, dictó la Resolución Exenta N°2024060011, mediante la cual acoge el recurso de reposición interpuesto por la Ilustre Municipalidad de Pichilemu contra la resolución N°20230600181 que resuelve no dar inicio al procedimiento de revisión de la RCA N°67/2004, de la extinta Comisión Regional del Medio Ambiente, que calificó ambientalmente favorable el proyecto denominado “Convento Viejo Etapa II” del MOP.

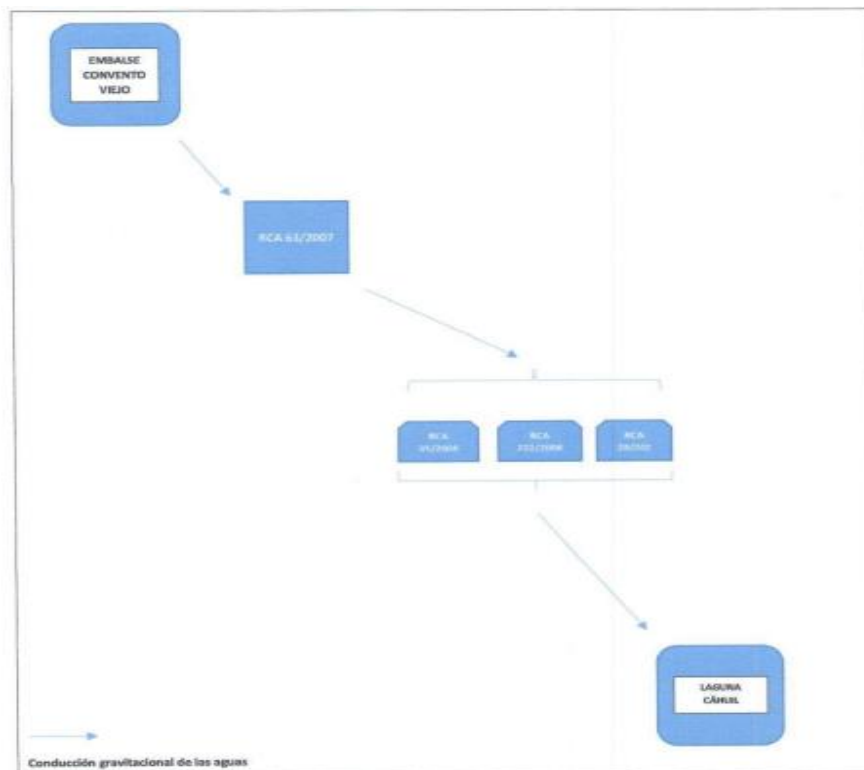
A continuación, se presentarán hechos y alegaciones que vienen a desvirtuar la causal por la cual se puede iniciar un proceso de revisión excepcional del permiso ambiental, esto es, que las variables ambientales del proyecto no han variado sustancialmente.

¹ Ello quiere decir que la laguna tiene un régimen de estuario, lo que significa que dinámicamente ingresa agua de mar a la laguna y esta hace variar naturalmente su condición de salinidad.

- A) Falta de legitimación pasiva, ya que el Embalse no vierte aguas a la Laguna Cahuil sino que distribuye aguas a una red de regadío cuyas autorizaciones ambientales son diferentes, incluidos sus titulares
- B) La acumulación de agua dulce en la laguna Cahuil tiene su origen en causas diversas a la alimentación proveniente aguas arriba de la cuenca: gestión de la barrera
- C) Las peticiones de la presentación no son ambientales y más bien están centradas en aspectos económicos, fundamentos que son incompatibles con el art. 25 quinquies
- D) La modificación de la RCA afectaría otros elementos ambientales que dependen del caudal ecológico establecido para el proyecto
- E) Conclusión: La petición no se sustenta en ninguno de los requisitos legales del art. 25 quinquies ni de los oficios del SEA referidos al tema

A) Falta de legitimación pasiva, ya que el Embalse no vierte aguas a la Laguna Cahuil sino que distribuye aguas a una red de regadío cuyas autorizaciones ambientales son diferentes, incluidos sus titulares

En primer lugar, se debe atender a que el proyecto se describe en la solicitud municipal como una actividad que “vierte aguas a la laguna Cahuil”, otorgando un esquema simple de su operación utilizando la siguiente imagen:

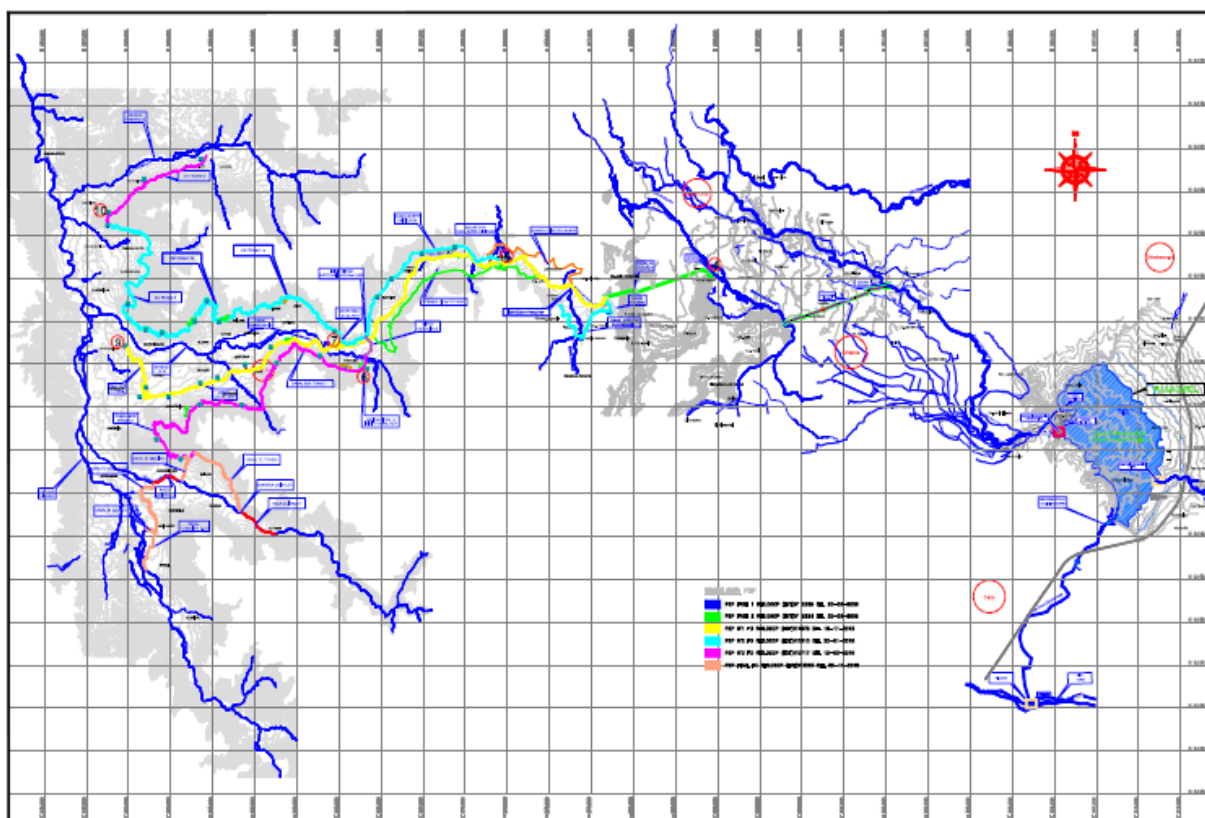


Lo cierto es que el proyecto no vierte aguas a la laguna en cuestión, sino que su propósito es repartir aguas a los agricultores del secano costero de la Región de O´Higgins.

Cualquier modificación tendría efectos sobre terceros agricultores que poseen Derechos de Aguas y respecto al cual el Proyecto solo es su administrador. En ese sentido la red de canales e infraestructura pública es más compleja que la planteada en la presentación y vale la pena su descripción.

Así, la RCA N°67/2004, corresponde al proyecto Convento Viejo Etapa II del MOP, pero las obras que se relacionan con el propósito final del embalse se contienen en otras autorizaciones ambientales, destinadas a crear un marco de permisos para posibilitar el riesgo de miles de hectáreas en la región. Así, de las Declaraciones de Impacto Ambiental “Obras de regadío Embalse Convento Viejo Proyecto túnel la Lajuela”, aprobada ambientalmente favorable a través de la RCA N°63/2007; “Canal Matriz Nilahue”, calificada ambiental favorable mediante la RCA N°35/2008; “Canales Primarios Nilahue”, cuya calificación ambiental favorable se realizó a través de la RCA N°222/2008; y “Red de Riesgo Nuevo Canal Sur tramo 2”, aprobada por la RCA N°28/2008; todas de la titular Sociedad Concesionaria Embalse Convento Viejo S.A.

En ese sentido el embalse Convento Viejo no tiene como objetivo verter aguas a la laguna Cahuil, sino permitir el desarrollo de la agricultura de secano, tal como se expresa en el siguiente mapa de canales:



Proyecto Concesión Embalse Convento Viejo Etapa II – Planta General, Plano N° CV-F3-GE-INTER_03, de 9 de junio de 2020.

Tal como se hace notar, el embalse tiene una capacidad de 237 Hm³, con una extensión de 2.976 hectáreas. Por su parte la red de canales se extiende por más de 135 km, abarcando una superficie de riego de 25.000 hectáreas, que corresponden a las comunas de la Provincia de Colchagua. Desde que el agua es liberada para su uso en el embalse, se utiliza para riego, se infiltra en napas subterráneas, se evapora y una fracción mínima llegaría a la laguna Cahuil. Estas magnitudes y usos son importantes de destacar puesto que estos aspectos han sido evaluados en la RCA del Proyecto y por tanto no existen variaciones sustanciales ni impactos no previstos que lleven a concluir la aplicación del art. 25 quinquies (plan de seguimiento RCA 067 8.1 para hidrología, calidad del agua, flora, fauna y medio humano).

En resumen, del contexto operacional señalado, y que se encuentra disponible en la evaluación ambiental para cualquier persona, se desprende que el embalse tiene por finalidad la regulación de agua para regadío, contemplando un cierto caudal ecológico, que sirve a una red de canales para surtir de agua a 25.000 hectáreas de secano de la provincia de Colchagua en la VI región, por lo que el proyecto no alimenta ni vierte sus aguas a la Laguna Cahuil, sino en menor medida por el mismo uso y pérdida que se genera a lo largo de toda la red. En ese sentido, la presentación de la Ilustre Municipalidad de Pichilemu carece del fundamento suficiente para atribuir una alimentación sustancial y un cambio en las variables ambientales que permitan modificar la RCA del proyecto. Al contrario, tal como se indicará existen causas directas, diferente al aporte de agua a la cuenca, que tienen incidencia sustancial en el escenario de cambio de salinidad en la laguna, que no son atribuibles al Proyecto.

B) La acumulación de agua dulce en la laguna Cahuil tiene su origen en causas diversas a la alimentación proveniente aguas arriba de la cuenca

Para determinar la procedencia de una modificación de autorización ambiental de un proyecto, se deben atender a ciertas causas que en un contexto más amplio llevan a descartar la aplicación del art. 25 quinquies. Así, para el caso concreto, a juicio de este interesado existen causas directas que afectan la acumulación de agua dulce en la laguna Cahuil que no son imputables al Proyecto. En ese sentido, se deben rescatar las condiciones geográficas y los resultados del proyecto GEF Humedales Costeros² que muestra la relación entre los aportes de agua dulce, básicamente provenientes de la lluvia, y los aportes de agua salobre, provenientes del mar **y cómo la regulación entre esos aportes se ha regulado a partir de la actividad humana (barrera) y cómo un defecto en la ejecución de dicha medida es potencialmente causante del riesgo en el desequilibrio de la salobridad del ecosistema.**

² Proyecto GEFSEC ID: 9766 “Promoviendo la conservación y el manejo sostenible de los humedales costeros y sus cuencas aportante, a través de la mejora en la gestión y planificación de los ecosistemas de borde costero de la zona centro sur de Chile, hotspot de biodiversidad”

El humedal de Cáhuil es un sistema que, dependiendo del régimen hidrológico del estero Nilahue; las características del oleaje y los ciclos de marea, puede alternar entre un estuario con conexión al mar o una laguna costera que se desconecta del mar debido a la formación de una barra de arena. El humedal se encuentra en un clima mediterráneo de influencia costera, con un régimen hidrológico estacional caracterizado por un período lluvioso invernal y un período de sequía en verano. La precipitación que caen en la cuenca del estero Nilahue puede provocar un aumento de caudal que fluye hacia el humedal de Cáhuil.

- Si la barra se encuentra **abierta**, el **caudal vaciará** hacia el mar. En estas condiciones de estuario existe una influencia del mar debido al ingreso de la marea.
- Si la barra se encuentra **cerrada**, el **caudal acumulará en la laguna** y provocará aumento de su nivel. En este caso, el nivel puede llegar a umbrales de inundación que inducen una apertura mecanizada.

Debido a la identificación de disminución en los aportes aguas arriba de la laguna (disminución de precipitaciones) se ha alterado el régimen de la barrera.



Fuente: GEF Humedales Costeros

La laguna de Cáhuil muestra un notorio grado de embancamiento que se extiende desde la barra hacia aguas arriba, llegando parcialmente al puente, y relacionado a ello, se han estado percibiendo cambios en la dinámica de la barra.

En este contexto, desde hace años se vienen realizando aperturas mecanizadas de la barra que buscan reestablecer la conexión al mar, sin embargo, al realizarse en forma desregulada y fuera del régimen hidrológico actual, pueden estar afectando el balance de sedimentos del estuario.

Así, ante la existencia de un ecosistema natural, laguna Cahuil, ha existido, a lo largo de los años, una gestión deficiente de la barrera, manifestada en la apertura mecanizada sin regulación o datos y fuera del régimen hidrológico, que afecta directamente el equilibrio agua dulce/salada de ella.

El GEF Humedales Costeros ha pretendido otorgar sustento a la gestión ambientalmente responsable de la barrera, otorgando insumos técnicos, protocolos y una gobernanza asociada. Dentro de esa gobernanza es la Ilustre Municipalidad de Pichilemu la que tiene un rol preponderante en su gestión a través del denominado Comité de Emergencia, organizando la apertura o cierre de la berrera de acuerdo a parámetros técnicos y a riesgos ambientales o sociales identificados en el protocolo, que es Anexado en esta presentación.

Tan importante es la gestión de la barrera para el ecosistema que el mismo municipio ha ingresado una **pertinencia al SEA** para determinar su ingreso al SEIA bajo el rol PERTI-2022-11375, Apertura mecánica barrera laguna Cahuil, ingresada con fecha 29 de junio de 2022 y resuelta por el SEA el 24 de noviembre de 2022.

En dicha pertinencia se entregaron antecedentes para determinar la procedencia d ingreso al SEIA en virtud de la Tipología a.4) Defensa o alteración de un cuerpo o curso de aguas continentales y a.3) Dragado.

El SEA determinó que el proyecto Apertura mecánica barrera laguna Cahuil propuesto por la Ilustre Municipalidad de Pichilemu **está obligado a someterse al SEIA** previa a su ejecución:

RESUELVO:

1. Que, el proyecto “*APERTURA MECÁNICA BARRERA LAGUNA DE CAHUIL PICHILEMU*” **está obligado a someterse al SEIA**, en forma previa a su ejecución, a la luz de los antecedentes aportados por don Cristian Andrés Pozo Parraguez, Alcalde de la Ilustre Municipalidad de Pichilemu, y a lo expuesto en los Considerandos N°1 al N°8 de la presente Resolución.

Fuente: Res. Ex. SEA VI 202206101376

Por tanto, más que resolver sobre una modificación de la RCA 067/2004 por el art. 25 quinquies, y ante la fotografía de ejecución de la apertura de la barrera mostrada en la imagen N° 1 de esta presentación y el resuelvo N° 1 de la Res. Ex. SEA VI 202206101376, se debería resolver un **requerimiento de ingreso, derivando los antecedentes a la Superintendencia del Medio Ambiente, en la medida en que existe un proyecto que se está ejecutando sin autorización ambiental, es decir, en elusión al sistema.**

La conclusión es que debiendo someter el proyecto de regulación tipo barrera al SEA, el Municipio ha girado su atención a causas exógenas o con relación indirecta al problema, pidiendo la modificación de un proyecto aguas arriba que no tiene aporte significativo, aludiendo a modificaciones sustanciales en sus variables ambientales, cuando en realidad, de los antecedentes aportados en esta presentación, se desprende que el **responsable en la gestión directa del equilibrio ecosistémico, a través de la apertura o cierre de la barrera mecanizada de la laguna es el mismo municipio.**

El SEA no podría dejar de considerar este punto, causa directa del eventual problema señalado, al momento de decidir aplicar el procedimiento excepcionalísimo del art. 25 quinquies a la RCA 067/2004, en la medida en que cualquier modificación por cambio

sustancial en las variables ambientales no tendría un efecto evidente si la barrera no es gestionada de acuerdo a un instrumento ambiental que lo avale y que dependería directamente del Municipio.

C) Las peticiones de la presentación no son ambientales y más bien están centradas en aspectos económicos, fundamentos que son incompatibles con el art. 25 quinquies

Otro de los aspectos que hacen incompatible la modificación de la RCA 067/2004 en base a los antecedentes aportados en la presentación del Municipio corresponde a sus peticiones concretas, que **no se avienen con aspectos ambientales, sino que hacen directa relación con aspectos económicos**, tipo compensación a los supuestos afectados con el desequilibrio ecosistémico en la laguna Cahuil, cuya responsabilidad se atribuye a un embalse destinado a regadío. Las peticiones de fondo del escrito son tres:

- | | |
|----|--|
| 3) | Que se adopten las medidas de mitigación por parte del titular del proyecto con el objeto de no alterar la condición de salobridad de la Laguna Cáhuil. |
| 4) | Que se adopten las medidas de compensación para todos los afectados por la alteración de la condición natural de la Laguna Cáhuil y que se agrupan en las asociaciones de salineros, de ostreros y de prestadores de servicios turísticos. |
| 5) | Que se adopte cualquier otra medida de reparación necesaria para subsanar los daños producidos a la Laguna Cáhuil. |

La circunstancia de adoptar medidas de mitigación por parte del proyecto deben quedar descartadas por los argumentos señalados en el apartado anterior y que se resumen en que el aporte de agua a la cuenca del embalse es al regadío de secano costero, por lo que no hay prueba y, de hecho, hay indicios suficientes que el aporte es mínimo en relación al efecto de modificación de los equilibrios en la salinidad de la laguna que se encuentra a una distancia considerable, tomando en cuenta la actividad de riesgo propiamente tal, la infiltración en napas subterráneas que el agua puede tener y el proceso de evaporación en una zona con altas temperaturas.

En el punto N° 4 de la petición se solicitan medidas de compensación para afectados. En primer término, **la aplicación del art. 25 quinquies no podría sustentarse en un aspecto económico que apunte a la compensación**, desde que el procedimiento apunta a modificaciones del plan de seguimiento de una RCA presentada por EIA. **El procedimiento y sus resultados tienen un fin ambiental y no está destinado a una discusión económica.** Por lo demás el escrito yerra o al menos incumple con indicar la naturaleza de la representación de los grupos señalados, es más el sistema no admite subrogaciones o gestión de negocios ajenos por lo que sería incompatible alguna modificación en orden a supuestamente indemnizar a personas naturales o grupos a partir de su supuesta afectación, cuando en realidad ellos ni siquiera han comparecido

en el procedimiento. Este es un error de procesabilidad que debió bastar para desechar el recurso interpuesto.

Finalmente, la petición N° 5 alude a medidas para subsanar daños. Esta petición también es incompatible con el procedimiento del art. 25 quinquies puesto que el daño se regula en otros estatutos y normas, y posee requisitos propios que no son discutidos en esta sede, por lo que llegar a justificar una modificación de la RCA 067/2004 y otorgar indemnización por daños se aleja de la causa de pedir del procedimiento.

D) La modificación de la RCA afectaría otros elementos ambientales que dependen del caudal ecológico establecido para el proyecto

Se señala en la petición que verter agua dulce para el regadío desde el embalse sería un impacto no previsto en la evaluación. Sin embargo, ello no puede prosperar, desde que en la misma evaluación ambiental se advierte que el proyecto se obliga a entregar un caudal ecológico a la cuenca. Modificar la RCA en ese sentido afectaría variables ambientales que dependen de ese caudal ecológico. Aportar caudal ecológico a la cuenca, incluso llegando parte de dicho caudal ecológico a la laguna Cahuil es un aspecto beneficioso para el medio ambiente de la zona, cualquier restricción en ese sentido contravendría el fundamento por el cual se estableció.

En primer lugar, estas razones positivas de caudal se encuentran en los datos contenidos en el Anexo G del EIA (que sustenta la RCA en su considerando 6.3) y por otro lado en el punto 9.1.1.3. de la RCA que corresponde al plan de medidas de mitigación del medio físico para hidrología que para la etapa de operación indica lo siguiente:

“Hacia aguas abajo del embalse se deberán resguardar los caudales del estero Chimbarongo entre el embalse Convento Viejo y el río Tinguiririca. Se debe considerar que a lo largo del estero (aguas abajo del embalse) éste presenta extracciones o bocatomas externas al proyecto, las cuales en años secos logran secarlo, razón por la cual la emisión de un caudal ecológico por parte del proyecto necesariamente significa asegurar la continuidad de un caudal ecológico hasta la junta con el río Tinguiririca.”

En ese sentido cualquier aporte del embalse que llegue a la laguna Cahuil, en una situación de hechos conocidos de disminución persistente de la pluviometría histórica de la zona y su modificación, debido al procedimiento actual, afectaría el sistema de humedales, flora y fauna, de la misma laguna Cahuil, cuestión que no sería consistente desde el punto de vista ambiental.

E) La petición no se sustenta en ninguno de los requisitos legales del art. 25 quinquies ni de los oficios del SEA referidos al tema

El artículo 25 quinquies de la Ley 19.300, reiterado por el artículo 74 del Reglamento del Sistema de Evaluación de Impacto Ambiental, establece los requisitos de fondo para que el SEA modifique o no una autorización ambiental, teniendo en cuenta su naturaleza jurídica de autorización administrativa compleja y de la cual se espera estabilidad y

certeza en su vigencia, estableciendo que “La Resolución de Calificación Ambiental podrá ser revisada, excepcionalmente, de oficio o a petición del titular o del directamente afectado, cuando ejecutándose el proyecto, las variables evaluadas y contempladas en el plan de seguimiento sobre las cuales fueron establecidas las condiciones o medidas, hayan variado sustantivamente en relación a lo proyectado o no se hayan verificado, todo ello con el objeto de adoptar las medidas necesarias para corregir dichas situaciones.”

En concreto para el presente caso, el requisito principal de la aplicación excepcional de esta norma radica en que las variables evaluadas y contempladas en el plan de seguimiento sobre las cuales fueron establecidas las condiciones o medidas hayan variado sustantivamente en relación a lo proyectado.

Como concepto, la “variación sustantiva” es pormenorizada en el Instructivo N° 150584/2015 del SEA, señalando al efecto que “una variable ambiental ha variado sustantivamente en relación a lo proyectado cuando habiéndose dado cumplimiento a las condiciones o medidas establecidas durante la ejecución del proyecto o actividad, se generan nuevos impactos ambientales asociados a dichas variables.”

A su vez se debe recordar que se define como “impacto ambiental” a la “alteración del medio ambiente, provocada directa o indirectamente por un proyecto o actividad en un área determinada”, según el artículo 2 letra k) de la Ley 19.300.

Es así que tal como se ha señalado a lo largo del presente escrito, **A)** el Embalse no vierte aguas a la Laguna Cahuil, sino que distribuye aguas a una red de regadío cuyas autorizaciones ambientales son diferentes, incluidos sus titulares; **B)** La acumulación de agua dulce en la laguna Cahuil tiene su origen en causas diversas a la alimentación proveniente aguas arriba de la cuenca, principalmente, en la gestión de la barrera que depende enteramente del municipio, el que se encuentra obligado a ingresar el proyecto al SEIA según lo resuelto por el SEA en la pertinencia ingresada; **C)** Las peticiones de la presentación no son ambientales y más bien están centradas en aspectos económicos, fundamentos que son incompatibles con el art. 25 quinquies; y **D)** La modificación de la RCA afectaría otros elementos ambientales que dependen del caudal ecológico establecido para el proyecto, en especial el humedal.

Siendo así es que se puede concluir que la petición de modificación de la RCA 067/2004 no se sustenta en ninguno de los requisitos legales del art. 25 quinquies ni de los oficios del SEA referidos al tema.

POR TANTO,

SOLICITO A UD., tener por presentadas las observaciones formuladas en el procedimiento de revisión de la RCA N° 067/2004 del “Proyecto Convento Viejo Etapa II” conforme a lo dispuesto en el artículo 25 quinquies de la Ley N° 19.300, en orden a declarar

su rechazo en la medida en que no se cumplen con los requisitos legales para su modificación.

SOLICITO TENER PRESENTE, el siguiente documento:

- GEF Humedales Costeros

POR TANTO,

SOLICITO A UD., tener por acompañado el documento señalado.

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Carmen Gloria Ramírez Astudillo'.

Carmen Gloria Ramírez Astudillo

p.p. Sociedad Concesionaria Embalse Convento Viejo S.A.



PROPUESTA INTEGRAL DE PROTOCOLO DE APERTURA MECANIZADA DE LA BARRA TERMINAL PARA EL HUMEDAL CÁHUIL

GEF Humedales Costeros

Proyecto GEFSEC ID: 9766 “Promoviendo la conservación y el manejo sostenible de los humedales costeros y sus cuencas aportante, a través de la mejora en la gestión y planificación de los ecosistemas de borde costero de la zona centro sur de Chile, hotspot de biodiversidad”



2021

PROTOCOLO DE APERTURA MECANIZADA DE LA BARRA TERMINAL DEL HUMEDAL CÁHUIL

Primera edición 2021

Proyecto GEF Humedales Costeros

Proyecto GEF/SEC ID: 9766 “Conservación de humedales costeros de la zona centro-sur de Chile”

Piloto Cáhuil 02/2020 “Propuesta integral de protocolo de apertura mecanizada de la barra terminal para el humedal Cáhuil”

Este material ha sido desarrollado como parte de las acciones del Proyecto GEF Humedales Costeros, para mejorar el estado ecológico y de conservación de los ecosistemas costeros del Centro-Sur de Chile, a través de la promoción de un manejo sustentable. Incorporando y/o mejorando la gestión de humedales costeros, para su conservación y recuperación o mantención de los servicios ecosistémicos que proveen, reduciendo también las amenazas y presiones sobre los humedales costeros y su cuenca aportante que soportan las actividades humanas de importancia local.

Este documento forma parte de los productos del estudio “Propuesta integral de protocolo de apertura mecanizada de la barra terminal para el humedal Cáhuil”, el cual se ha desarrollado con el objetivo de suministrar a la Ilustre Municipalidad de Pichilemu una guía técnica que contenga los procedimientos, umbrales y lineamientos necesarios para la regulación del manejo de la barra del humedal Cáhuil, y que ésta se haga de modo informado y coordinado.

Investigación y desarrollo de contenidos

Patricio Bahamondes, Todaji Uraoka, Viviana Maturana, José Gerstle.
Las Orcas SpA. - Fotosíntesis Consultores

Contraparte técnica Ministerio del Medio Ambiente

Verónica González A., Profesional Sección de Recursos Naturales y Biodiversidad, SEREMI del Medio Ambiente, región de O'Higgins

Luis Araya B., Coordinador Local Proyecto GEF Humedales Costeros, región de O'Higgins

GLOSARIO

BAJAMAR: Nivel mínimo alcanzado por una marea vaciante en un día cualquiera.

CUADRATURAS (MAREA): Marea que se produce cuando la Luna está en cuarto menguante o creciente. La amplitud de la marea disminuye en estas épocas, que es por lo general de un 10 a 30% menor que la amplitud media.

DESIGUALDAD DIURNA DE LA PLEAMAR: Diferencia de altura entre las pleamares de cada día.

ESTIAJE: Nivel más bajo que alcanzan las aguas de un río en verano.

ESTUARIO: Región donde desemboca un curso de agua de gran caudal en el mar, donde se intercambia agua salada (marina) y agua dulce (fluvial), debido a las mareas.

EUTROFIZACIÓN: Proceso natural y/o de origen humano que consiste en el enriquecimiento de las aguas con nutrientes. Aguas eutróficas tienen un alto nivel de productividad y de biomasa en todos los niveles tróficos; proliferan las algas, tienen aguas profundas pobres en oxígeno y un crecimiento intenso de las plantas acuáticas

MACRÓFITAS: Plantas acuáticas macroscópicas (que se pueden ver fácilmente a simple vista) y pueden ser emergentes, flotantes o estar sumergidas.

MAREA: Onda de larga duración que tiene su origen en la fuerza productora de la marea y la cual se manifiesta en la subida y bajada de ésta. Cuando el agua alcanza su altura máxima se la llama pleamar y la altura mínima equivale a la bajamar.

MAREJADA: Ola larga ocasionada generalmente por una tormenta lejana; tienen por lo común varios centenares de metros de longitud.

NIVEL DE REDUCCIÓN DE SONDAS: Es el plano al cual están referidas las sondas o profundidades de una localidad. Usualmente se adopta como referencia algún nivel relacionado con las bajamares. Dado que el tipo de marea predomina en el litoral chileno corresponde al de “marea semidiurna mixta”, para nuestra costa se adopta el plano determinado por la mayor bajamar en sicigias estando la Luna en el perigeo.

PERIGEO: Punto de la órbita de la Luna que está más próximo a la Tierra. La amplitud de la marea de perigeo es, por lo general, un 20% mayor que la amplitud media de mareas. Por lo tanto, de coincidir con marea de Sicigias, se pueden producir las pleamares más altas, y las bajamares más bajas.

PLEAMAR: Nivel máximo alcanzado por una marea creciente. Este nivel puede ser efecto exclusivo de mareas periódicas o pueden sumarse a éstas los efectos de condiciones meteorológicas prevalecientes.

RÉGIMEN HIDROLÓGICO: El régimen hidrológico del agua dulce es el modelo predominante del flujo de aguas en un periodo de tiempo. Más específicamente, hace referencia a la duración de las épocas de inundaciones como resultado de la cantidad de agua que hay en superficie (agua de superficie), las precipitaciones y el flujo de las aguas subterráneas.

SERVICIOS ECOSISTÉMICOS: Contribución directa e indirecta de los ecosistemas al bienestar humano. Respecto a su clasificación, se suelen separar en cuatro grupos: Provisión (i.e. madera, agua), Regulación (i.e. control de inundaciones), Culturales (i.e. espirituales, recreación) y Soporte (i.e. ciclo de nutrientes).

SICIGIAS (MAREA): Marea que se produce durante las lunas llena o nueva. La amplitud de la marea tiende a aumentar en esta época, por lo general, de 10 a un 30% mayor que la amplitud media del lugar.

Contenido

1. ANTECEDENTES GENERALES	5
2. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROTOCOLO	7
3. EVALUACIÓN DE APERTURAS POR REGULACIÓN HIDROLÓGICA.....	8
4. EVALUACIÓN DE APERTURAS POR REGULACIÓN Y MANTENCIÓN DEL HÁBITAT PARA LA BIODIVERSIDAD.....	11
5. EVALUACIÓN DE APERTURAS POR PROVISIÓN DE MATERIAS PRIMAS.....	11
6. MONITOREO DE VARIABLES DE ESTADO	12
7. APERTURA DE LA BARRA.....	13
7.1. Programación de la apertura	13
7.2. Especificaciones técnicas	13

Anexos

ANEXO N°1: PAUTA EVALUACIÓN PRECIPITACIÓN Y ESCORRENTÍA	15
ANEXO N°2: FICHA RESUMEN PROTOCOLO DE APERTURA MECANIZADA DE LA BARRA DEL HUMEDAL CÁHUIL	16

1. ANTECEDENTES GENERALES

El humedal de Cáhuil es un sistema que, dependiendo del régimen hidrológico del estero Nilahue, las características del oleaje y los ciclos de marea, puede alternar entre un estuario con conexión al mar, o una laguna costera que se desconecta del mar debido a la formación de una barra de arena. El humedal se encuentra en un clima mediterráneo de influencia costera, con un régimen hidrológico estacional caracterizado por un período lluvioso invernal y un período de sequía en verano. La precipitación que cae en la cuenca del estero Nilahue puede provocar un aumento de caudal que fluye hacia el humedal de Cáhuil. En este contexto, y dependiendo de las condiciones de la barra (abierta o cerrada), el caudal del estero puede tener dos destinos:

- Si la barra se encuentra **abierta**, el caudal vaciará hacia el mar. En estas condiciones de estuario existe una influencia del mar debido al ingreso de la marea.
- Si la barra se encuentra **cerrada**, el caudal acumulará en la laguna y provocará aumento de su nivel. En este caso, el nivel puede llegar a umbrales de inundación que inducen una apertura mecanizada.

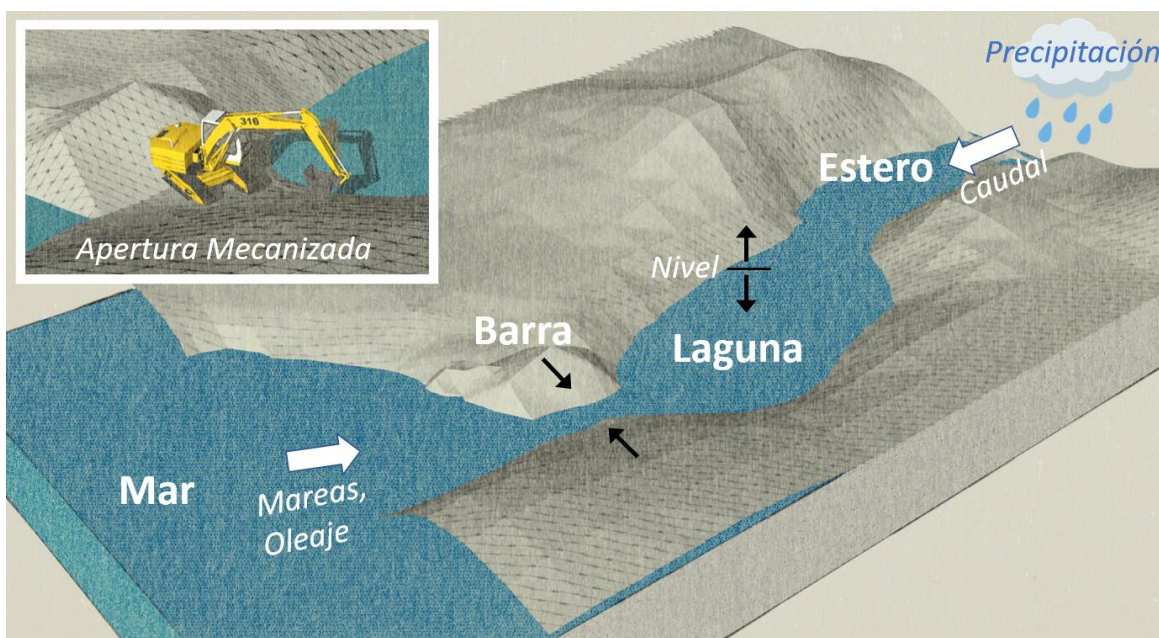


Figura 1 Esquema del Humedal de Cáhuil y principales variables asociadas a la apertura de la barra en función del régimen hidrológico de la cuenca

Entre los problemas que aquejan el funcionamiento del humedal, se ha observado que en la última década ha habido una notable disminución de precipitaciones y caudales. La laguna de Cáhuil muestra un notorio grado de embancamiento que se extiende desde la barra hacia aguas arriba, llegando parcialmente al puente, y relacionado a ello, se han estado percibiendo cambios en la dinámica de la barra, como por

ejemplo, cierres prematuros del estuario que dificultan el desarrollo de actividades que dependen del ingreso de agua de mar.

En este contexto, desde hace años se vienen realizando de aperturas mecanizadas de la barra que buscan reestablecer la conexión al mar, sin embargo, al realizarse en forma desregulada y fuera del régimen hidrológico actual, pueden estar afectando el balance de sedimentos del estuario (ver **Figura 2**). Respecto a esto, hay estudios que indican que la apertura artificial como medida de mitigación del flujo debe practicarse con precaución porque, además de los efectos ecológicos adversos que puede producir, conduce a la sedimentación y, por lo tanto, a la reducción de la descarga en un estuario. Cuando la ruptura ocurre a niveles naturales, un gran volumen de agua fluye hacia el mar durante un período prolongado que, a su vez, arrastra los sedimentos de los tramos inferior y medio del estuario. El potencial de descarga de sedimentos aumenta notablemente con el aumento de las velocidades de salida. Cuando la ruptura tiene lugar en niveles de agua más bajos, la intensidad del lavado se reduce y se acumula sedimento. Esta práctica también interrumpe los ciclos normales de deposición-erosión y reduce la eficacia de arrastre de sedimentos de rupturas posteriores. En consecuencia, es esperable que la barra se ensanche y los canales del estuario se estrechen.



Figura 2 Fotografía mosaico de Cahuil (diciembre 2020), durante marea baja. Se aprecia el grado de embancamiento, y lugares donde se observaron maquinarias trabajando entre años 2020 y 2021.

2. OBJETIVO Y ALCANCE DEL PROTOCOLO

El objetivo del protocolo es sistematizar un procedimiento que permita la regulación del manejo de la barra, y que ésta se haga de modo informado y coordinado. Para ello se propone una pauta de evaluación en base a umbrales que determinan la activación de la apertura de la barra, permitiendo decidir en qué condiciones es adecuado realizarla. De haber riesgo y justificación para la apertura de barra, se debe activar un **Comité de Emergencia** que monitoree las condiciones que pueden gatillar la apertura y que vele por la aplicación del protocolo.

Los casos en los cuales se ha identificado un riesgo para los servicios ecosistémicos y justificaciones para realizar una apertura se señalan en la **Tabla 1**. En base al régimen hidrológico y el comportamiento histórico del humedal, la información se ha clasificado en tres períodos dentro del año: 1) Fase Lluvias, 2) Fase Transición, y 3) Fase Estiaje. Con esto, se reconoce el principio de mantenimiento del funcionamiento del estuario lo más parecido al natural, como también, se posibilita el desarrollo de los servicios ecosistémicos esenciales del humedal.

En el caso de la regulación hidrológica, este protocolo es aplicable fundamentalmente a los casos en que el caudal forzante es de origen natural, generado por precipitaciones ocurridas dentro de la cuenca del estero Nilahue.

Tabla 1 Riesgo y justificación de apertura según servicio ecosistémico, para cada fase estacional

	Servicio Ecosistémico Regulación y Mantenión		Servicio Ecosistémico Provisión
Fase estacional	Regulación hidrológica	Hábitat para la biodiversidad	Provisión de materias primas (Salineras)
FASE LLUVIAS 01 Mayo a 30 Septiembre	Crecidas fluviales y riesgo de inundación de viviendas. Apertura como mitigación de inundaciones		
FASE TRANSICIÓN 01 Octubre a 31 Diciembre	Probabilidad media-baja de crecidas fluviales y riesgo de inundación de salinas. Apertura como mitigación de inundaciones		Cierre temprano de la barra y grado de salinidad bajo, pueden impedir desarrollo de actividad salinera. Apertura para inducir intrusión salina, y permitir condiciones para la actividad.
FASE ESTIAJE 01 de enero a 30 Abril		Tiempo de residencia de agua prolongado y alta demanda bioquímica de materia orgánica provoca disminución de oxígeno disuelto (hipoxia y/o anoxia), con riesgo para la vida acuática. Apertura como mitigación a problemas hábitat para la biodiversidad.	

3. EVALUACIÓN DE APERTURAS POR REGULACIÓN HIDROLÓGICA

Para evaluar el estado de la Laguna de Cáhuil frente a los riesgos de crecidas, se consideran dos variables de estado principales: 1) El nivel de la laguna, y 2) La predicción de lluvias y/o caudales que puedan elevar el nivel del agua. Mediante la revisión de estas variables se propone una estrategia de toma de decisión para la posible apertura de la barra.

En la siguiente **Tabla 2** se indican los niveles y umbrales que pueden ser considerados como relevantes para regular aperturas por inundación, y en las **Figura 3** y **Figura 4** se muestran los diagramas de flujo de decisión. En el **Anexo N°1** se presenta una pauta evaluación precipitación y escorrentía.

Para poder observar el comportamiento de la laguna, se sugiere implementar regletas de medición de nivel de agua (entre 50cm hasta 300cm referidos al Nivel de Reducción de Sondas) que puedan ser visibles en lugares de acceso público y estén asociados a los lugares con servicios ecosistémicos que pueden ser afectados por las inundaciones, tales como: 1) Pilares del puente de Cáhuil que se encuentra cercano al pueblo, y 2) Mirador en sector Barrancas que se encuentra cercano a las salinas. Sin perjuicio de lo anterior, se pueden considerar otros lugares de interés que puedan ser propuestos.

Tabla 2 Tabla Niveles y umbrales relevantes

Altura de referencia	Nivel (cm) respecto al Nivel de Reducción de Sondas (NRS)	Observación
Altura de la barra de arena sector desembocadura	350 cm	
Nivel de aguas máximas en crecidas	250 cm	*Umbral de inundación de viviendas. Cota que no debe ser superada.
Nivel de aguas intermedias en crecidas	220 cm	
Marea alta máxima (MOP-DOP, 2018)	205 cm	
Máxima marea pronosticada (Tabla de Mareas SHOA, 2018)	193 cm	*Umbral de inundación de salinas. Cota que no debe ser superada.
Marea alta promedio Sicigias (Tabla de Mareas SHOA, 2018)	172 cm	
Altura media de la pleamar más alta (MOP-DOP, 2018)	155 cm	
Nivel medio mareas (MOP-DOP, 2018)	96 cm	
Altura media de la bajamar más baja (MOP-DOP, 2018)	44 cm	
Marea baja mínima (MOP-DOP, 2018)	26 cm	
Nivel de Reducción de Sondas (NRS)	0 cm	

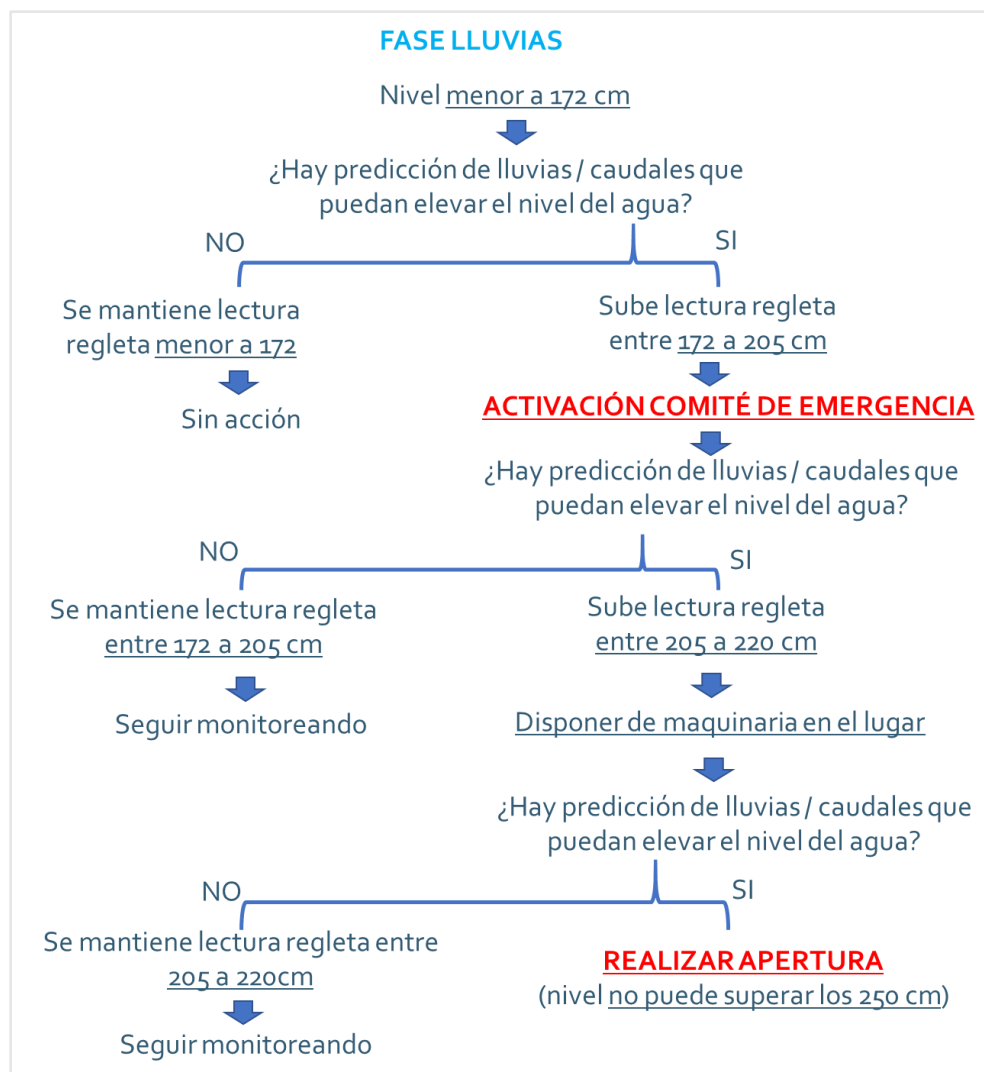


Figura 3 Diagrama de flujo de árbol de decisión Fase Lluvias

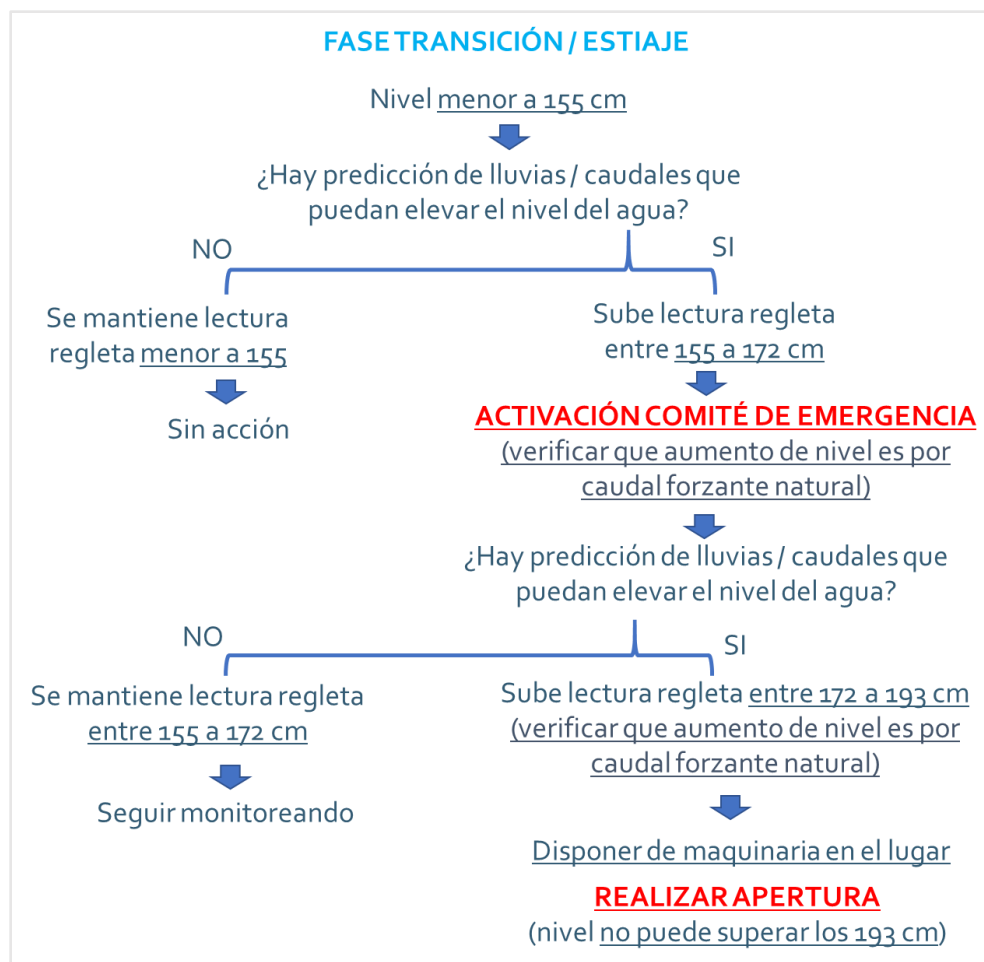


Figura 4 Diagrama de flujo de árbol de decisión Fase Transición/Estiaje.

4. EVALUACIÓN DE APERTURAS POR REGULACIÓN Y MANTENCIÓN DEL HÁBITAT PARA LA BIODIVERSIDAD

Los estuarios temporalmente cerrados son especialmente vulnerables a los cambios en la calidad del agua durante la fase de estiaje y condición de barra cerrada. Los mayores tiempos de residencia del agua permiten la acumulación de nutrientes y el crecimiento de los productores primarios. Entre las amenazas de origen local, se encuentran la eutrofización del agua de la laguna, los cuales se manifiestan en las altas concentraciones de nutrientes y clorofila *a*. Esto conlleva a una disminución de la transparencia del agua, que impide la disponibilidad de luz para las plantas acuáticas de zonas más profundas. Estos cambios conducen a este sistema desde estados de aguas claras, con presencia de macrófitas y fauna asociada, hacia estados de aguas turbias, que se caracterizan por estar eutrofizadas y con alta concentración de algas que impiden que prosperen las macrófitas, que son alimento para las aves y/o refugio para los peces.

Los nutrientes tales como el nitrógeno y el fósforo son necesarios para el crecimiento de las plantas y los animales y para sostener un ecosistema acuático saludable. Sin embargo, en exceso, los nutrientes pueden contribuir a que se desarrollen enfermedades en los peces, florecimientos de algas y condiciones de oxígeno disuelto bajo. El exceso de nutrientes estimula el crecimiento de algas. Según las algas mueren, se descomponen y consumen el oxígeno del agua. El aumento de algas puede también causar malos olores y disminuir el valor estético.

En este contexto, se propone el oxígeno disuelto como una variable estado que sugiera una potencial apertura de barra artificial, de tal manera de asegurar niveles de oxígeno disuelto que sean suficientes para sostener el desarrollo de la vida acuática. La condición donde el oxígeno disuelto es menor a 2 mg/L se conoce como hipoxia y la mayoría de las especies de fauna descritas para el humedal no toleran estos niveles. Considerando lo anterior y en conjunto con lo recomendado por la NCh 1.333 Of 78, el umbral de oxígeno disuelto que active el **Comité de Emergencia** debiera ser **5 mg/L**.

Se propone que el monitoreo se realice en un sector aguas arriba del puente, donde la laguna es relativamente profunda (profundidad mayor a 6m). Respecto a la posición vertical del punto de observación, es conveniente que éste sea sensible a la dinámica de consumo de oxígeno inducida por la materia orgánica y los sedimentos. De esta forma se propone un punto ubicado bajo el gradiente vertical de salinidad (haloclina), en torno a 3 metros de profundidad bajo la superficie.

5. EVALUACIÓN DE APERTURAS POR PROVISIÓN DE MATERIAS PRIMAS

En base a la información histórica del humedal, durante el período asociado a la fase de Transición (01 Octubre a 31 Diciembre) es probable que se produzca un cierre temprano de la barra, momento desde el cual se interrumpe la intrusión salina del mar. En estas condiciones, si el grado de salinidad en la laguna es bajo, el desarrollo de actividad salinera puede verse críticamente afectado. Para abordar esto, y permitir que el servicio ecosistémico de provisión de materias primas (extracción de sal) pueda realizarse y sostenerse como una actividad esencial para el Humedal de Cahuil, se puede permitir la ejecución de una apertura de barra que pueda inducir la intrusión salina, y aumentar el grado de salinidad del estuario.

El rango de salinidad que se ha observado, en época de producción de sal (desde octubre hasta abril), va desde 35 PSU (rango de agua de mar) cuando la barra se ha encontrado abierta por un tiempo prolongado, hasta valores del orden de 20 a 24 PSU (agua salobre) cuando la barra se ha encontrado conectada en forma intermitente con el mar, o parcialmente diluida por lluvias y/o aporte de caudales fluviales. De acuerdo a estos rangos, se propone que el umbral de salinidad sea de **20 PSU**. Al bajar de este valor, la producción de sal se haría cada vez más difícil, y se justificaría activar el **Comité de Emergencia** para evaluar una apertura con el fin de favorecer la intrusión salina. Para el seguimiento, se propone escoger un punto de observación representativo de la actividad salinera, entre el sector de Barrancas y La Villa.

La apertura debe guiarse por lo indicado en el siguiente acápite Apertura de Barra, y adicionalmente, es conveniente que se realice algunos días previos a la ocurrencia de una marea de sicigias (en lo posible, y si coincide, en perigeo), que permita aprovechar al máximo el ingreso de agua de mar y así aumentar la salinidad.

6. MONITOREO DE VARIABLES DE ESTADO

Para el monitoreo de las variables de estado y umbrales que pueden activar el **Comité de Emergencia**, se sugiere fomentar la participación de la comunidad mediante un monitoreo ciudadano, que pueda llevar registro de la información del humedal (Por ejemplo, lectura de niveles de agua en la regleta, y/o toma de datos con dispositivos portátiles o kit de medición). Sin perjuicio de lo anterior, es altamente recomendable la implementación de sensores automáticos que puedan registrar las variables en forma continua (Por ejemplo, Nivel de la laguna, Salinidad, Oxígeno disuelto), e idealmente cuenten con tecnología telemétrica para que la información sea transmitida y publicada en un sitio digital de libre acceso. En la **Figura 5** se muestra la ubicación aproximada de variables de estado a medir en el Humedal de Cáhuil.



Figura 5 Ubicación de variables de estado a medir en el Humedal de Cáhuil

7. APERTURA DE LA BARRA

Una vez determinada la necesidad de apertura de la barra, se deben tener en consideración la programación de las actividades y las especificaciones técnicas de los trabajos. El trabajo mecanizado debe buscar que se den condiciones favorables de marea y oleaje, para que la apertura sea lo más efectiva y duradera posible.

7.1. Programación de la apertura

Programar apertura de acuerdo a pronóstico de lluvias y caudales, y dentro de esa ventana temporal, se debe considerar los parámetros identificados en la **Tabla 3**. Con ello, se busca fomentar que la apertura pueda erosionar el canal de salida, y exportar la mayor cantidad de arena posible, aumentando la posibilidad que la conexión con el mar se mantenga por mayor tiempo.

Tabla 3 Parámetros asociados a mareas y oleaje

Información	Condición	Efecto buscado
Mareas	Revisar la diferencia semidiurna de mareas. De preferencia, considerar la apertura en la pleamar más alta del día.	Aumentar el tiempo de desagüe, para fomentar la erosión
	Para aperturas con nivel de laguna alto (mayor a 193 cm, NRS), realizar apertura en marea vaciante, 1 a 2 horas después de la pleamar Para aperturas con nivel de laguna medio/bajo (menor a 193 cm, NRS), realizar apertura en marea vaciante, 1 a 2 horas después del momento en que el nivel de la marea, pasa por debajo del nivel de la laguna	Aumentar la carga hidráulica y tiempo de vaciado, para fomentar la erosión
Oleaje	Pronóstico de oleaje que indique condición sin marejadas	Evitar posibilidad de aumentos de nivel del mar por marejadas, ya que impiden salida efectiva del agua, incluso puede haber entrada del mar

7.2. Especificaciones técnicas

A continuación se indican algunos detalles a considerar en la realización de la apertura.

- Se debe contar con autorización de las instituciones pertinentes.
- Dar aviso a las personas presentes en el lugar, asegurar que no haya personas expuestas a riesgo en el entorno de la laguna, como tampoco en el sector del mar. Demarcar la zona de trabajo para evitar la aproximación de personas.
- Se debe considerar una retroexcavadora con brazo y balde que permita realizar excavación de, al menos, un metro por debajo del nivel de agua.
- La excavación se debe realizar haciendo una excavación de un canal de 5m de ancho, desde la laguna hacia el mar, depositando la arena excavada hacia el borde norte.

-
- Considerar el lugar de los trabajos, basado en aperturas previas, ubicado aproximadamente entre los puntos de referencias de la siguiente **Tabla 4**. Estos puntos demarcan límites norte y sur, dentro de los cuales se puede proyectar el canal de conexión entre la laguna y el mar.

Tabla 4 Lugar de Referencia de ubicación del canal

Punto de referencia	Coordenadas UTM, Datum WGS84 Huso 18S
Punto norte	Este 773.240 m, Norte 6.180.700 m
Punto sur	Este 773.260 m, Norte 6.180.640 m

ANEXO N°1: PAUTA EVALUACIÓN PRECIPITACIÓN Y ESCORRENTÍA

Para evaluar la relación entre precipitaciones y escorrentía, y apoyar la decisión respecto a la apertura de la barra, se evaluaron datos históricos del humedal para diferentes escenarios de precipitación (**Tabla A2.1**).

Tabla A2.1 Datos históricos observados en el Humedal de Cáhuil (período 1985-2020)

Precipitación acumulada (5 días previos)	Porcentaje de casos en que se provocaría apertura forzada (cuando se supera umbral volumétrico estimado 14 millones m3)	Observaciones
20 a 60mm	40%	En caso de que se trate de las primeras lluvias del año o que la condición antecedente sea seca, es muy probable que no se genere escorrentía.
60 a 100 mm	70%	En caso de que se trate de las primeras lluvias del año o que las condición antecedente sea seca, es probable que no se genere escorrentía significativa.
100 a 160 mm	85%	Muy probable que exista escorrentía significativa de caudales.
Mayor a 160 mm	100%	Se espera escorrentía significativa de caudales.

En base a los eventos observados en el humedal de Cáhuil se propone una guía para evaluar los escenarios de escorrentía, según la precipitación pronosticada y condiciones antecedentes de humedad del suelo (**Tabla A2.2**). El objetivo es poder evaluar y responder si, dado un pronóstico de lluvias y/o caudales, ¿qué probabilidad hay que se eleve el nivel del agua en la laguna de forma significativa que pueda inducir una apertura?

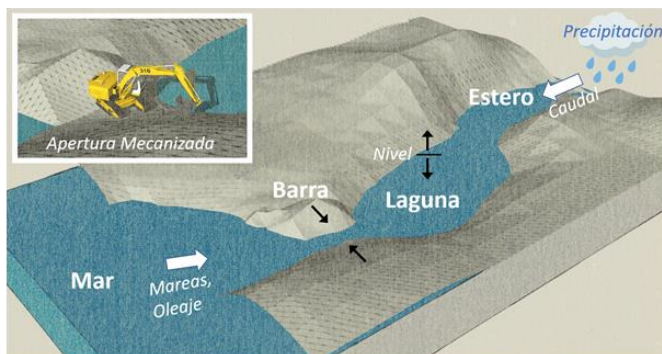
Tabla A2.2 Guía para evaluar probabilidad de escorrentía para escenarios de precipitación pronosticada

	Probabilidad estimada de que se genere escorrentía significativa para forzar la apertura de la barra en el estero Nilahue, según condiciones antecedentes de humedad del suelo		
	Rangos de precipitación acumulada 5 días previos*		
Precipitación pronosticada (acumulada en 5 días)	Seco 0 mm a 13mm	Normal Entre 13mm a 32 mm	Húmedo Más de 32 mm
20 a 60mm	baja	media	alta
60 a 100 mm	media	alta	alta
100 a 160 mm	alta	muy alta	muy alta
Mayor a 160 mm	muy alta	muy alta	muy alta

*Rangos empíricos desarrollados por el Servicio de Conservación de Suelos de Estados Unidos que estima capacidad de generar escorrentía superficial de acuerdo a humedad previa del suelo.

ANEXO N°2: FICHA RESUMEN PROTOCOLO DE APERTURA MECANIZADA DE LA BARRA DEL HUMEDAL CÁHUIL

El objetivo del protocolo es sistematizar un procedimiento que permita la regulación del manejo de la barra de acuerdo a su **ESTACIONALIDAD**, y que ésta se haga de modo informado y coordinado, mediante la evaluación de **VARIABLES DE ESTADO Y UMBRALES** que determinan la activación de la apertura, las que son medidas en **SITIOS DE MONITOREO**.



ESTACIONALIDAD	FASE LLUVIAS					TRANSICIÓN			ESTIAJE			
Servicio Ecosistémico	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR
Regulación hidrológica												
Provisión de materias primas (Salineras)												
Hábitat para la biodiversidad												

VARIABLES DE ESTADO Y UMBRALES DE APERTURA

Riesgo	Objetivo	Variable estado	Umbral
Crecidas fluviales y riesgo de inundación de viviendas.	Mitigación de inundaciones	Nivel de agua	205 cm alerta; 250 cm máximo medido en sitio A
Crecidas fluviales y riesgo de inundación de salinas	Mitigación de inundaciones	Nivel de agua	155 cm alerta; 193 cm máximo medido en sitio B
Cierre temprano de la barra y grado de salinidad bajo, pueden impedir desarrollo de actividad salinera	Inducir intrusión salina, y permitir actividad.	Salinidad	20 PSU Medido en sitio C
Disminución de oxígeno disuelto (hipoxia y/o anoxia) con riesgo para la vida acuática.	Hábitat biodiversidad.	Oxígeno disuelto	5 mg/l medido en sitio D

SITIOS DE MONITOREO

