



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.

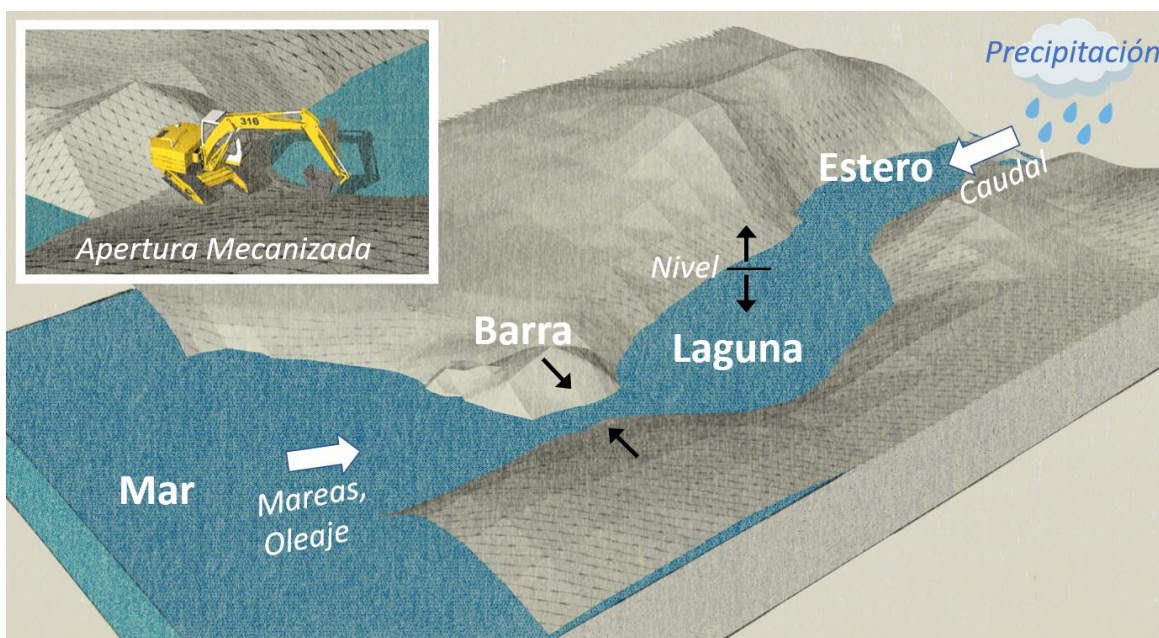


Figura 1 Esquema del Humedal de Cáhuil y principales variables asociadas a la apertura de la barra en función del régimen hidrológico de la cuenca

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	

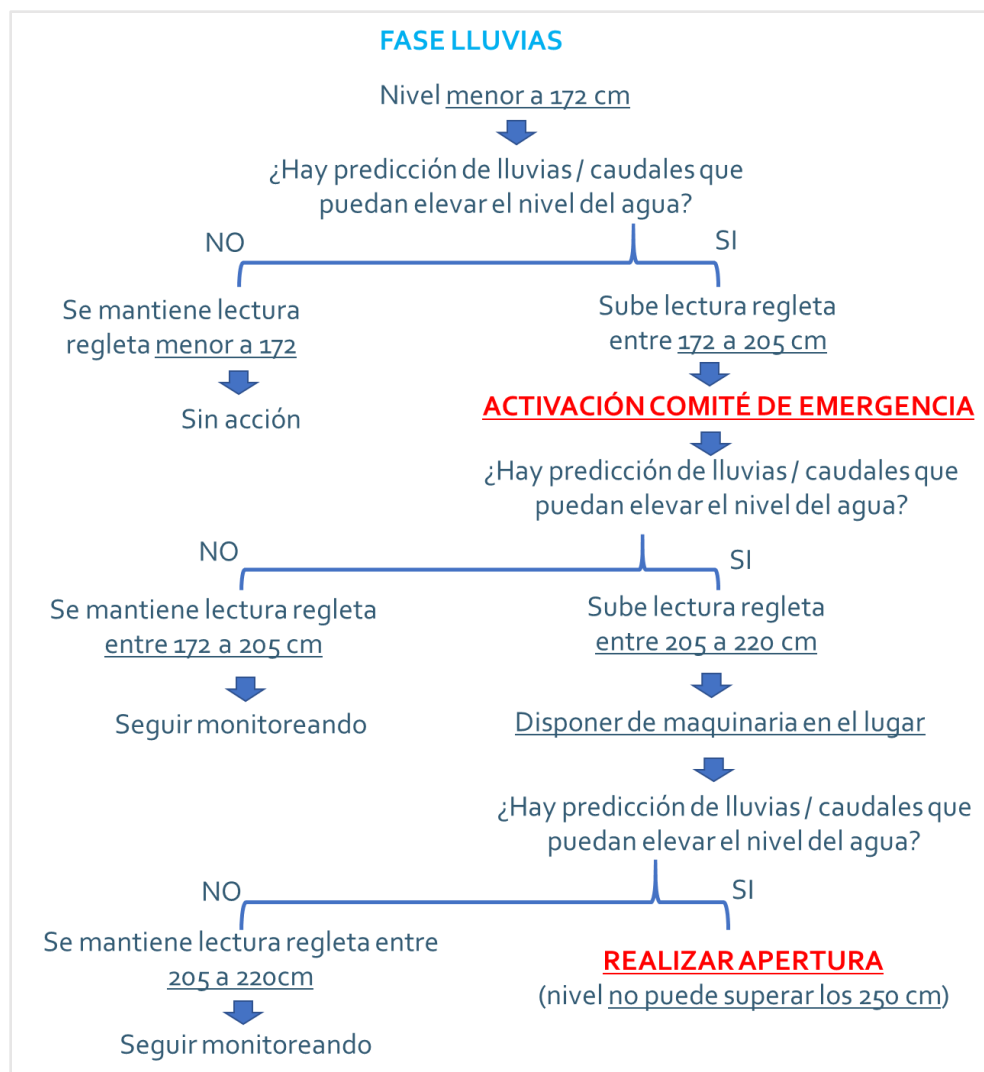


Figura 3 Diagrama de flujo de árbol de decisión Fase Lluvias

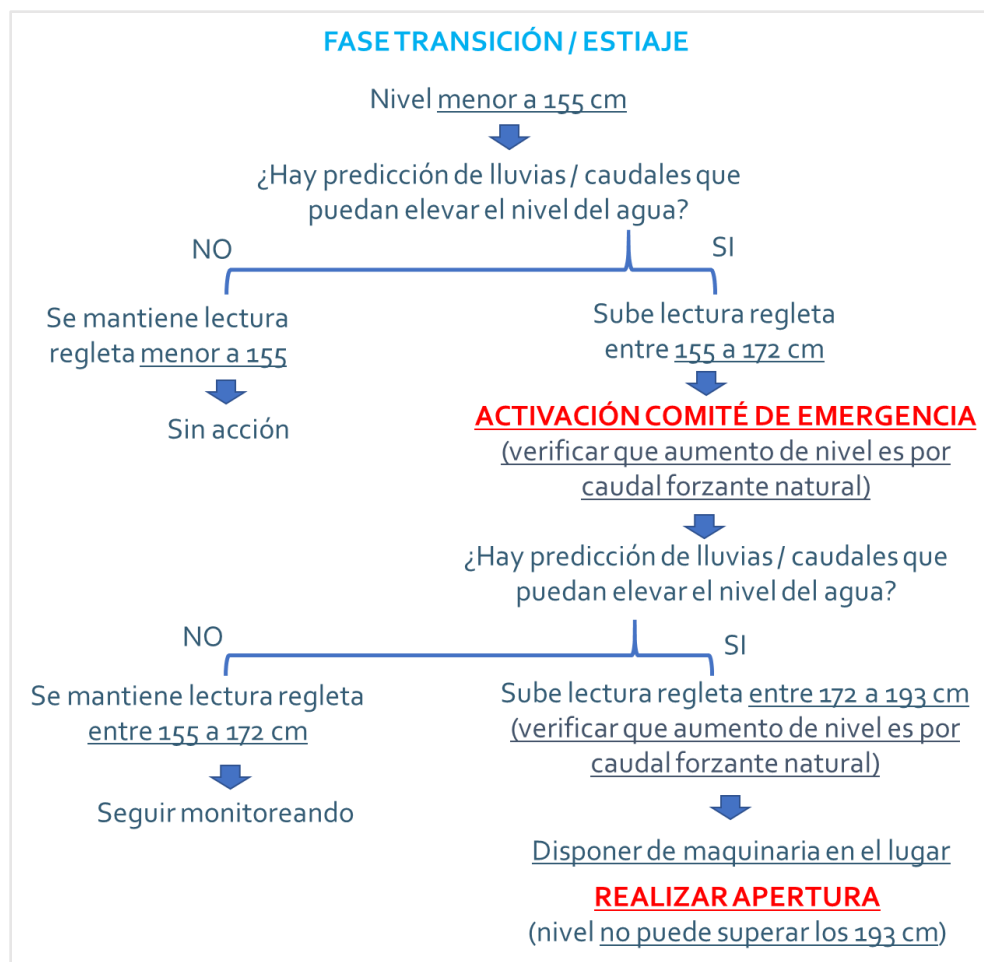


Figura 4 Diagrama de flujo de árbol de decisión Fase Transición/Estiaje.

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?

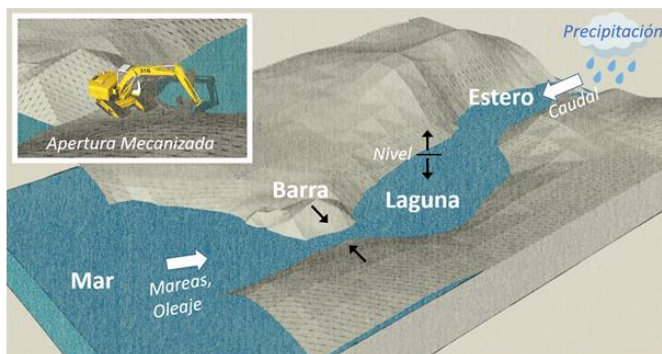
Tabla A2.2 Guía para evaluar probabilidad de escorrentía para escenarios de precipitación pronosticada

	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

