Unión Comunal Lago Vichuquén

Salinidad del Lago Vichuquén: indicador de la gestión del agua dulce y de la relación del sistema con el mar

Unión Comunal Lago Vichuquén (UCLV)

Dirigido a: Dirección General de Aguas (DGA), Región del Maule · Secretaría Regional Ministerial del Medio Ambiente, Región del Maule

Fecha: octubre de 2026

1. Contexto

El Lago Vichuquén forma, junto con el estero Llico y la Laguna Torca, un sistema costero conectado con el mar por una barra de arena en la desembocadura de Llico. Por razones de seguridad ante inundaciones, desde hace casi tres décadas la barra no se abre de forma natural, sino artificialmente y según un protocolo desde 2016. Por eso, el nivel del lago, la cantidad de agua dulce que retiene y el ingreso de agua de mar dependen hoy en gran medida de cómo se opera la barra.

En este sistema, **la salinidad es el indicador que integra dos procesos**:

- **La administración del agua de lluvia.** Cada invierno, la lluvia aporta agua dulce que diluye el lago. Si esa agua se retiene, el lago se renueva. Si se descarga al mar, se pierde. La profundidad del proceso de renovación depende de la cantidad de lluvia y del tiempo que esa agua fresca permanece en el sistema
- **La exposición del sistema a la intrusión salina.** La cuña salina avanza por dos vías:
  - **superficial**, entrada de agua de mar por el estero, cuando la barra está abierta, en especial por períodos prolongados (mas de 6 semanas), con el lago bajo y en época seca (nov-may).
  - **profunda**, subterránea, cuando el nivel del lago no mantiene una carga de agua dulce suficiente frente al mar (marea promedio +1,20m NRS.

Además, existe una capa salina profunda en el lago (haloclina a ~10 m) que solo se mezcla con la columna de agua durante los inviernos.

La salinidad, medida como conductividad eléctrica, muestra el resultado neto de ambos procesos. Es, en la práctica, **el indicador del balance entre agua dulce y agua de mar del sistema**.

Este informe analiza la serie de conductividad del cuerpo del lago entre 2015 y 2026, junto con dos registros previos de 2008 y 2013. Los datos 2015–2026 son análisis de laboratorio de ANAM (método SM 2510 B, referido a 25 °C) en cinco puntos del lago, encargados por la UCLV. Los registros de 2008 y 2013 provienen del estudio EULA. Las cotas se expresan en m sobre el nivel de referencia del sistema (mNRS). Las tablas y figuras de respaldo están en el Anexo técnico.

2. Principales hallazgos

1. El lago se está salinizando de forma progresiva.

- En agosto de 2008 la conductividad era de 910 µS/cm, propia de un lago prácticamente dulce. En marzo de 2013, después del terremoto del 2010, había subido a 4.200 µS/cm.
- La salinidad de fin de verano llegó a ~18.000–19.000 µS/cm en 2025 y 2026, más de 20 veces el valor de 2008.
- La mayor parte de esa alza ocurrió después de 2015.

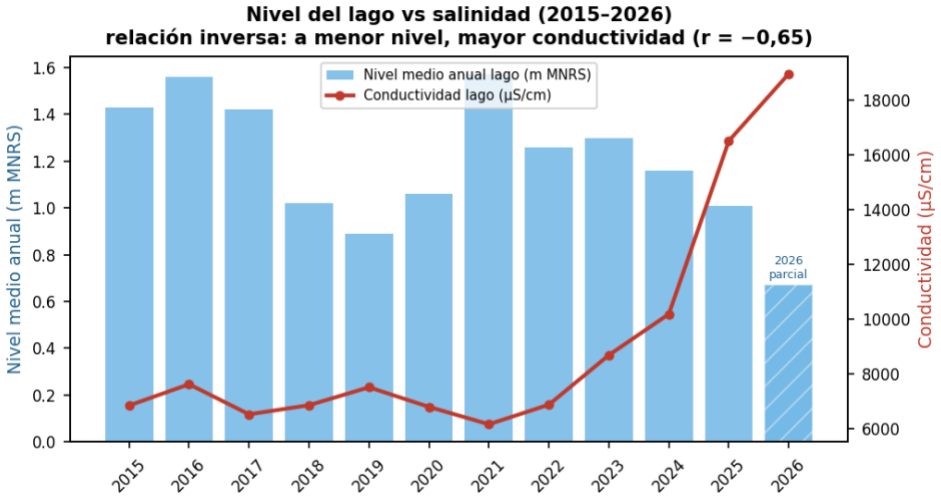
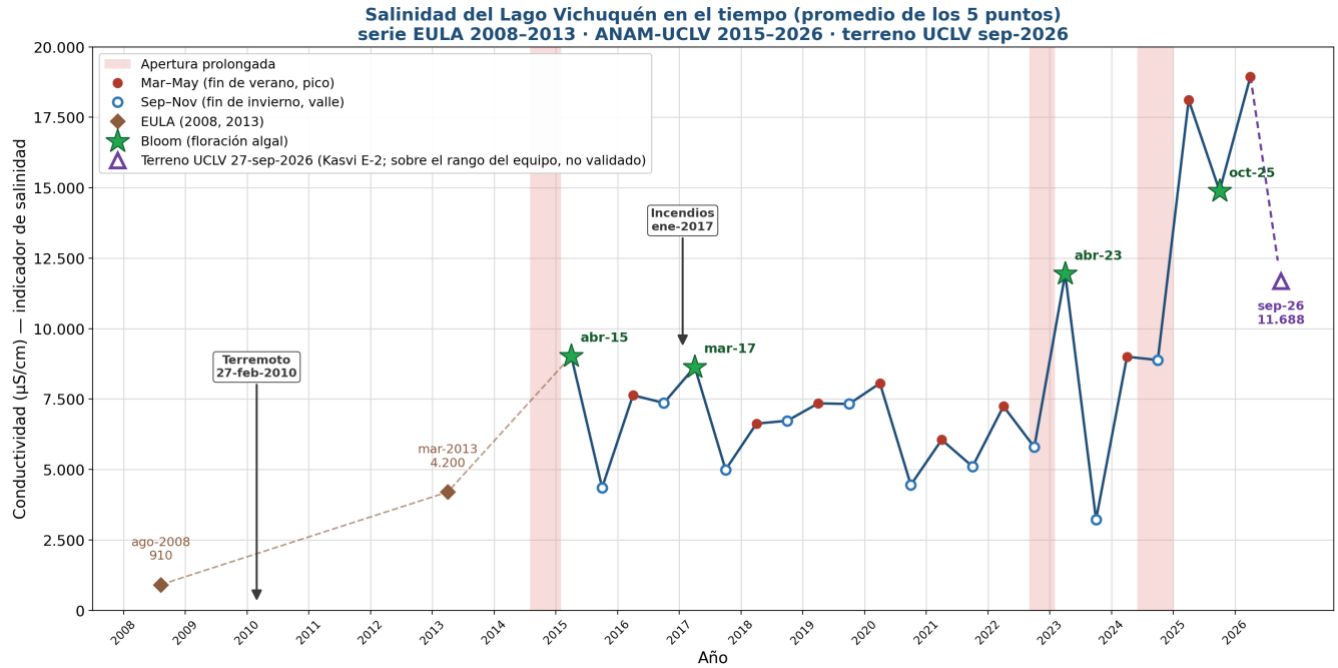


Figura 1. Nivel medio anual del lago frente a conductividad: relación inversa (r = −0,65).

2. La operación de la barra es determinante, en ambos sentidos.

- **Aperturas controladas en invierno, con lluvia:** el lago se diluye en promedio −4.420 µS/cm (n = 5). En los inviernos sin apertura, casi no cambia (−749 µS/cm, n = 6). La lluvia renueva el lago cuando circula por el sistema.
- **Aperturas prolongadas con el lago bajo** (2022 y 2024): se extendieron hacia la primavera y el verano, el período de calor y mayor evaporación. Con la barra abierta y el lago bajo, el agua dulce que se pierde por evaporación es reemplazada por agua de mar que entra desde la desembocadura. En los veranos siguientes la salinidad subió en promedio +7.689 µS/cm, unas 3,3 veces más que en un verano sin apertura prolongada (+2.348 µS/cm, n = 9). Es una comparación descriptiva con dos casos, pero consistente con ese mecanismo.

Figura 2. Salinidad del lago en el tiempo (aperturas prolongadas, blooms y eventos especiales: terremoto de 27-feb-2010 e incendios de ene-2017). El triángulo morado es la medición de terreno UCLV del 27-sep-2026 (preliminar, no homologada con ANAM). Equipo Kasvi E-2 con compensación automática de temperatura; los valores superan su rango declarado (máx. 9.999 µS/cm) y no están validados.



3. La salinidad refleja cuánta agua dulce retiene el sistema.

En el conjunto de la serie, los períodos con el lago más bajo son más salinos: bajo 1,0 m el promedio es de 11.434 µS/cm, y sobre 1,6 m es de 5.253 µS/cm. Esa relación la explican principalmente las aperturas, que retiran agua dulce y abren paso al mar. Con la barra cerrada no se encontró relación directa entre nivel y salinidad, aunque esto no descarta un ingreso subterráneo de agua de mar.

Tabla 1. Cuerpo del lago (promedio de los 5 puntos), conductividad µS/cm — indicador de salinidad ANAM-UCLV

Año	Apertura prolongada	Inicio de bloom	Δ verano (Sep→Mar)	Mar-May	Sep-Nov	Δ invierno (Mar→Sep)	Apertura controlada
2008*	—	—	—	—	910	—	—
2013*	—	—	—	4.200	—	—	—
2014	sí	—	—	4.200**	—	—	0
2015	no	abr	+4.828**	9.028	4.357	−4.671	3
2016	no	—	+3.279	7.636	7.360	−276	0
2017	no	mar	+1.280	8.640	4.992	−3.648	3
2018	no	—	+1.636	6.628	6.730	+102	0
2019	no	—	+617	7.347	7.325	−22	0
2020	no	—	+735	8.060	4.452	−3.608	1
2021	no	—	+1.602	6.054	5.104	−950	0
2022	sí	—	+2.139	7.243	5.794	−1.449	1
2023	no	abr	+6.148	11.942	3.220	−8.722	1
2024	sí	—	+5.782	9.002	8.885	−117	0
2025	no	oct	+9.229	18.114	14.884	−3.230	0
2026	no	?	+4.063	18.947	?	?	1

** 2008 y 2013 = fuente EULA (2008 agosto, 2013 marzo). ** Sin dato ANAM en 2014: se usa como basal el valor EULA de Mar-2013 (4.200 µS/cm); por eso Δverano 2015 = +4.828 cubre ~24 meses (Mar-2013 → Mar-2015) y no es homologable con los Δverano Sep→Mar. Apertura prolongada (marejada): 2014 (ago14–ene15), 2022 (sep22–ene23), 2024 (jun24–dic24). Inicio de bloom: 2015 (abr), 2017 (mar), 2023 (abr), 2025 (oct). Conductividad de laboratorio SM 2510 B, referida a 25 °C (por confirmar para toda la serie). ? = pendiente / año en curso. Δ verano = Mar − Sep(año ant.); Δ invierno = Sep − Mar. Sep–Nov 2026: pendiente campaña ANAM; medición de terreno del 27-sep-2026 en la Tabla 6.*

- Inviernos con lluvia suficiente para apertura controlada (2015, 2017, 2020, 2022, 2023): Δ invierno medio = −4.420 µS/cm (n=5).
- Inviernos sin lluvia suficiente para apertura controlada (2016, 2018, 2019, 2021, 2024, 2025): Δ invierno medio = −749 µS/cm (n=6).
- Veranos sin apertura prolongada (2016–2022, 2024, 2026): alza media = +2.348 µS/cm (n=9).
- Veranos con apertura prolongada, versión homologada solo Sep→Mar (2023, 2025 → resultantes de 2022, 2024): alza media = +7.689 µS/cm (n=2). El verano 2015 (resultante de 2014) se reporta aparte: +4.828 µS/cm en ~24 meses, sin dato Sep-2014, no comparable.

4. En la época seca el lago pierde en promedio ~0,70 m de cota, y aun así la salinidad sube más de lo que esa pérdida explica.

- Entre noviembre y mayo, con la barra cerrada, el lago desciende en promedio **0,70 m** (rango 0,44–0,92 m; n = 9 temporadas).
- En ese período la salinidad sube ~40 %, pero ese descenso solo explicaría un 7–8 % de alza por concentración.
- Las hipótesis para el resto son el aporte de sal desde la capa salina profunda y la filtración subterránea de agua de mar. Ambas apuntan a la relación del sistema con la cuña salina.

Tabla 2. Pérdida de cota en época seca (Nov → May), veranos con barra cerrada

Verano (inicio Nov)	Cota 1ª sem Nov	Cota May (fin)	Pérdida Nov→May	Caída máx→mín
2015	1,69	1,25	0,44	0,60
2016	1,94	1,15	0,79	0,87
2017	1,20	0,59	0,61	0,65
2018	1,48	0,56	0,92	0,92
2019	1,02	0,12	0,90	0,90
2020	2,00	1,38	0,62	0,71
2021	1,83	1,03	0,80	0,83
2023	1,43	0,95	0,48	0,60
2025	1,28	0,52	0,76	0,76
Media			**0,70 m**	**0,76 m**

Veranos etiquetados por año de inicio (Nov); inicio = 1ª semana de noviembre; excluidos los años con apertura prolongada (2022, 2024; 2014 fuera del rango de la serie). Descenso observado ~0,70 m en promedio (rango 0,44–0,92; n=9), no atribuido a una causa. Cota en metros mnrs; referencia mar: media ≈1,2 m, conexión Torca 1,80 m.

5. Las crisis de salinización se asocian a floraciones algales.

En las cuatro floraciones registradas (2015, 2017, 2023 y 2025), el lago había aumentado ~4.000 µS/cm o más respecto de su último estado renovado y superaba ~8.600 µS/cm. Es un patrón descriptivo, todavía no validado como predictor.

Tabla 3. Alza por apertura prolongada (resultante = Δ verano Sep→Mar del año siguiente al inicio; 2015 aparte por falta de Sep-2014)

Apertura prolongada	Resultante (Δ verano Sep→Mar)
2022	+6.148 (2023)
2024	+9.229 (2025)
Media homologada	**+7.689 (n=2)**
2014 (aparte)*	+4.828 (2015)

Tabla 4. Salto de salinidad asociado a cada bloom

Inicio de bloom	Desde (último mínimo / basal)	Hasta (pico salino)	Salto	Vía
2015 (abr)	Mar-2013: 4.200	Mar-2015: 9.028	**+4.828**	tras apertura prolongada 2014
2017 (mar)	Sep-2015: 4.357	Mar-2017: 8.640	**+4.283**	evaporación, 2 veranos seguidos secos
2023 (abr)	Sep-2022: 5.794	Mar-2023: 11.942	**+6.148**	tras apertura prolongada, marejada 2022
2025 (oct)	Sep-2023: 3.220	Mar-2025: 18.114	**+14.894**	tras apertura prolongada, marejada 2024

El salto asociado a bloom va de +4.283 a +14.894 µS/cm (mínimo ~+4.300), desde una basal fresca (3.200–4.800) hasta un nivel salino de 8.600–18.100 µS/cm.

6. Invierno 2026 (dato preliminar).

Una medición de terreno de la UCLV del 27 de septiembre de 2026 indica una dilución de ~38 % respecto de marzo. Debe confirmarse con la campaña de laboratorio de septiembre antes de usarse.

Tabla 5. Conductividad superficial de terreno UCLV, 27-sep-2026 (17–18 h) — preliminar, no homologada con ANAM

Punto	Conductividad superficial (µS/cm)
Pto 1: Pta Litre-Pta Barco*	12.354
Pto 2: Península	10.812
Pto 3: Bahía Paula	11.472
Pto 4: Bahía Aquelarre	11.902
Pto 5: Bahía Totorilla	11.898
Promedio 5 puntos	**11.688**
Rango (máx − mín)	10.812–12.354 (1.542)

** «Punta del Barco» del reporte de terreno corresponde al Pto 1: Pta Litre-Pta Barco (confirmado). Fuente: reporte de conductividad superficial UCLV del 27/09/2026, en µS/cm. Medición de terreno en superficie, un solo día, entre 17 y 18 h. Equipo: medidor portátil Kasvi E-2 (conductividad y TDS; electrodo integrado; resolución 1 µS/cm; compensación automática de temperatura, ATC; se reemplazará o contrastará con la campaña ANAM de octubre 2026.*

- Promedio de los 5 puntos: 11.688 µS/cm (rango 10.812–12.354; Pto 2: Península el más bajo, Pto 1: Pta Litre-Pta Barco el más alto).
- Respecto de Mar–May 2026 (ANAM, 18.947): −7.259 µS/cm (−38 %). Sería el Δ invierno 2026 preliminar; 2026 figura con apertura controlada en la Tabla 1.
- Respecto de Sep–Nov 2025 (ANAM, 14.884): −3.196 µS/cm (−21 %). Es el primer valle de septiembre más bajo que el del año anterior desde 2023.

3. La salinidad como indicador de desempeño de la gestión hídrica

> **La salinidad del lago depende, en último término, de cuánta agua de lluvia retiene el sistema y de cuánto lo expone a la intrusión salina, tanto por la cuña hidráulica superficial (estero) como por la profunda (subterránea). Por eso, la salinidad debe ser el indicador de desempeño de la gestión hídrica del sistema.**

Una buena gestión del agua de lluvia y de la barra se reflejará en una salinidad estable o decreciente. Una mala gestión, en cambio, se verá como crisis de salinización.

Por la misma razón, si se avanza en una **Norma Secundaria de Calidad Ambiental (NSCA)** para el sistema Lago Vichuquén – estero Llico – Laguna Torca, cuya aplicación ha comenzado a evaluarse, **la salinidad (conductividad eléctrica) debe incluirse como parámetro de la norma**. Esto implica:

- valores de referencia para el cuerpo del lago;
- monitoreo estacional de superficie y fondo;
- su vinculación explícita con la operación de la barra.

4. Implicancias para la gestión hídrica

Una gestión hídrica adecuada debiera contemplar **dos cotas de referencia**:

- **Cota alta, de 2,00–2,20 m mNRS.** Es la cota que el sistema debiera alcanzar y sostener al término del invierno. Permite:
  - la mezcla y renovación del agua del lago;

- el aporte de agua a la Laguna Torca, hoy en déficit hídrico severo;
- mantener una reserva de agua dulce para renovar el estero cuando pierda conexión con el mar por el cierre natural de la barra de arena.

- **Cota de protección contra la intrusión salina, de 1,20–1,40 m mNRS.** Es el nivel mínimo bajo el cual el sistema no debiera descender. Lo mantiene sobre el nivel medio del mar (~1,20 m), con una carga de agua dulce que contrarresta la intrusión salina superficial y subterránea. Así se evita exponer el sistema a las crisis de salinización que se asocian a floraciones algales y a la pérdida del ecosistema de agua dulce.

Ambas cotas son coherentes entre sí. Si el sistema parte de 2,00–2,20 m al fin del invierno y pierde en promedio ~0,70–0,80 m en la época seca, termina el verano en ~1,20–1,40 m, justo en la cota de protección.

Operar el sistema entre 1,20 y 2,20 m tiene además una ventaja directa: como las lluvias de invierno llegarían con el lago en cotas más altas, sería posible hacer **más episodios de apertura controlada al mar**. Cada uno descargaría agua y diluiría el lago sin bajar del nivel de protección, lo que mejora la renovación del agua.

Para lograr esta operación, la UCLV propone como solución de gestión hídrica un **sistema de control de nivel en el estero Llico**. Esa estructura retendría el agua dulce aguas arriba en la cota alta, mantendría la cota de protección y limitaría el avance de la cuña salina hacia el lago. La propuesta se desarrolla en el Informe hidrodinámico de la UCLV.

Figura 3. Salinidad vs cota — años con y sin apertura prolongada de la barra

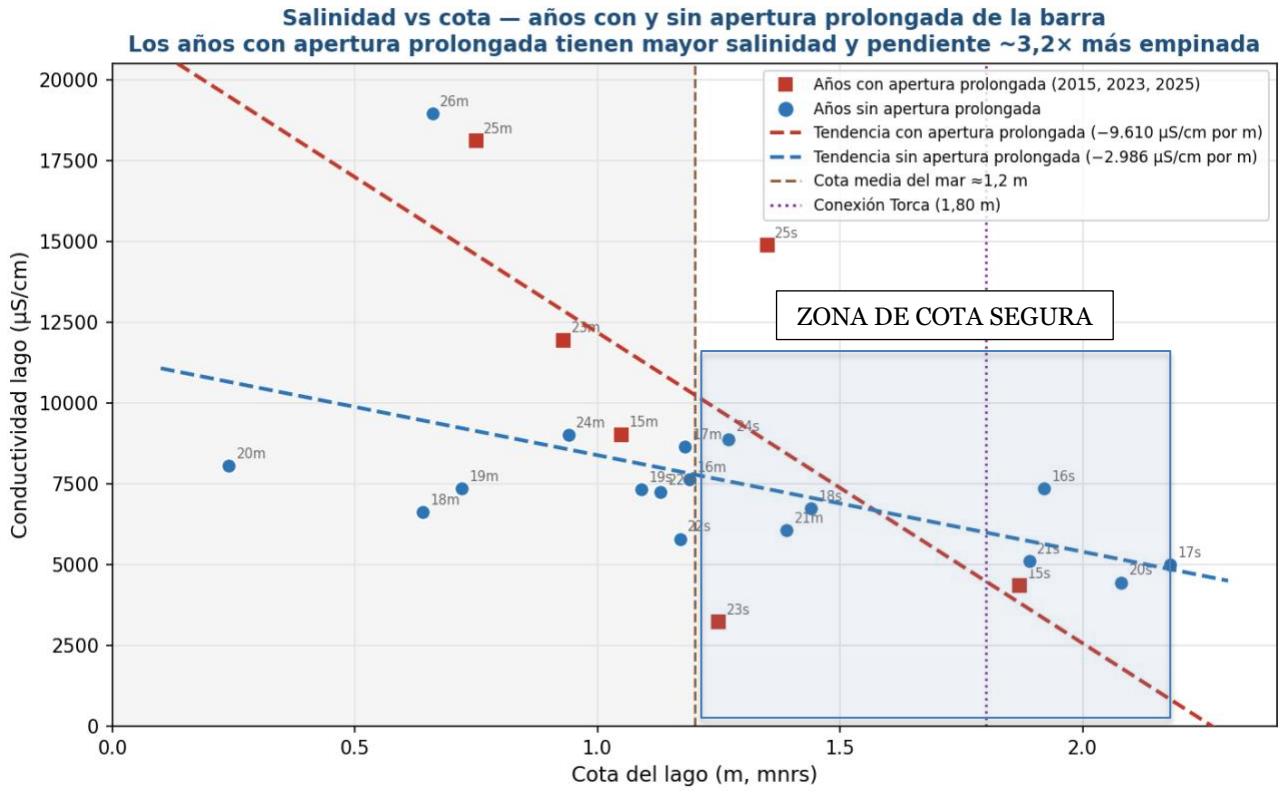


Tabla 5. Conductividad media según cota del lago

Rango de cota (m)	Conductividad media (µS/cm)	n
< 1,0	11.434	7
1,0 – 1,3	7.221	8
1,3 – 1,6	9.223	3
> 1,6	5.253	5

5. Próximos pasos propuestos

1. Hacer perfiles verticales de conductividad, salinidad y temperatura en septiembre y marzo, con la barra cerrada, para medir la capa salina y separar la concentración del aporte de sal.
2. Mantener el monitoreo de laboratorio estacional en los cinco puntos del lago y registrar sistemáticamente el estado de la barra y la cota del lago.
3. Evaluar la intrusión salina subterránea con mediciones en la franja costera y en el estero.