



Cambio global

El cuidado de los humedales y su rol en el secuestro de carbono

Eduardo Arellano¹, Francisco Meza¹,
Marcelo Miranda¹ y Andrés Camaño²

El Centro de Cambio Global UC y la Gerencia de Medio Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional de Arauco se unieron para evaluar, en forma preliminar, el potencial real de secuestro de carbono de un humedal de secano costero interior de Chile Central.

¹ Investigadores del Centro de Cambio Global UC.

² Gerente corporativo de Medio Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional de Arauco.



0,5% en áreas de protección. Las regiones de Coquimbo, del Maule y del Biobío son las de representación más baja en sistemas de áreas protegidas.

Los humedales prestan diversos servicios ecosistémicos; se consideran sistemas claves en las dinámicas del ciclo del carbono a nivel global. Esto se debe a que son importantes sumideros de carbono, presentan altas tasas de emisión de metano (CH_4) y un alto potencial de secuestro de CO_2 mediante la formación de turberas, deposición de sedimentos, y en la producción de biomasa de las plantas (figura 1).

El ciclo del carbono corresponde a los flujos de carbono en sus distintas formas. Como ciclo biogeoquímico es de gran importancia para la regulación del clima de la Tierra, puesto que controla la transferencia de carbono entre el océano y el suelo (atmósfera y litósfera). El aumento del CO_2 en la atmósfera por causas antropogénicas ha provocado una intensificación del efecto invernadero, originando alteraciones climáticas a nivel global. Existen ecosistemas que, por sus altas tasas de asimilación de carbono,

son considerados como agentes mitigadores del calentamiento global. Las estimaciones de *stocks*, captura y emisión de carbono desde humedales son muy variables ya que dependen de una serie de factores como la topografía, la posición fisiográfica del humedal, el régimen hidrológico, la temperatura y humedad del suelo, el microclima, el pH, salinidad y el tipo de vegetación dominante (que condicionan la productividad y la composición química de la materia orgánica que entra al sistema). Sin embargo, hay un cierto consenso en que los humedales como ecosistemas son eficientes acumuladores de grandes cantidades de materia orgánica en el suelo, sirviendo como sumideros de carbono.

En este contexto, el Centro de Cambio Global UC y la Gerencia de Medio Ambiente, Seguridad y Salud Ocupacional de Arauco (como parte de los programas de conservación que viene desarrollando dentro de sus Áreas de Alto Valor de Conservación, donde se encuentran varios humedales), se unieron para evaluar, en forma preliminar, el potencial real de secuestro de carbono,

Los humedales constituyen un ambiente natural de notable importancia cultural, económica y de biodiversidad. Según la convención internacional RAMSAR, un humedal es una zona de la superficie terrestre que está temporal o permanentemente inundada, la cual es regulada por factores climáticos y se encuentra en constante interrelación con los seres vivos que la habitan. Los humedales se pueden encontrar en casi todas las zonas climáticas; desde los trópicos a la tundra. En Chile se ubican en zonas costeras, al interior y en la pre-cordillera.

A nivel mundial, estos ecosistemas ocupan un área de entre 7 a 10 millones de km^2 , lo que representa entre un 6 y un 8% de la superficie terrestre total. En Chile, según el catastro nacional de humedales, existen cerca de dos millones de hectáreas en el territorio continental, encontrándose solo un

FIGURA 1. Flujo y almacenamiento de carbono en humedales. Adaptado de Reddy, 2008

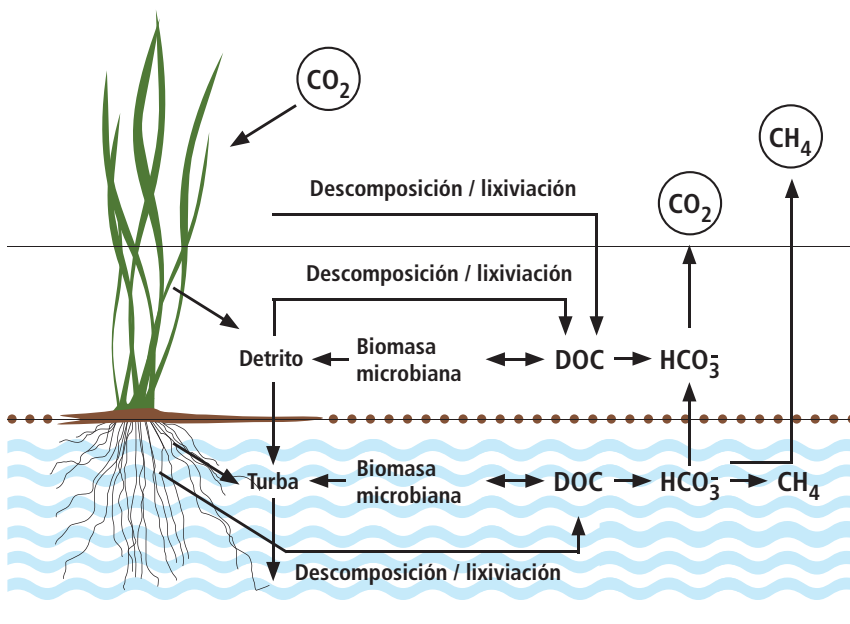


FIGURA 2. Ecotipos principales presentes en el humedal de la Laguna del Name

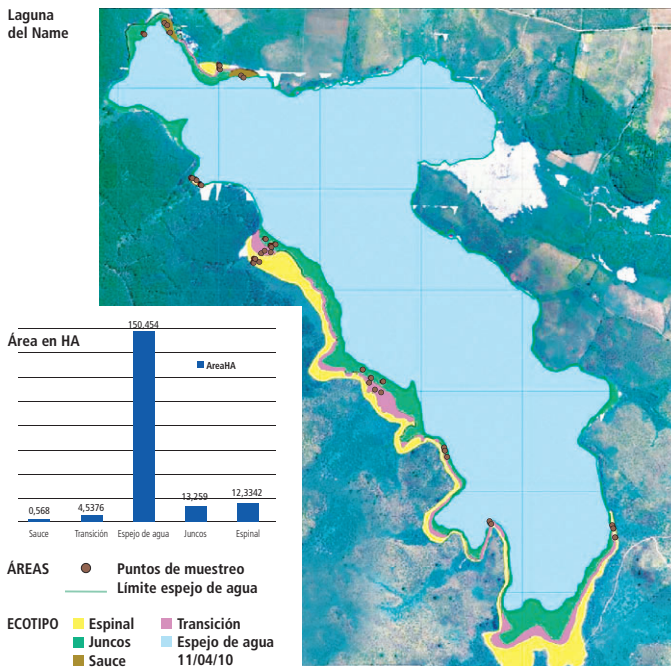
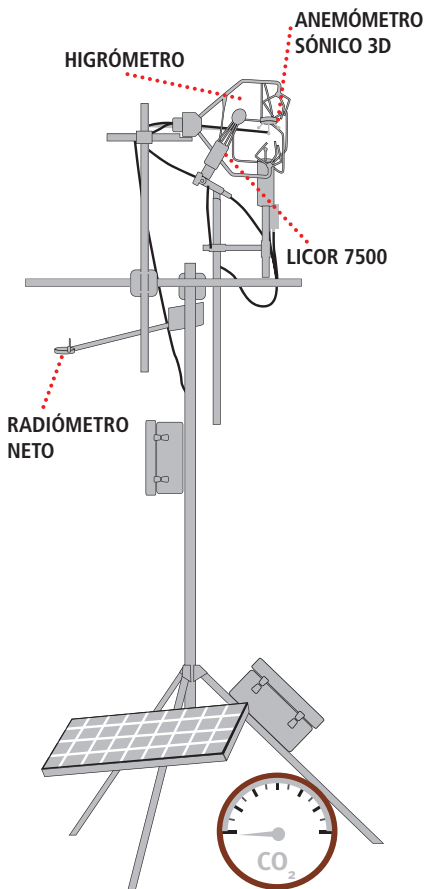


FIGURA 3. Comunidades vegetales presentes en el humedal



FIGURA 4. Equipos utilizados para la medición de flujos de CO₂



no de un humedal de secano costero interior de Chile Central. Este humedal se encuentra influenciado por diversas actividades agrícolas de secano, ganadería, viñas, extracción de agua para riego, y por plantaciones forestales de pino en las cercanías. Los objetivos de este estudio fueron: (1) entender el potencial real de secuestro o sumidero mediante la medición de flujos utilizando una torre Eddy Covariance; (2) evaluar el estado de degradación del humedal y su relación con los contenidos de carbono; y (3) entender la fluctuación del espejo de agua y su posible relación con los flujos de carbono.

Debido a que el almacenamiento de carbono en los suelos corresponde al balance entre la incorporación de material vegetal muerto (desecho de hojas y raíces) y pérdidas por procesos de descomposición y mineralización (respiración heterotrófica), la estimación de flujos de CO₂ para este estudio se realizó mediante la técnica de Eddy Covariance (EC), y la medición del stock de carbono en el suelo se realizó mediante análisis de combustión de muestras de suelo obtenidas a dos profundidades en los diversos ecotipos reconocidos en la zona de influencia del humedal.

El humedal en estudio corresponde a La Ciénaga del Name, ubicada en la Región del Maule, a unos 40 kilómetros al suroeste de Talca, y a unos 20 kilómetros al noroeste de Cauquenes. El humedal de La Ciénaga del Name corresponde a un cuerpo somero, con profundidades máximas en el orden de los 180 centímetros, y con predominio de zonas de profundidad menor a los 50 centímetros. La mayor profundidad se encuentra en el extremo sur y en un vertedero en el extremo norte, por donde temporalmente evacua el agua. Presenta comunidades vegetales calificadas en distintos tipos: vegetación sumergida, acuática flotante, vegetación emergida y vegetación terrestre (figura 2).

Para el presente estudio, las comunidades vegetales consideradas de importancia para el secuestro de carbono y que son propias de sistemas de humedales, se encuentran ubicadas dentro del área de influencia del espejo de agua del humedal. Estas comunidades son de totoral, junquillar y hierbas menores en zonas de bordes inundables, y apariciones de sauce esporádico. Finalmente, la comunidad de vegetación terrestre es de espinal (*Acacia caven*), con un estrato herbáceo de malezas introducidas, muy propias de sistemas degradados (figura 3).

Tecnología de medición de flujos de carbono

El Centro de Cambio Global UC realizó la estimación del flujo de CO₂ mediante un sistema de Eddy Covariance que incluye un analizador de gases infrarrojo, anemómetro sónico y sensores de flujos de calor en el suelo (figuras 4 y 5).

Medición de carbono en el suelo

Para entender el aporte del tipo de vegetación a los niveles de carbono en el sistema, el muestreo de carbono en el suelo se realizó de acuerdo a las distintas asociaciones vegetacionales o ecotipos (espinal, poleo-junquillo rojo, totoral y sauce-junquillar) (figura 6), de manera de determinar la influencia del espejo de agua en la fijación de carbono en los meses de abril y octubre. Estas mediciones se realizaron a dos profundidades para determinar la variabilidad estacional del sistema.

Medición de fluctuación en el espejo de agua del área del humedal

La fluctuación del espejo de agua afecta la capacidad de retención de carbono y la calidad del humedal, limitando su capacidad de sostener vegetación y fauna. Las zonas que pierden agua retenida, contando con una imagen Ikonos-2 del 07-08-2008 y una imagen Quickbird del 03-01-2009, se clasificaron y se determinó el área cubierta por el espejo de agua en invierno-verano (cuadro 1).

Para cuantificar la superficie del espejo de agua, luego de la clasificación se digitalizó la cobertura de la clase agua en ambas imágenes (transformadas a polígonos). Para esto se consideró que dentro del espejo de agua principal, toda la superficie correspondía a agua, aunque visualmente existiesen formaciones vegetales (figura 7).

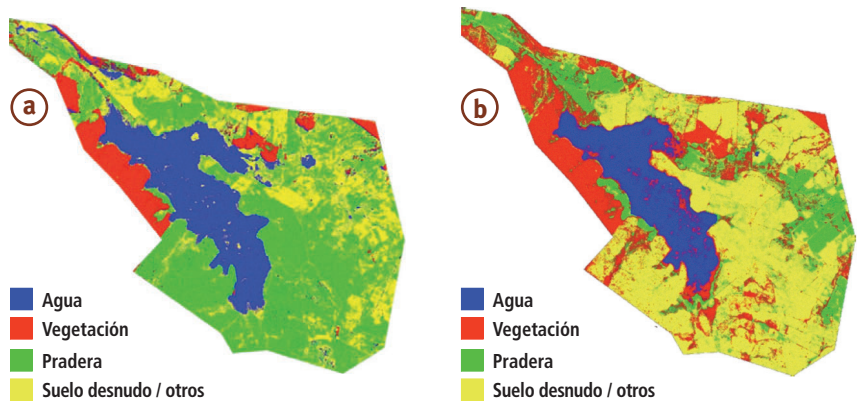
FIGURA 5. Medición en terreno del contenido de carbono en el suelo



CUADRO 1. Superficie del espejo de agua por estación

	Invierno (m ²)	Verano (m ²)
Superficie del espejo principal	2.094.970	1.575.370
Superficie total	2.174.500	1.580.781

FIGURA 6. Uso actual de suelo producto de clasificación: a) invierno y b) verano



El humedal en estudio corresponde a la Ciénaga del Name, ubicada en la Región del Maule, a unos 40 kilómetros al sureste de Talca, y a unos 20 kilómetros al noroeste de Cauquenes.

FIGURA 7. Diferencia de superficie entre invierno y verano

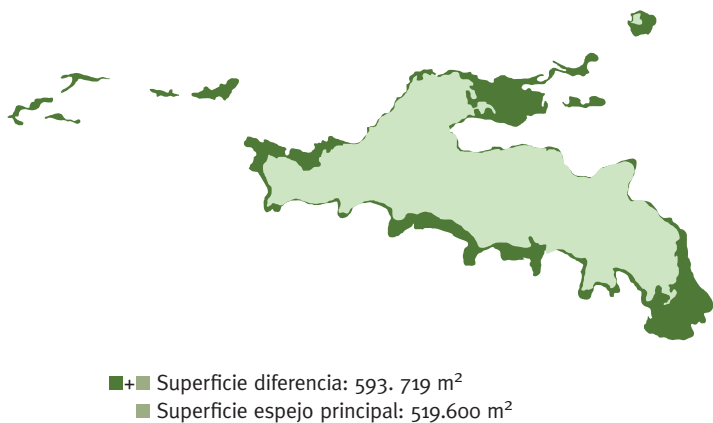


FIGURA 8. Gráfico de media y desviación estándar del flujo de CO₂ (umol m⁻² s⁻¹) en abril y octubre

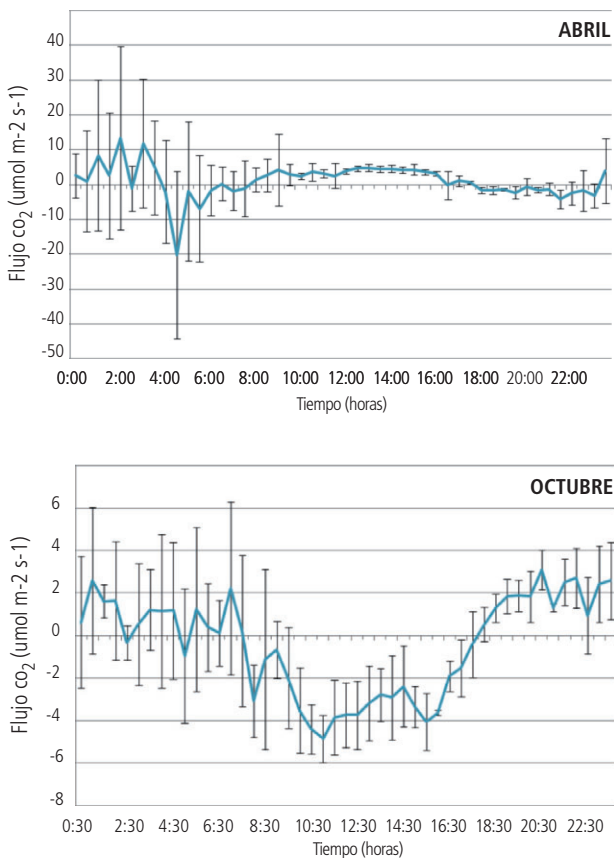
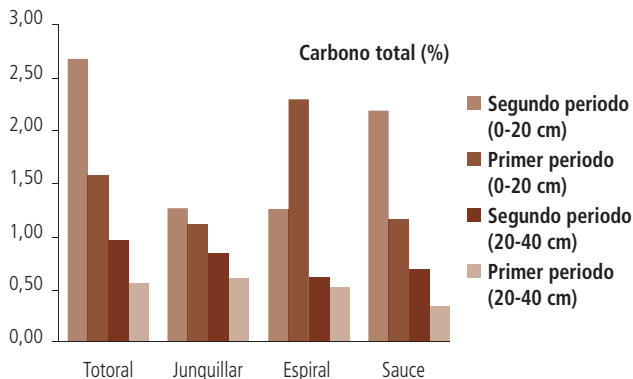


FIGURA 9. Porcentaje total de carbono. Muestra gráficamente las diferencias existentes en los contenidos de carbono en los suelos de los diferentes ecotipos y a diferentes profundidades



Resultados de los flujos de carbono en el humedal Ciénaga del Name

Se obtuvo que los flujos de CO₂ para este ecosistema presentaron tasas mayores de fotosíntesis en el mes de octubre, con tasas de emisión de CO₂ crecientes para el mes de abril.

En la figura 8 se observa el flujo de CO₂ del ecosistema, donde los flujos son positivos para el día de abril (fuente) y negativos en octubre (sumidero). Es importante notar que existe una mayor amplitud de las desviaciones de la media durante las horas de la noche, lo cual probablemente correspondería a una subestimación de la respiración nocturna de las plantas. Adicionalmente, en ambas campañas, el flujo neto de carbono fue positivo, alcanzando un balance semanal de 26,75 gramos de carbono y 4 gramos de CO₂ m⁻², en abril y octubre respectivamente, indicando que el humedal se comportaría como una fuente de CO₂. Sin embargo, dado que estos datos muestran una dispersión muy alta, no se puede arribar a conclusiones definitivas aún.

Caracterización de carbono presente en ambos periodos de medición

El contenido de carbono en el humedal se presenta en el cuadro 2. Se determinó que para el primer periodo existen diferencias significativas en los contenidos de carbono total (%) de los diferentes ecotipos. Así, el contenido de carbono total capturado en el suelo en los diferentes ecotipos, manteniendo constante la profundidad, es significativamente distinto (figura 9).

Estimaciones de carbono total por ecotipo

Los contenidos de carbono total para cada tipo vegetacional se señalan en el cuadro 3. Se observa que el ecotipo de mayor superficie (en influencia directa del humedal), corresponde a junquillar (segunda comunidad emergida, con un estrato

CUADRO 2. Promedios de carbono total para cada ecotipo a dos profundidades

Tipo Vegetacional	% de Carbono total			
	Primer Periodo		Segundo Periodo	
	0-20 cm	20-40 cm	0-20 cm	20-40 cm
Total	1,59	0,55	2,68	0,97
Junquillar	1,11	0,60	1,27	0,85
Espinal	2,31	0,52	1,26	0,63
Sauce	1,14	0,34	2,20	0,70
Promedio según profundidad	1,54	0,50	1,85	0,78
Promedio humedal	1,02		1,32	

El ecosistema del humedal Ciénaga del Name tiene complejas interacciones, tanto por el tipo de vegetación y usos de suelos que lo conforman como por la posición topográfica en que se emplaza.

CUADRO 3. Contenido de carbono total en K/ha*profundidad para ambos periodos

Tipo Vegetacional	Contenido total carbono (kg/ha*20 cm)				Carbono total retenido (Kg/área de influencia del ecotipo* 40 cm profundidad)		
	Primer periodo		Segundo periodo		Área de Influencia (ha)	Primer periodo	Segundo periodo
	0-20	20-40	0-20	20-40			
Total	42.930	15.983	72.360	27.923	18	1.083.424	1.844.212
Junquillar	31.396	14.835	36.002	21.135	23	1.101.706	1.361.573
Espinal	67.816	8.560	37.142	10.141	13,42	1.024.970	634.545
Sauce	32.928	6.271	63.264	12.973	4	169.733	330.107

herbáceo). Las siguientes superficies corresponden a totoral (primera comunidad emergida y, por ende, con una constante influencia del espejo de agua); espinal (comunidad clasificada como terrestre) y finalmente sauce, con la menor extensión. El ecotipo de totoral corresponde para este segundo periodo, a la comunidad de mayor retención de carbono, seguido por el junquillar, y el espinal que, con una superficie de influencia mayor a la de los sauces, desplaza a estos últimos.

Conclusiones e implicancias del estudio de humedales

- Los humedales pueden ser una fuente de secuestro o sumidero de gases efecto invernadero como el carbono. El humedal Ciénaga del Name es un ecosistema con complejas interacciones, tanto por el tipo de vegetación y usos de suelos que lo conforman como por la posición

topográfica en que se emplaza, configurando un escenario donde el estudio de las causas que determinan los flujos y almacenamiento de carbono en el ecosistema requieren de observaciones de largo plazo.

- En las fechas de campañas, el humedal presenta una tendencia a comportarse como una fuente de CO₂ hacia la atmósfera. Los mayores aportes de CO₂ a la atmósfera estarían explicados principalmente por importantes tasas de respiración durante la noche, lo cual se evidencia en la campaña de medición de octubre, cuando el incremento en la captura de CO₂ durante el día (atribuibles a fotosíntesis), en relación a los valores observados en abril, no compensan la magnitud de los flujos atribuibles a respiración.
- El estado de degradación afecta la calidad del humedal. Esto se refleja en menores niveles de carbono acumulado en el suelo. Las medicio-

nes de carbono total entregan una buena estimación del grado de degradación, siendo las concentraciones determinadas propias de suelos agrícolas perturbados.

- La alta fluctuación de valores de otoño y primavera indicaría que existe un gran potencial de carbono para ser emitido y no secuestrado. La estimación del nivel de secuestro de carbono a nivel del suelo requiere asociar mejor los niveles de flujos con las fluctuaciones de espejo de agua.
- La fluctuación de las mediciones de gases a nivel de la torre y la alta variabilidad entre los distintos ecotipos asociados al humedal indicarían que sería necesario evaluar respiración a nivel del suelo en periodos más prolongados. Esto debiese ir acompañado de mediciones del tipo de carbono acumulado o en descomposición a nivel del suelo. 