



2010

Informe de Avance Proyecto de Medición de Flujos de Carbono en Humedal El Name



INDICE

INFORME DE AVANCE PROYECTO DE MEDICIÓN DE FLUJOS DE CARBONO EN HUMEDAL EL NAME

1. INTRODUCCION	3
2. ANTECEDENTES GENERALES	4
3. AREA DE ESTUDIO	5
4. METODOS	7
5. RESULTADOS	13
6. DISCUSION	20
7. CONCLUSION	22
8. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	22

1. INTRODUCCION

El presente informe ha sido preparado por el Centro de Cambio Global, CCG, de la Pontificia Universidad Católica de Chile, para la empresa Arauco S.A. en el marco de la solicitud establecida por Arauco en Febero del 2010.

El objetivo general de la actividad es potenciar y obtener mayor cantidad de informacion sobre el potencial de secuestro de carbono que presente un humedal como el del Name. Especificamente, los recursos entregados por Arauco al CCG permitieron realizar actividades tendientes a evaluar en una primera etapa especificamente:

1. Flujos de carbono por un período de 6 días en un punto seleccionado en la parte norte del humedal.
2. Estimaciones de contenido de carbono en zonas de suelos con períodos de saturación hídrica generadas por crecidas en el espejo del agua del humedal.
3. Determinar tipologías vegetacionales dominantes en las zonas de influencia del humedal.
4. Características químicas del suelo (pH, nitrógeno y carbono) para las diferentes tipologías identificadas en el área de influencia del humedal.
4. Determinar cobertura de espejo de agua a comienzos de Abril del 2010.

El cronograma inicial propuesto para la ejecución de estas actividades debió ser modificado debido al terremoto del pasado 27 de Febrero 2010.

Etapas del Estudio	AÑO 2010																																							
	Feb				Marzo				Abril				Mayo				Junio				Julio				Agosto				Sep				Oct.				Nov.			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
1. Identificación área de estudio																																								
2. Ajuste Metodología y Recopilación Antecedentes																																								
3. Etapa de Terreno medición de flujo de C																																								
4. Etapa de Terreno medición carbono en Suelo																																								
5. Análisis de imágenes y metodología monitoreo																																								
5. Análisis y procesamiento de Datos																																								
6. Preparación y Elaboración de Informes																																								

Antecedentes Generales

Los humedales constituyen un recurso natural de notable importancia cultural, económica y de biodiversidad. Según la convención RAMSAR un humedal es una zona de la superficie terrestre que está temporal o permanentemente inundada, regulada por factores climáticos y en constante interrelación con los seres vivos que la habitan. Los humedales pueden ser encontrados en casi todas las zonas climáticas, desde los trópicos a la tundra. A nivel mundial estos ecosistemas ocupan un área entre 7 y 10 millones de km² que representan 6-8% de la superficie total terrestre.

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 controla la transferencia de carbono entre la atmósfera y la litosfera (océanos y suelo). El dióxido de carbono (CO₂) atmosférico se disuelve con facilidad en agua, formando ácido carbónico que ataca los silicatos que constituyen las rocas, resultando iones bicarbonato, los cuales una vez disueltos en el océano, son asimilados por los animales para formar sus tejidos, y tras su muerte se depositan en los sedimentos, el retorno a la atmósfera se produce en las erupciones volcánicas tras la fusión de las rocas que lo contienen. Este último ciclo es de larga duración, al verse implicados mecanismos geológicos. Además, hay ocasiones en las que la materia orgánica queda sepultada sin contacto con el oxígeno que la descomponga, produciéndose así la fermentación que lo transforma en carbón, petróleo y gas natural.

Una de las funciones más importantes de la biosfera, es la captura del CO₂ por diferentes elementos que componen la biosfera. El aumento del CO₂ en la atmósfera por causas antropogénicas ha provocado un aumento 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 varían con una serie de factores como la topografía, la posición fisiográfica del humedal, el régimen hidrológico, la temperatura y humedad del suelo, el microclima, pH, salinidad y 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 (IPCC 2001; Bernal, 2008).

En este informe, se presentan los resultados de una campaña de medición de flujos de dióxido de carbono (CO₂) y stock de carbono en suelo de un Humedal de importante valor en términos

de biodiversidad de flora y fauna, El Name. A través de un análisis exploratorio de los datos colectados, se analiza y discute, de manera preliminar, el potencial de captura de carbono de este ecosistema.

ÁREA DE ESTUDIO

La Ciénaga del Name se ubica en la séptima región del Maule, a unos 40 Km al sureste de Talca, y a unos 20 Km al noroeste de Cauquenes (Figura 1).

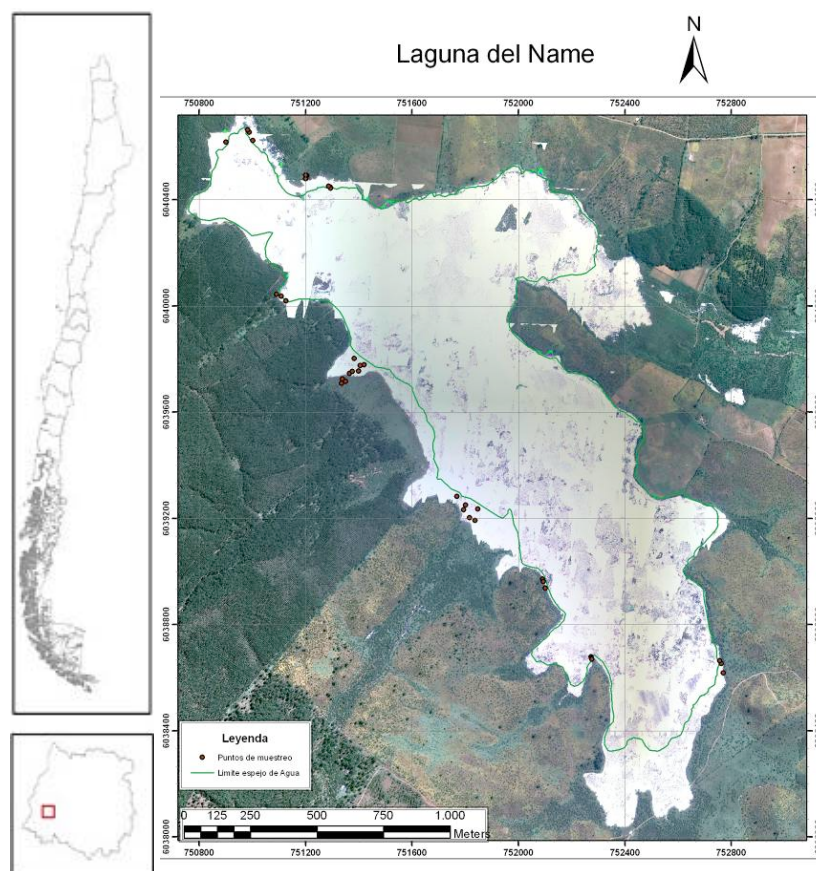


Figura 1. Ubicación del área de estudio dentro para evaluación de flujos de carbono y contenido de carbono en el suelo.

Las precipitaciones de la zona son en promedio 676 mm (di Castri and Hajek, 1976) y son principalmente de origen frontal y concentradas en invierno. El total de las precipitaciones entre mayo y agosto alcanza al 70% a 75% del total anual. Entre los meses de Octubre y Marzo ocurre la estación seca en que llueve menos de 40 mm. mensuales. En el invierno se presentan intensas nevazones en la cordillera que se constituyen en importantes reservas hídricas para la

temporada estival y definen el desarrollo de los sistemas fluviales de la zona. Las temperaturas medias anuales varían entre unos 13º y 15º C (Dirección Meteorológica de Chile).

Las Ciénagas del Name corresponden a un cuerpo somero, con profundidades máximas establecidas en el orden de los 180 cm y predominio de zonas de profundidad menor a los 50 cm (Figura 2). En estudios previos entregados por Arauco S.A. se estableció que la laguna tiene una mayor profundidad en el extremo sur y un vertedero en el extremo norte por donde temporalmente evacua las agua (CEA, 2007-2009).



Figura 2. Ciénaga del Name.

VEGETACIÓN

En el área de las Ciénagas del Name es posible identificar Matorral Espinoso del Secano Interior y el Bosque Caducifolio Maulino (Gajardo, 1993). También ha sido clasificado como Bosques Esclerófilos y Roble – Hualo (Donoso, 1981). La especie dominante en el matorral espinoso de secano es la *Acacia cavens*. También en el área continua a las ciénagas es posible encontrar vegetación ripariana compuesta principalmente por especies de las familias Juncaceae, Cyperaceae y Salicaceae (Figura 3).



Figura 3. Vegetación dominante en el área de estudio. Los juncos (izquierda) presentan condiciones semi-permanentes de saturación de agua. Los espinos (derecha) solo presentan condiciones esporádicas de saturación.

MÉTODOS

El día 23 de Febrero del 2010 se realizó una visita a la Ciénaga del Name para identificar área de estudio, zonas de medición y ubicación de la torre de medición de flujos. La campaña de actividad en terreno se llevó a cabo entre los días 6 y el 14 de Abril del 2010. La estimación de flujos de CO_2 se realizó mediante la técnica de Eddy Covariance (EC), en tanto que el stock de carbono en suelo fue determinado a partir de toma de muestras de suelo a diferente y medición de densidad aparente en las zonas inundables afectadas por el espejo de agua del humedal.

METODOLOGÍA PARA ESTIMACIÓN DE FLUJOS DE CARBONO

Dentro de las metodologías de cuantificación de intercambio gaseoso entre ecosistemas y atmósfera se identifican dos corrientes principales, la estimación mediante cámaras cerradas y el método de “Eddy Covariance”. En este estudio se utilizó, el segundo método mencionado, considerando las ventajas que este ofrece, como técnica de cuantificación de intercambio de CO_2 a nivel de ecosistema.

La metodología de “Eddy covariance” se ha utilizado ampliamente para la medición de flujos de gas y energía en la capa límite (Baldocchi *et al.*, 2001; Baldocchi, 2003; 2008; Smith, 2003), y se basa en la generación de flujos turbulentos que ocurren en la atmósfera por la rugosidad del territorio. Este método evalúa las covarianzas entre flujos verticales de “eddies” correspondientes a pequeños paquetes de aire que contienen una sustancia en particular.

La medición de los flujos es realizada en la capa límite de la atmósfera. La capa límite de la atmósfera (Atmospheric Boundary Layer), se define como la capa inferior de la atmósfera que está en contacto directo con la superficie terrestre, donde ocurren procesos y reacciones en períodos menores a una hora y tienen efecto en una distancia menor a 100 km de donde se originó la reacción (Smith, 2003). Debido a que las reacciones en la capa límite atmosférica son continuas, y que presentan una gran variabilidad temporal, es que las mediciones de los “eddies” deben realizarse a una alta frecuencia (5-20 Hz).

El instrumental básico de una estación de “Eddy Covariance”, está compuesto por un anemómetro sónico tridimensional, un medidor de concentraciones de gas, y una termocupla. El anemómetro sónico utilizado para medir los flujos turbulentos, modelo Young 8100, mide la velocidad y dirección del viento a través de una onda sónica, dado que la velocidad de propagación del sonido depende de la velocidad del viento, lo que se mide en este caso es el tiempo que demora una señal de sonido en atravesar una distancia conocida, este intervalo de tiempo está relacionado con la velocidad del viento en la dirección entre el emisor y el receptor. En tanto que la concentración de gases fue medida con un Sensor modelo LICOR 7500, el cual mide la concentración de gases en el aire mediante ondas de infrarojas las cuales varían entre el emisor y el receptor, según la concentración del gas en el aire.

La técnica de Eddy Covariance (EC) ha sido extensamente utilizada para la estimación de flujos turbulentos a nivel de ecosistemas. En el cuadro 1 se presentan las principales ventajas y desventajas asociadas a esta técnica, donde se puede apreciar que en un análisis global de la metodología, las desventajas son despreciables dado la gran exactitud y validación científica de esta técnica.

Cuadro 1. Ventajas y Desventajas de la medición de flujos por el método de “Eddy Covariance”.

Ventajas	Desventajas
• Determina los flujos de gases específicos para ascenso y descenso. • Considera las variaciones instantáneas de la concentración de gases. • No altera el medio de medición para estimar concentraciones y flujos. • La estación es automática y no requiere de campañas de terreno intensivas para registrar datos.	• EC no registra flujos respiratorios en noches sin viento. (Sun <i>et al.</i>, 2008). • Existen pérdida de datos o errores de medición que pueden ocurrir por calibración, transferencia de archivos, precipitación, falla de equipos y viento débil (Wilson <i>et al.</i>, 2001). • EC no proporciona un cierre preciso de los flujos energéticos, relevante para evaluar flujos de calor latente LE (Wilson, <i>et al.</i> 2002). • Costo económico de estaciones de monitoreo

La torre fue ubicada en la parte norte del humedal (Figura 4) de manera de capturar los vientos predominantes que serían en dirección sur-norte¹. La torre se posicionó en un margen del humedal en una zona rodeada de juncos y vegetación característica del humedal (Figura 4 y 5). El humedal se encuentra rodeado de plantaciones de pino radiata, las cuales por su altura pueden generar una influencia significativa en las mediciones de la estación, de este modo las mediciones realizadas corresponden a un ecosistema mixto de humedal y plantación de pino.

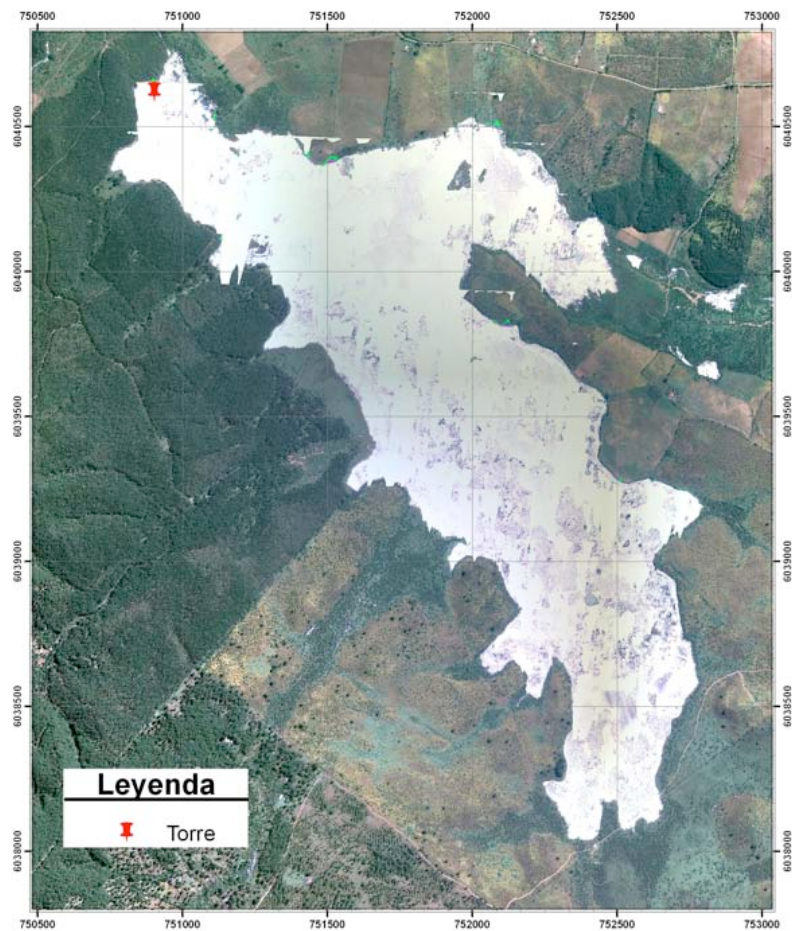


Figura 4. Mapa de Ubicación de Torre “Eddy Covariance” en la zona de estudio, Abril 2010.

¹ Esta información no está validada por datos meteorológicos de la zona, si no corresponde a una aproximación en base a las características del paisaje, la topografía del terreno y la información entregada por personas de la localidad.



Figura 5. Fotografía posición de la torre desde ángulo de observación norte-sur (izquierda) y este-oeste (derecha), Abril 2010.

Adicionalmente la torre de medición, contó con sensores de flujo de calor en el suelo, Radiación Neta y Radiación PAR, los cuales permiten la validación y análisis de los datos de flujo medidos por la técnica de Eddy Covariance.

PROCESAMIENTO DE LOS DATOS

Los datos fueron almacenados por un Datalogger modelo Campbell CR5000, calculándose los promedios de flujos cada 30 minutos. Los datos obtenidos fueron filtrados bajos los estándares sugeridos por la literatura, eliminándose del registro aquellos datos que por errores de medición estuviesen sub o sobre-estimando el flujo esperado. Posteriormente, se desarrolló un modelo de regresión simple para estimar el flujo de CO₂ mediante datos de temperatura y Radiación Fotosintéticamente Activa (PAR, por sus siglas en inglés), el cual fue utilizado para rellenar la serie de datos en aquellos puntos donde las mediciones no eran confiables.

Considerando la relación existente entre Flujo de CO₂ y las variables de PAR y temperatura, se desarrollo un modelo estadístico para estimar el flujo anual de CO₂ del humedal. Para esto se utilizó información climática de referencia y se simuló el comportamiento de la radiación solar y su valor PAR en todo un año en condiciones idealizadas. En base a datos climáticos de la estación meteorológica de Curicó, se determinó el valor de radiación PAR y temperaturas para el humedal, los cuales se utilizaron para determinar los flujos diarios de CO₂ en base al modelo de regresión ajustado con los datos de la campaña de medición. Este análisis preliminar busca cuantificar los flujos netos anuales sobre la base de las funciones de respuesta ajustada. Su valor es sólo referencial ya que es posible que las tasas de fotosíntesis neta sean distintas en otros momentos del año.

METODOLOGÍA PARA MEDICIÓN DE CARBONO SECUESTRADO EN SUELOS

El muestro de carbono en el suelo se realizó de acuerdo a las distintas asociaciones vegetacionales existentes en el área inundable del humedal de manera de determinar la influencia del área de espejo de agua en la fijación de carbono. El día 11 de Abril se refenció el borde del espejo de agua utilizando un GPS.

La definición de ecotipos se realizó utilizando imágenes satelitales y verificadas en terreno. Se georeferenciaron los limites de cada zona y se procedio a muestreo de suelo en cada uno de ellos. El muestro de suelo se realizó a dos profundidades (0-20 y 20-40 cm) en lugares donde se reconocieron marcas de inundación (Figura 6). El objetivo de las muestras era determinar la densidad del suelo y su composición en carbono de manera de extrapolar al contenido total asociado acada ecotipo afectado por el espejo del agua del humedal.

El muestreo de suelo se realizó a partir de una muestra compuesta de 5 submuestras dentro de cada ecotipo diferenciado. Las muestras fueron obtenidas utilizando un barreno y un martillo de medición de densidad. Una vez obtenidas, fueron almacenadas en frío a una temperatura promedio de 4 °C. Todas las muestras fueron llevadas al Laboratorio de Suelo de la PUC y puestas a secar por 72 horas a 50°C. Las muestras fueron analizadas para Carbono y Nitrógeno Total por combustión utilizando un analizador LECO. El pH del suelo fue analizado al agua (2:1). Para cada sector identificado se realizó un análisis textural. Los promedios de los contenidos de C y N en el suelo fueron analizados utilizando SAS 9.1 para comparación de promedios entre las distintas unidades.



Figura 6. Proceso de toma de muestras y medición de densidad aparente en distintas asociaciones vegetacionales dentro del humedal, Abril 2010.

RESULTADOS

FLUJOS DE CARBONO CIENAGA DEL NAME

Los resultados obtenidos a partir de la campaña de medición realizada, muestran que los flujos de CO_2 para este ecosistema estarían por debajo de los flujos observados típicamente en ecosistemas mediterráneos, homologables al clima donde se encuentra este humedal. Pese a lo anterior, los datos muestran claramente la relación entre PAR y Flujo de CO_2 , siendo consistente con lo esperado puesto la energía disponible es uno de los principales factores que regulan el proceso de fotosíntesis. En la figura 7 se observa que el punto de saturación para el proceso de fotosíntesis se encuentra en torno a los 900 (mmol/m^2) de PAR, siendo superada largamente este valor a la hora de máxima radiación, por lo que la intensidad de radiación no sería el principal factor limitante en este caso, ni tampoco la falta de agua, pues la zona se encontraba en condiciones de saturación de agua en el suelo.

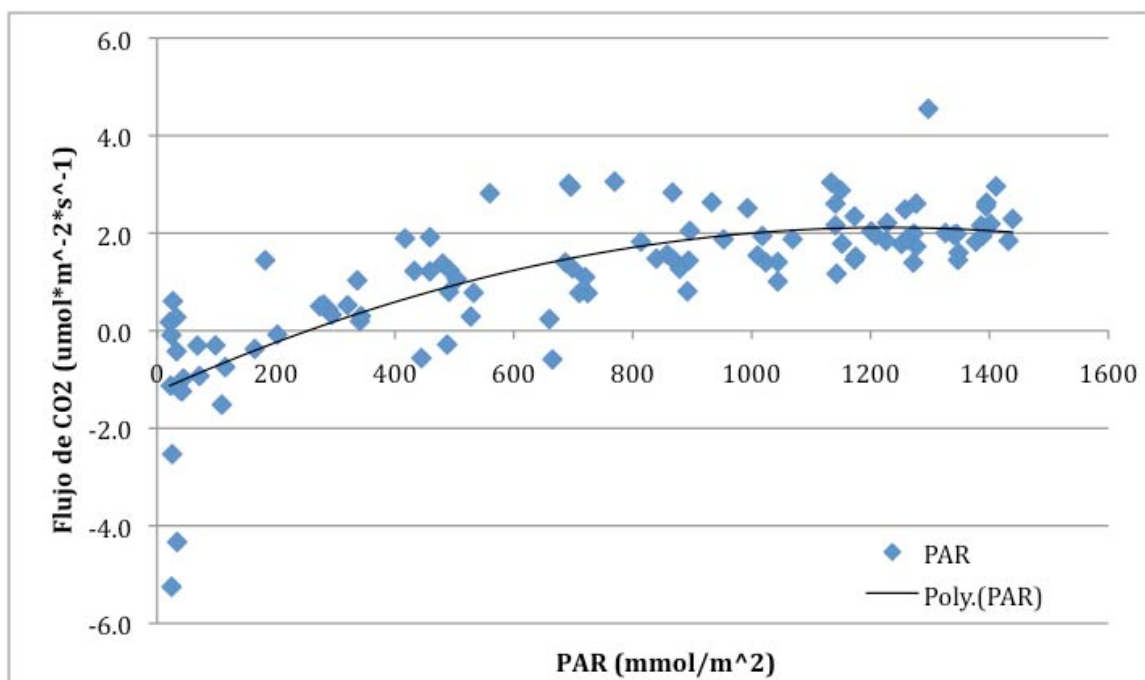


Figura 7. Gráfico de Eficiencia Fotosintética.

El análisis de regresión realizado muestra que existe un flujo de CO₂ el cual puede ser explicado en cerca de un 61% por un modelo construido a partir de datos de PAR y temperatura. El aporte que cada una de las variables del modelo estimado serían significativas. De este modo el Flujo de CO₂ (F) podría ser estimado a partir de la ecuación 1.

$$F = -1,39 - 2.2E-06 \times PAR^2 + 5.4E-03 \times PAR + 1.2E-02 \times Temperatura \text{ (Ec.1)}$$

ANÁLISIS DE REGRESIÓN PARA ESTIMAR MODELO ANUAL

Los resultados del análisis de regresión practicado a los datos recolectados en la campaña se muestran a continuación. En ellos es posible apreciar el altísimo nivel de significancia que tiene las relaciones empleadas, descartándose la hipótesis nula de una ausencia de influencia de la radiación fotosintéticamente activa y de la temperatura sobre la fotosíntesis neta del ecosistema.

Estadísticas de la regresión								
Coeficiente de correlación múltiple	0.79							
Coeficiente de determinación R^2	0.62							
R^2 ajustado	0.61							
Error típico	0.91							
Observaciones	107.00							
ANÁLISIS DE VARIANZA								
	Grados de libertad	Suma de cuadrados	Promedio de los cuadrados	F	Valor crítico de F			
Regresión	3	142.07	47.36	57.00	0.00			
Residuos	103	85.57	0.83					
Total	106	227.64						
	Coeficientes	Error típico	Estadístico t	Prob.	Inferior 95%	Superior 95%	Inferior 95.0%	Superior 95.0%
Intercepción	-1.4E+00	3.8E-01	-3.7E+00	4.1E-04	2.1E+00	-6.4E-01	-2.1E+00	-6.4E-01
PAR	5.4E-03	7.7E-04	7.0E+00	2.3E-10	3.9E-03	6.9E-03	3.9E-03	6.9E-03
PAR²	-2.2E-06	5.1E-07	-4.3E+00	4.2E-05	-3.2E-06	-1.2E-06	-3.2E-06	-1.2E-06
Temperatura	1.2E-02	2.5E-02	4.7E-01	6.4E-01	-3.7E-02	6.1E-02	-3.7E-02	6.1E-02

A partir del análisis de regresión realizado se relleno la serie de datos obtenida en terreno, que fue previamente filtrada, para asegurar una adecuada estimación de los flujos del humedal. En la serie diaria (figura 8) se indica como la mayor absorción de CO₂ desde el ambiente es desarrollada por las plantas en presencia de luz, la cual es el principal factor limitante de la actividad fotosintética a escala diaria. A nivel diario, la tendencia es hacia un balance de flujo positivo, es decir, que en este ecosistema es mayor el CO₂ liberado por respiración que el capturado por fotosíntesis.

Se simuló la climatología diaria del humedal en base a datos climáticos de la Estación Meteorológica Curicó. Los datos de la simulación permitieron estimar un flujo anual de CO₂ a partir de datos agregados a escala diaria, la estimación realizada muestra, según se esperaba, un patrón cíclico de flujo vinculado a la radiación, donde el cálculo de Balance Neto de Carbono a Nivel Anual sería negativo, es decir, el Ecosistema sería una fuente de CO₂ hacia la atmósfera (Figura 9).

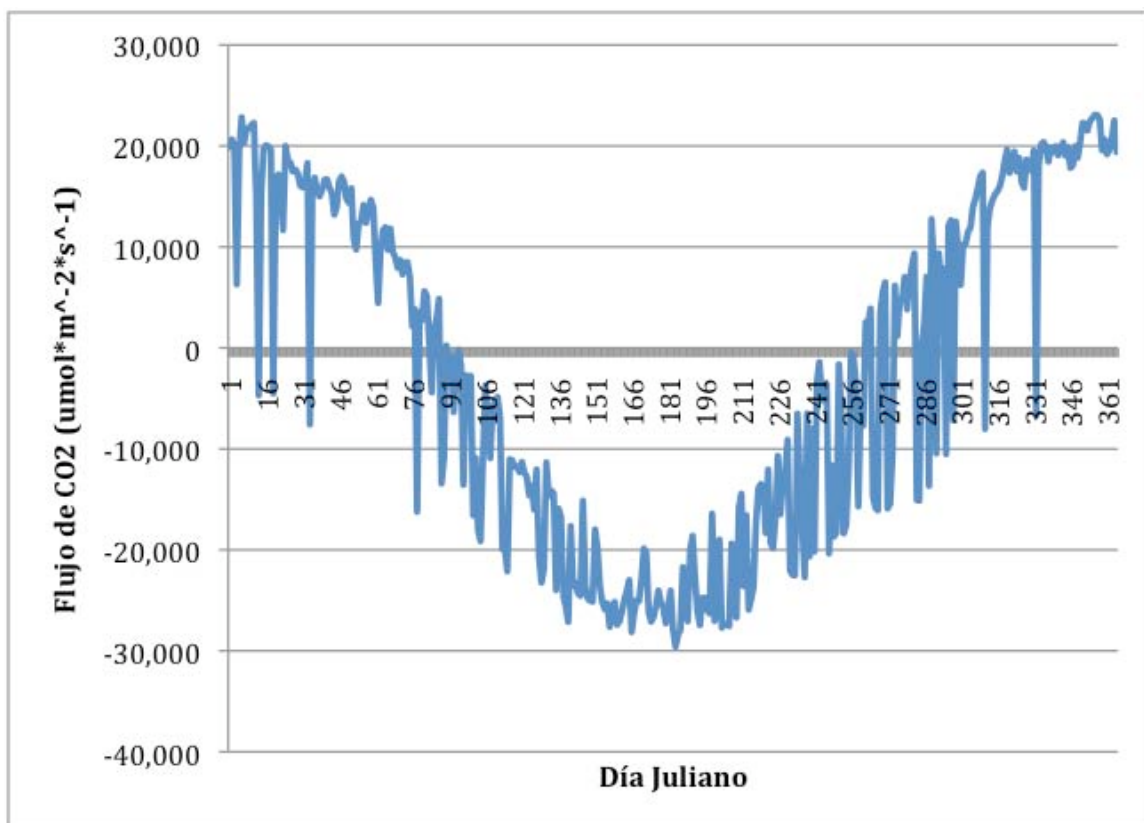


Figura 8. Comportamiento estacional simulado de los flujos de carbono desde Ciénaga del Name en función de la variación de la radiación solar y temperatura.

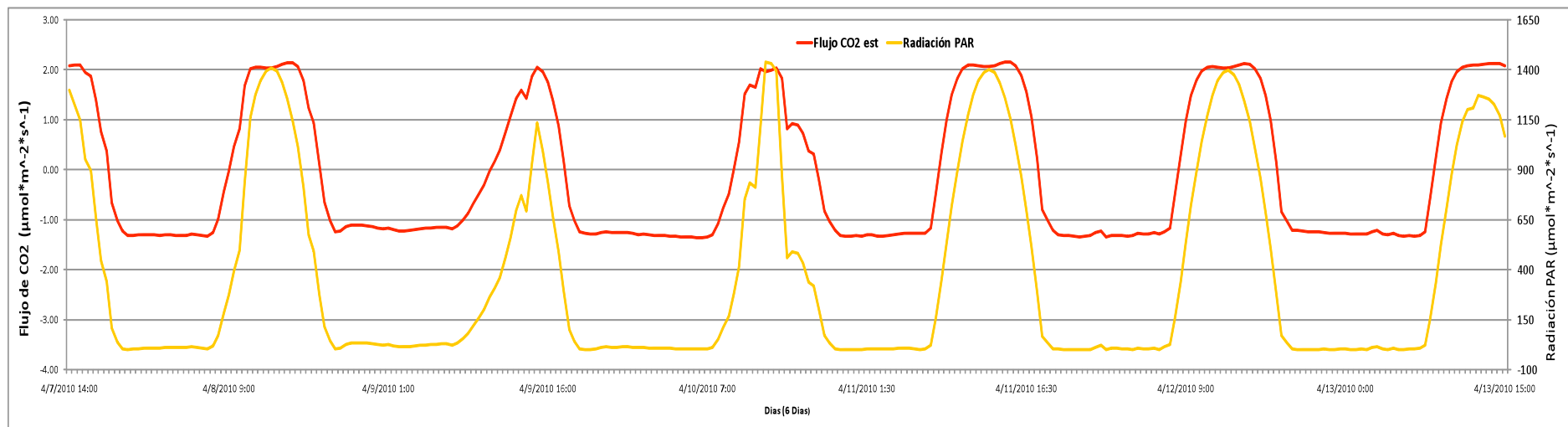


Figura 9. Serie de Datos de Flujo de CO₂ incluido datos de muestre y datos de relleno de la serie.

CONTENIDO DE CARBONO EN SUELOS

Identificación de formaciones vegetacionales

La Figura 10 indica la cobertura de espejo de agua al 11 de Abril del 2010. Los cuatro tipo de ecotipos diferenciados fueron los Juncos (dominado por juncasles), Sauce (dominado por sauces), los Espinales (dominados por Acacia Caven) y los de Transición entre juncasles y espinales (Figura 11). Las diferencias se producen por la influencia del agua, ya que los juncasles se encuentran principalmente en zonas de mayor saturación de agua y sometidas a la influencia del espejo de agua (Figura 10).

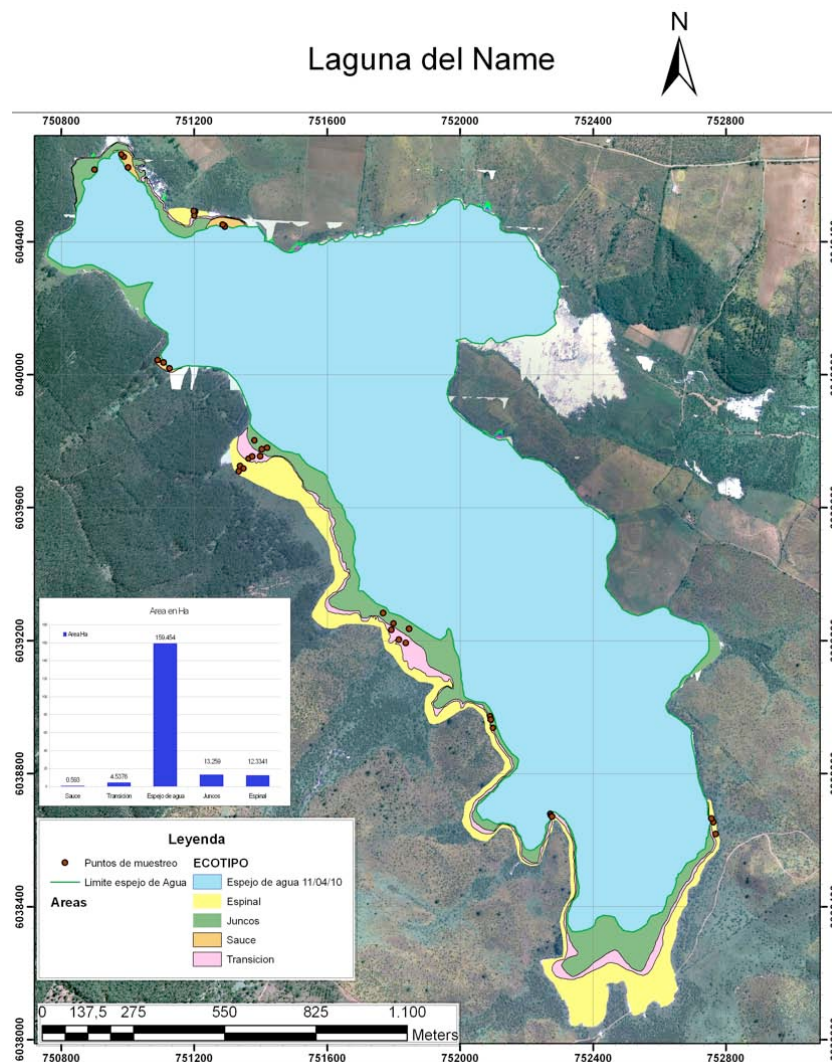


Figura 10. Mapa definición de tipo vegetacionales asociados al área de influencia de la Ciénaga del name. Puntos y áreas fueron georeferenciados durante los días 9 y 11 de Abril, 2010.



Figura 11. Asociaciones vegetacionales identificadas en la zona de influencia del humedal. Los tipos identificados son Espinal (superior izq), Juncals (superior der.), Transición (inferior izq.) y Sauce (Inferior der.)

Contenidos de Carbono y Nitrógeno según formación vegetal

Los suelos de la zona presentan en forma predominante textura franco arenosa, relativamente compactados y levemente ácidos con pH entre los 4.9 y los 5.8 (Cuadro 2).

Los suelos muestreados en las zonas de juncals y sauces presentan contenidos mayores de carbono en la superficie a diferencia del suelo muestreado en transición y en los espinales (Cuadro 2, Figura 12). Los contenidos de carbono en la capa superficial de suelo entre los 0-20 cm son significativamente mayores para todos los ecotipos diferenciados. Por otro lado, los contenidos de N en el suelo es mayor en las formaciones de espinales, especialmente entre los 20 y 40 cm de profundidad de suelo (Cuadro 2, Figura 13).

Cuadro 2. Resultados caracterización de suelo para las distintos tipos vegetacionales identificados en el área de influencia del humedal. Las muestras fueron obtenidas entre los 0-20 y 20-40 cm de profundidad. El carbono y nitrógeno total fue estimado en base a la profundidad de suelo y los valores respectivos de densidad aparente.

Tipo vegetacional	pH Suelo (2:1)		Densidad aparente (g/cm ³)		C total %		Carbono total (kg/ha)		N total %		Nitrogeno total (kg/ha)	
	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40	0-20	20-40
JUNCOS	5.15	5.77	1.35	1.38	1.59	0.55	42,733	15,404	0.20	0.14	5,369	3,743
TRANSICIÓN	5.69	6.21	1.41	1.32	1.11	0.60	30,793	14,983	0.16	0.15	4,551	3,537
ESPINAL	5.76	6.40	1.47	1.75	1.14	0.34	32,765	11,845	0.28	0.35	8,072	12,251
SAUCE	4.93	5.47	1.44	1.36	2.31	0.52	66,282	14,445	0.27	0.20	7,708	5,697

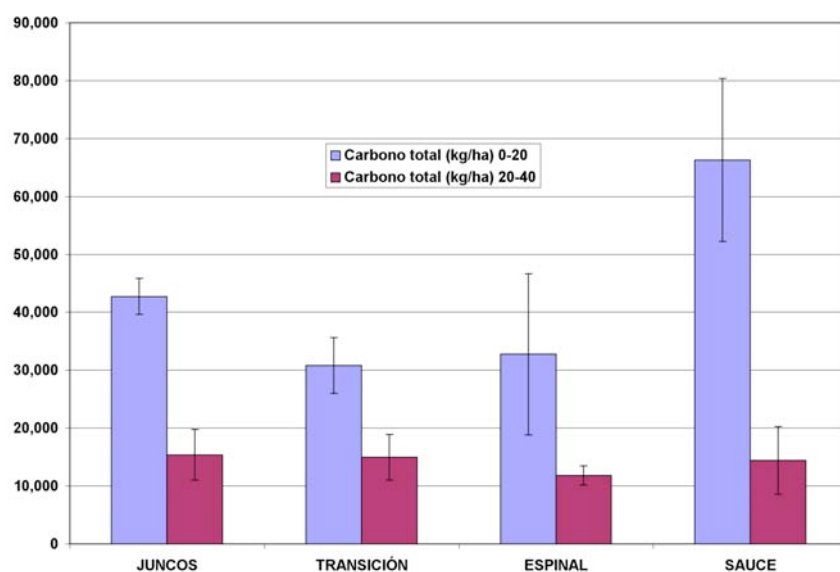


Figura 12. Carbono Total en el suelo estimado (kg/ha) para los distintos tipos vegetacionales encontrados en el área de influencia del humedal entre los 0-20 y los 20-40 cm de profundidad. Las barras indican error estandar.

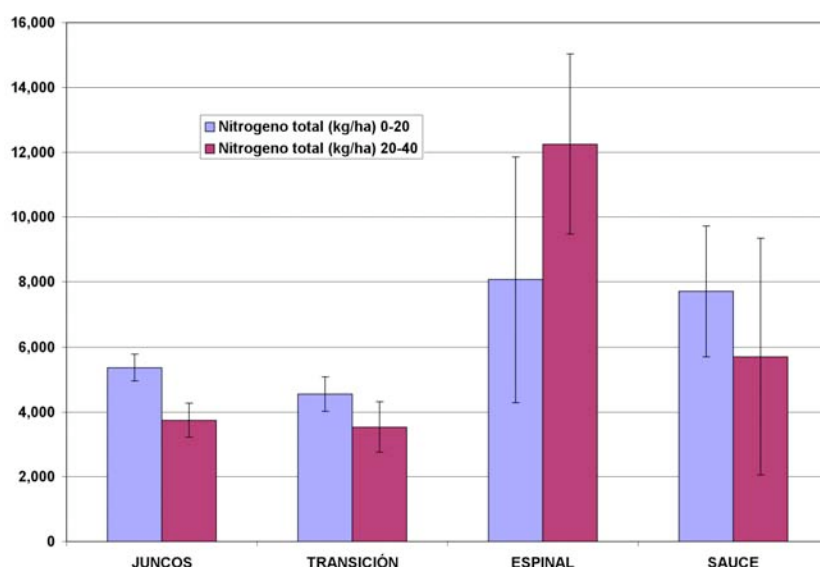


Figura 13. Nitrógeno Total en el suelo estimado (kg/ha) para los distintos tipos vegetacionales encontrados en el área de influencia del humedal entre los 0-20 y 20-40 cm de profundidad. Las barras indican error estandar.

DISCUSION RESULTADOS PRELIMINARES

En esta etapa preliminar de exploración de alternativas de cuantificación de flujos y secuestro de carbono en la Ciénaga del Name, encontramos resultados variables asociado a los distintos tipos de sistema que fue evaluado. Existe un claro potencial de secuestro de carbono asociado a este humedal dado por la presencia permanente de espejo de agua y por el tipo de vegetación y suelo existente. Sin embargo dado el tiempo de mediciones de flujo, la alta variabilidad en el paisaje, el grado de degradación de las zonas de influencia del humedal y los distintos usos existentes en las zonas aledañas al humedal limitan las conclusiones iniciales de este estudio específicamente asociado a la medición de flujos específicos del humedal.

Los humedales son un importante componente del paisaje terrestre con gran influencia sobre el ciclo global del carbono. Algunas estimaciones han determinado que estos ecosistemas contienen entre un 15-22% del carbono global terrestre (Eswaran *et al.*, 1995; Gorham, 1991) y contribuyen con un 15-20% de las emisiones de metano a la atmósfera a nivel global (Aselmann y Crutzen, 1989; Matthews y Fung, 1987). Los humedales afectan la dinámica del carbono de manera única, por ejemplo, el nivel del espejo de agua afecta la descomposición de la materia orgánica, la fotosíntesis realizada por las plantas y la producción y consumo de

metano (CH_4). El ciclo del carbono y las emisiones de CH_4 en ecosistemas de humedal se encuentran reguladas por una serie de interacciones entre suelo, agua y vegetación; por ejemplo, procesos hidrológicos tienen un gran impacto sobre las dinámicas térmicas del suelo, las cuales a su vez influyen en el crecimiento de plantas y la dinámica del Carbono en el suelo (e.g., descomposición, producción de CH_4 , y oxidación), el crecimiento de plantas afecta procesos hidrológicos a través de la evapotranspiración, y así se podría continuar describiendo las interacciones y/o mecanismos de retroalimentación presentes en estos ecosistemas (Zhang *et al.*, 2002).

Por otra, parte un balance del Ciclo del Carbono debiese considerar los flujos de Metano, los cuales son determinantes para evaluar el potencial de captura de Carbono de este ecosistema. En general, los flujos de metano no pueden ser estimados a partir de las mediciones de CO_2 , dado que se originan en procesos biológicos distintos a los que originan los intercambios de este gas, y su solubilidad en el agua y difusividad en la atmósfera es diferente, por lo que difícilmente existen relaciones adecuadas para aproximar sus dinámicas a partir de datos secundarios.

Los valores de contenido de carbono en el suelo corresponden a los esperados para la textura franco arenosa dominante en el sistema. La disminución en profundidad de los niveles de carbono acumulado en el suelo indican un bajo potencial de secuestro asociado a la profundidad de raíces de vegetación. Fuentes posibles de degradación como los niveles variables de agua producido por elementos antrópicos y la compactación asociado a la entrada de animales al área de influencia afectan directamente los contenidos de carbono en el suelo. Las muestras de suelo en terreno y la misma experiencia de campaña nos indican una alta variabilidad estacional en el espejo de agua del humedal que determina cambios sustanciales en los flujos de carbono en el área de influencia. Los contenidos de carbono y nitrógeno en el suelo asociado a las distintos tipo vegetacionales indican una actividad permanente de descomposición. Esta se ve incrementada en las zonas menos saturadas en los espinales donde los valores de nitrógeno en el suelo fueron mayores.

Considerando lo anterior, es que cualquier estudio de flujo de carbono en este ecosistema, debiese ser desarrollado en el largo plazo (1 año continuo al menos), de modo de monitorear las complejas interacciones que en estos se presentan, y que no pueden ser aproximadas de manera adecuada por ningún método de simulación climática. Niveles específicos de secuestro de carbono requieren monitoreo de cambios en las variables ambientales y su asociación a los

niveles de respiración y fijación de carbono por los microorganismos del suelo. Los altos contenidos de carbono en el suelo, indican un potencial de secuestro que debe ser evaluado de acuerdo a los niveles de permanencia en el sistema.

CONCLUSIÓN Y RECOMENDACIONES DE TRABAJOS FUTUROS

El Humedal El Name es un ecosistema con complejas interacciones, puesto la matriz de elementos que lo conforman (Espejo de agua, Juncas, Vegetación de Zonas Mediterráneas, Plantaciones de Pino Radiata, entre otras) sumada a la posición topográfica en que este se emplaza, configuran 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, para generar conclusiones certeras sobre las dinámicas del ciclo de carbono del Humedal. En este informe solo se presentaron solo resultados preliminares a partir de una Campaña de prospección del potencial de captura de Carbono de este ecosistema, los cuales no son concluyentes respecto de dicho potencial, aún cuando la tendencia es que este se comporte como una fuente de CO₂ hacia la atmósfera, que resulta consistente con los bajos niveles de carbono presente en el suelo.

El potencial de secuestro de carbono en el suelo debe ser profundizado de acuerdo a una especiación de los niveles de carbono activo y los niveles de carbono realmente secuestrado. La caracterización en terreno identificó una alta variabilidad estacional en los contenidos de agua los que pueden ser complementados y monitoreados a través del uso de imágenes satelitales de acuerdo a diversas experiencias reportada para este tipo de estudios.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aselmann, I., and P. J. Crutzen. 1989. Global distribution of natural freshwater wetlands and rice paddies, their net primary productivity, seasonality and possible methane emissions, *J. Atmos. Chem.*, 8, 307– 358.
- Baldocchi, D.D., Falge, E., Gu, L., Olson, R., Hollinger, D., Running, D., Anthoni, P.M., Bernhofer, C., Davis, K.J., Evans, R., Fuentes, J.D., Goldstein, A.H., Katul, G.G., Law, B.E., Lee, Z., Malhi, Y., Meyers, T.P., Munger, W., Oechel, W., Paw U, K.T., Pilegaard, K., Schmidt, H.P., Valentini, R., Verma, S.B., Vesala, T., Wilson, K.B. & Wofsy, S.C. 2001. FLUXNET: A new tool to study the temporal and spatial variability of ecosystem-scale carbon dioxide, water vapor, and energy flux densities. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 82: 2415–2434.

- Baldocchi, D. 2003. Assessing the eddy covariance technique for evaluating carbon dioxide exchange rate of ecosystem: past, present and future. *Global Change Biology*, 9:479-492.
- Baldocchi, D. 2008. TURNER REVIEW No. 15. Breathing of the terrestrial biosphere: lessons learned from a global network of carbon dioxide flux measurement systems. *Australian Journal of Botany* 56(1): 1-26.
- Eswaran, H., E. Van den Berg, P. Reich, and J. Kimble. 1995. Global soil carbon resources, in *Soils and Global Change*, edited by R. Lal et al., pp. 27– 43, CRC Press, Boca Raton, Fla.
- Gorham, E. 1991. Northern peatlands: Role in the carbon cycle and probable response to climate warming, *Ecol. Monogr.*, 1, 182– 195.
- IPCC. 2001. Fourth Assessment Report. Working Group II Report "Impacts, Adaptation and Vulnerability". Capítulo 13. Disponible en <http://www.ipcc.ch/ipccreports/ar4-wg2.htm>
- Matthews, E., and I. Fung. 1987. Methane emission from natural wetlands: Global distribution, area and environmental characteristics of sources, *Global Biogeochem. Cycles*, 1, 61–86.
- Schmidt, H. 2003. *Micrometeorology, Biosphere-Atmosphere Exchange*. Teachers Notes, Indiana University
- Sun, G., A. Noormets, *et al.* 2008. "Evapotranspiration estimates from eddy covariance towers and hydrologic modeling in managed forests in Northern Wisconsin, USA." *Agricultural and Forest Meteorology* 148(2): 257-267.
- Wilson, K. B., P. J. Hanson, *et al.* 2001. "A comparison of methods for determining forest evapotranspiration and its components: sap-flow, soil water budget, eddy covariance and catchment water balance." *Agricultural and Forest Meteorology* 106(2): 153-168.
- Wilson, K., A. Goldstein, *et al.* 2002. "Energy balance closure at FLUXNET sites." *Agricultural and Forest Meteorology* 113(1-4): 223-243.
- Zhang, Y., Ch. Li, C. Trettin, H. Li and G. Sun. 2002. An integrated model of soil, hydrology, and vegetation for carbon dynamics in wetland ecosystems. *Global Biogeochemical Cycles*, Vol. 16:1-18.