

# CICLO DE CARBONO EN LA ATMÓSFERA: EFECTO DE LAS VARIABLES METEOROLÓGICAS Y DEL SUELO EN UN ECOSISTEMA DE MARISMA

Nahuel Bautista<sup>1,\*</sup>, María Isabel Gassmann<sup>1,2</sup>, Claudio Pérez<sup>1,2</sup>

\*nbautista@at.fcen.uba.ar

<sup>1</sup> Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos. Buenos Aires, Argentina. Av. Intendente Güiraldes 2160, Piso 1, Pabellón Cero + Infinito, Ciudad Universitaria, C1428EHA, CABA, Argentina

<sup>2</sup> Comisión Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET). Buenos Aires, Argentina. Av. Godoy Cruz 2290, C1425FQB, CABA, Argentina

Palabras clave: Histéresis, Respiración del ecosistema, Producción primaria

## 1- INTRODUCCIÓN

La concentración de CO<sub>2</sub> en la atmósfera tiene un fuerte impacto en el clima global. Los principales procesos que explican el flujo neto de CO<sub>2</sub> en las superficies con vegetación natural (Net ecosystem Exchange; NEE) son la respiración (R<sub>eco</sub>) y la fotosíntesis (Gross Primary Productivity; GPP) (Bautista, 2020). Ambas dependen de cada sitio en particular (Baldocchi et al., 2018) y responden a forzantes, tanto de la atmósfera como del suelo. Los ciclos de histéresis son una herramienta útil para describir y analizar los tiempos de respuesta de los sistemas físicos frente a cambios en una variable, ya que el área del ciclo es proporcional al desfase. Los ciclos ocurren cuando una variable independiente  $x$  causa en una variable dependiente  $y$ , una respuesta de magnitud diferente cuando crece que cuando decrece (Niu et al., 2011). Teniendo en cuenta estos conceptos, este trabajo propone describir y analizar los ciclos de histéresis en el flujo de CO<sub>2</sub> incluyendo su división en respiración y fotosíntesis, durante las horas diurnas, en un ecosistema terrestre de marisma considerando variables del suelo y de la atmósfera.

## 2- METODOLOGÍA

Se utilizaron datos de flujo neto de CO<sub>2</sub> (NEE) medidos con la metodología de las covarianzas turbulentas (Bautista, 2020). El sitio de medición se ubicó en la marisma asociada a la albufera Mar Chiquita, Buenos Aires, Argentina (37° 42.171' S; 57° 25.152' O; 1 m.s.n.m.), 3.2 km al oeste de la costa del Mar Argentino. Complementariamente, se midió la temperatura y la humedad del aire a 1.5 m de altura (T<sub>a</sub>, RH), la temperatura del suelo (T<sub>s</sub>) a 0.005 m de profundidad y la radiación fotosintéticamente activa (PAR) a 2.1 m de altura. A partir de T<sub>a</sub> y RH se estimó el déficit de presión de vapor en el aire (VPD).

NEE representa el balance neto de CO<sub>2</sub> en el aire dado por los ingresos (R<sub>eco</sub>) y egresos (GPP) intercambiados con la superficie vegetada:

$$NEE = R_{eco} - GPP \quad (1)$$

Las superficies con valores negativos de NEE representan sumideros de CO<sub>2</sub> para la atmósfera, mientras que aquellas con valores positivos representan fuentes. Se utilizó el procesador REddyProc (Wutzler et al. 2018) para estimar la partición de NEE en sus componentes R<sub>eco</sub> y GPP. REddyProc utiliza el modelo de crecimiento exponencial de Lloyd

and Taylor (1994)(LL&T) para estimar  $R_{eco}$  a partir de  $T_a$  y GPP se calcula por diferencia a partir de la Ec. 1.

Se seleccionaron dos días como casos de estudio. Se consideraron un día soleado (18 de noviembre de 2018) con precipitación durante las 48 hs previas (28 mm) y uno soleado sin precipitación al menos durante las 48 hs previas (21 de noviembre de 2018). Para describir y analizar los ciclos de histéresis se graficaron los valores de los flujos de NEE,  $R_{eco}$  y GPP cada 30-min en función de  $T_a$ ,  $T_s$ , ( $T_a - T_s$ ), VPD y PAR.

### 3- RESULTADOS

NEE y GPP muestran ciclos de histéresis antihorarios y horarios con  $T_a$ ,  $T_s$ , ( $T_a - T_s$ ), VPD y PAR (Fig. 1).  $R_{eco}$  tiene un ciclo horario con  $T_s$  y uno antihorario con PAR pero en cambio, prácticamente no tiene ciclo con  $T_a$ , ( $T_a - T_s$ ) y VPD. Para variables positivas/negativas, un ciclo horario/antihorario, en nuestro caso indica que la variable dependiente crece/decrece con valores bajos de la independiente, mientras que decrece/crece con valores altos. Variables positivas con ciclo antihorario crecen/decrecen más lentamente/rápidamente que la variable independiente.

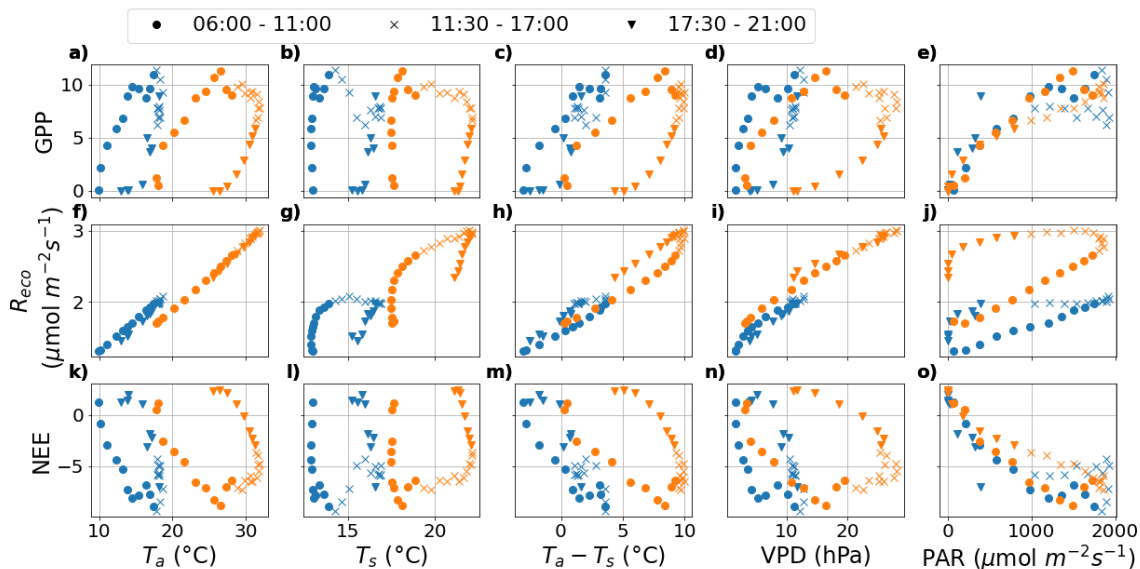


Figura 1: Flujos de NEE,  $R_{eco}$  y GPP vs las variables  $T_a$ ,  $T_s$ ,  $T_a - T_s$ , VPD y PAR para los días 18 (celeste) y 21 (naranja) de noviembre de 2018.

El máximo de GPP se alcanza antes que los máximos de  $T_a$ ,  $T_s$ , ( $T_a - T_s$ ) y VPD. PAR en cambio, adopta valores similares mientras crece o decrece por debajo de  $1000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$  y se separa aumentando la dispersión hasta 40% para un mismo valor de PAR al superar este umbral. GPP o la fotosíntesis aumenta rápidamente durante la mañana, frente a aumentos débiles de  $T_a$  y ningún aumento en  $T_s$ . Luego permanece prácticamente constante frente al aumento de ambas temperaturas, a lo largo de toda la tarde y decrece rápidamente cuando  $T_a$  y  $T_s$  alcanzan su valor máximo. Esto concuerda con la relación fotosíntesis-radiación que alcanza un valor de saturación distinto según el tipo fotosintético (C3 o C4), lo que explica la dispersión observada. En Mar Chiquita, dominan las plantas C4 (*Spartina densiflora* y *Sarcocornia ambigua*) mientras que las especies C3 codominan (Bautista, 2020). Ambas

producirían cierre de estomas entre las 10 y 17 h (hora local). Con VPD la respuesta es muy similar, posiblemente debido a que VPD aumenta con la temperatura del aire. No se observan cambios en los valores de GPP debido a la humedad del suelo, pero sí respecto de  $T_a$ ,  $T_s$  y VPD. Los ciclos son menores en todos los casos, indicando que GPP presenta mayores desfases con  $T_a$ ,  $T_s$  y VPD cuando el suelo está más seco. Con suelos húmedos,  $T_s$  supera a  $T_a$  durante varias horas del día.

$R_{eco}$ , varía linealmente con  $T_a$  debido a que LL&T utiliza esa variable para estimarla. Con  $T_s$  tiene un ciclo horario, donde el máximo de  $R_{eco}$  se alcanza junto con el de  $T_s$ . Este resultado estaría indicando que en Mar Chiquita  $R_{eco}$  está ligada tanto a la respiración de las plantas como a la respiración de la biota presente en el suelo. Posiblemente la contribución de esta última sea mayor, ya que los ciclos observados con  $T_s$  son mayores que con  $T_a$ . La variación antihoraria de  $R_{eco}$  con PAR indica que, la respiración diurna del ecosistema es más baja durante la mañana y aumenta considerablemente permaneciendo casi estacionaria a medida que PAR decrece durante toda la tarde. Esto se produce principalmente por el desfase que hay entre el máximo de PAR y los máximos de  $T_a$  y  $T_s$ . La respiración también es más intensa cuando el suelo está más seco independientemente de qué temperatura se considere ( $T_a$  y  $T_s$ ). Los ciclos de NEE son similares en su comportamiento, pero espejados, al observado para GPP. Como NEE tiene signo negativo durante el día (sumidero) y positivo durante la noche (fuente), su ciclo es antihorario con todas las variables.

#### 4- CONCLUSIONES

Las componentes del ciclo de carbono en la atmósfera (GPP,  $R_{eco}$  y NEE) presentan ciclos de histéresis con las variaciones de  $T_a$ ,  $T_s$ , VPD y PAR. Siendo que el área del ciclo de histéresis es indicativo del desfase en la respuesta de las variables respecto de los forzantes estudiados, se observa que los días con suelos más secos éste es mayor. GPP responde a PAR principalmente, pero se observa dispersión del nivel de saturación que responde a la composición de plantas C3 y C4 de la marisma.  $R_{eco}$  responde a las temperaturas del aire y del suelo, posiblemente con mayor contribución de la respiración del suelo que de las plantas.

#### 5- REFERENCIAS

- Baldocchi, D., Chu, H. and Reichstein, M., 2018:** Inter-annual variability of net and gross ecosystem carbon fluxes: A review. *Agricultural and Forest Meteorology*, 249, 520-533.
- Bautista, N. 2020:** Desarrollo de una técnica de relleno de datos para el cálculo de balance de dióxido de carbono en la marisma de Mar Chiquita, sudeste de Buenos Aires, Argentina. Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.
- Lloyd, J. and Taylor, J.A., 1994:** On the temperature dependence of soil respiration. *Functional ecology*, 315-323.
- Niu, S., Luo, Y., Fei, S., Montagnani, L., Bohrer, G.I.L., Janssens, I.A., Gielen, B., Rambal, S., Moors, E. and Matteucci, G., 2011:** Seasonal hysteresis of net ecosystem exchange in response to temperature change: patterns and causes. *Global Change Biology*, 17, 3102-3114.
- Wutzler, T., Lucas-Moffat, A., Migliavacca, M., Knauer, J., Sickel, K., Šigut, L., Menzer, O. and Reichstein, M., 2018:** Basic and extensible post-processing of eddy covariance flux data with REdDyProc. *Biogeosciences*, 15, 5015-5030