

FLUJOS DE CALOR INTERCAMBIADOS ENTRE UN ECOSISTEMA DE MARISMA SALADA Y LA ATMÓSFERA

Nahuel Bautista^{1,*}, María Isabel Gassmann^{1,2}

*nbautista@at.fcen.uba.ar

¹ 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

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

Palabras clave: Histéresis, balance de energía, suelo

1- INTRODUCCIÓN

En el sistema tierra-atmósfera, el balance radiativo en la superficie terrestre da lugar a un remanente de energía que debe ser redistribuido entre el suelo y la atmósfera a través de procesos moleculares y turbulentos, respectivamente, con transferencias de calor principalmente en la dirección vertical (Oke, 1987). Las componentes de esta partición energética contemplan a los flujos de calor latente (LE; proporcional a la evapotranspiración), calor sensible (H) y calor en el suelo (Q_{g_0}). Las condiciones atmosféricas y del suelo determinan cómo se distribuye la energía. 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 entre ellas, considerando variaciones con máximos y mínimos diarios. Los ciclos ocurren cuando el crecimiento de una variable independiente x causa una respuesta de magnitud diferente en una variable dependiente y que cuando decrece (Niu et al., 2011). Teniendo en cuenta estos conceptos, este trabajo se propone describir y analizar los ciclos de histéresis en los flujos de energía intercambiados entre una superficie con vegetación y la atmósfera, durante las horas diurnas, en un ecosistema terrestre de marisma considerando variables del suelo y de la atmósfera.

2- METODOLOGÍA

Se utilizaron datos de LE y H medidos con la metodología de las covarianzas turbulentas (Aubinet et al., 2012). El sitio de medición se ubicó en la marisma asociada a la albufera Mar Chiquita, Buenos Aires, Argentina ($37^\circ 42.171' S$; $57^\circ 25.152' O$; 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_a , RH), la temperatura del suelo (T_s) a 0.005 m de profundidad y la radiación fotosintéticamente activa (PAR), a 2.1 m de altura. A partir de T_a y RH se estimó el déficit de presión de vapor en el aire (VPD). A 0.1 m de profundidad se midió el flujo de calor en el suelo (Q_g). El flujo de calor del suelo en superficie (Q_{g_0}) se estimó considerando la siguiente expresión:

$$Q_{g_0} = Q_g + C_s \frac{\Delta T_s}{\Delta t} \Delta z \quad (1)$$

Siendo C_s la capacidad calorífica del suelo, dependiente de su humedad, Δt el tiempo entre mediciones (30 min) y Δz la profundidad a la que se mide Q_g . El suelo presentó períodos secos y húmedos, considerando valores de C_s de 3.2 y 4.02 MJ m⁻³ K⁻¹, respectivamente.

Se seleccionaron dos días como casos de estudio. Se consideraron un día soleado con precipitación durante las 48 hs previas (28 mm) y uno soleado sin precipitación durante al menos las 48 hs previas para describir y analizar los ciclos de histéresis obtenidos (18 y 21 de noviembre de 2018, respectivamente). Para ello se graficaron, para ambos días, los valores cada 30-min de los flujos LE, H y Q_{g_0} en función de T_a , T_s , $(T_a - T_s)$, VPD y PAR. Se considerarán suelos húmedos y suelos secos (primeros cm de suelo) acorde a si llovió o no en las 48 hs previas..

3- RESULTADOS

En la Figura 1 Q_{g_0} , LE y H tienen ciclos horarios con T_a , T_s y VPD en ambos días, indicando que los flujos crecen más intensamente cuando estas variables aumentan que cuando disminuyen. Los tres flujos alcanzan su máximo prácticamente en simultáneo con T_a . El máximo de Q_{g_0} resultó menor para el suelo húmedo que para suelo seco, mientras que para H ocurre lo contrario y para LE no se observan variaciones. En los tres flujos, el área del ciclo es mayor para el suelo seco, indicando que el desfase entre máximos es mayor para esas condiciones. Por otra parte, especialmente en Q_{g_0} pero también H, cambian la dirección de sus flujos a lo largo del día. El suelo húmedo entrega calor (Q_{g_0}) a la atmósfera entre el amanecer hasta bien avanzada la mañana y lo mismo ocurre por la tarde. Este efecto es menor con suelo seco. El aire entrega calor (H) a la superficie del suelo especialmente por la tarde, cuando T_a decrece, siendo más notorio cuando el suelo está seco que cuando está húmedo.

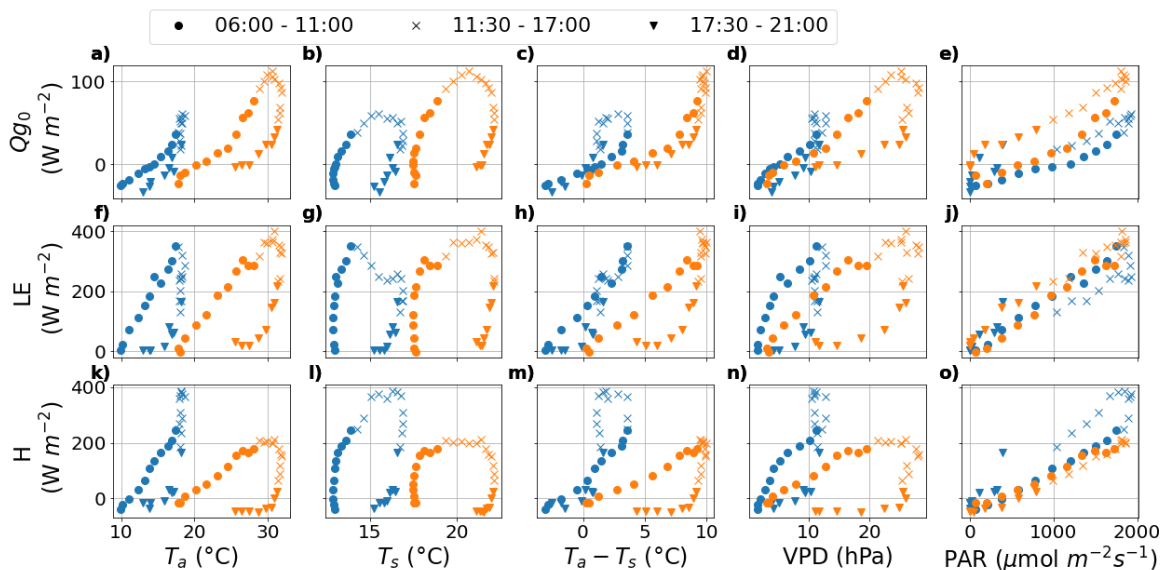


Figura 1: Flujos Q_{g_0} , LE y H vs las variables T_a , T_s , $T_a - T_s$, VPD y PAR para los días 18 (celeste) y 21 (naranja) de noviembre de 2018.

Los máximos en Q_{g_0} , LE y H ocurren antes de producirse el máximo de T_s . Crecen en magnitud aunque haya poco cambio en T_s , luego permanecen casi con valores constantes mientras T_s aumenta. Posteriormente decrecen por la tarde con poca variación en T_s . Los ciclos con $(T_a - T_s)$ se invierten para Q_{g_0} y H de acuerdo a si el suelo está húmedo (antihorario) o seco (horario), con un ciclo de histéresis reducido en tiempo en comparación con los demás. La respuesta de los tres flujos con VPD es similar al observado con T_a . LE

tiene el ciclo más intenso de los tres, y además es mayor para el caso de suelo más seco. Es notorio en LE la presencia de dos máximos relativos de evapotranspiración, muy posiblemente asociados a que el ecosistema tiene plantas C3 y C4 (Bautista, 2020).

Al considerar la variable PAR, los ciclos de Q_{g_0} fueron antihorarios en ambos días, mientras que los de LE y H tuvieron ciclos horarios para condiciones de suelo húmedo y seco, respectivamente, y ciclos antihorarios para condiciones de suelo seco (LE) y húmedo (H). Q_{g_0} es el flujo que mayor desfase presenta con PAR. Esto indica que la vegetación evapotranspiró a lo largo de ambos días de forma similar, a pesar de las diferencias en T_a observadas y que la humedad del suelo modula la partición energética entre los otros dos flujos (Q_{g_0} y H).

4- CONCLUSIONES

Los tres flujos analizados presentan ciclos de histéresis con las variables atmosféricas (T_a , VPD), siendo más intensos durante la mañana cuando éstas aumentan de valor. Para LE, las plantas tienen disponibilidad suficiente de agua en el suelo como para evapotranspirar acorde a la demanda de la atmósfera que aumenta con T_a y VPD, y por eso no se observan diferencias en la magnitud, a pesar de tener un suelo más húmedo uno de los días estudiados. El mayor aumento de LE durante la mañana está asociado a su vez a la relación entre la conductancia estomática y el forzante atmosférico en plantas mayoritariamente de tipo C4. Durante las primeras horas del día los estomas están abiertos, mientras que a cierta hora de la mañana, en general, reducen la apertura de estomas, limitando la evapotranspiración.

A pesar de la mayor disponibilidad de agua en el suelo para el 18/11, los Q_{g_0} son menos intensos que para el 21/11, si bien se debería esperar lo contrario. Sin embargo, la temperatura del suelo el día 18/11 fue mucho menor que la del 21/11, y como la conductividad térmica de suelos muy húmedos disminuye con la disminución de la temperatura, eso explica las diferencias observadas. Los ciclos antihorarios de Q_{g_0} con PAR, indican que durante la mañana los flujos de calor son menos intensos frente a una misma magnitud de PAR que durante la tarde. Esto se debe principalmente a que el excedente de energía radiativa es transportada mucho más eficientemente por la atmósfera como LE o H, que por el suelo. Luego, LE aumentó de valor mucho más rápido a medida que la radiación aumentaba que H cuando el suelo estaba más húmedo, pero ocurrió lo contrario cuando el suelo estaba más seco.

5- REFERENCIAS

Aubinet, M., Vesala, T. and Papale, D. eds., 2012: Eddy covariance: a practical guide to measurement and data analysis. Springer Science & Business Media.

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.

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.

Oke, T.R., 2002: Boundary layer climates. Routledge.