

CARACTERÍSTICAS DE LA EFICIENCIA DE ESTRUCTURAS COHERENTES PARA TRANSPORTAR PROPIEDADES SOBRE CULTIVOS

Lucia Curto^{1,2}, María I. Gassmann^{1,2}
lcurto@at.fcen.uba.ar

¹Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN, UBA)

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Palabras clave: capa límite atmosférica, flujos turbulentos, superficies cultivadas.

1) INTRODUCCIÓN

La interacción del aire con las superficies vegetadas, genera turbulencia, la cual se organiza en torbellinos o eddies denominados “estructuras coherentes” (CS, por sus siglas en inglés). Ellas transportan efectivamente cantidad de movimiento, calor y masa (Li y Bou-Zeid, 2011) a través de movimientos verticales ascendentes (eyecciones) y descendentes (hundimientos). Las CS presentan distintas topologías de acuerdo a la inestabilidad atmosférica. En condiciones inestables prevalecen las CS tipo “plumas térmicas”, eficientes en el transporte turbulento de calor y otros escalares. En condiciones más cercanas a la neutralidad, dominan las CS de tipo “hairpin vortices”, de naturaleza más bien horizontal, que transportan en conjunto cantidad de movimiento y escalares (Curto et al., 2022).

Por otro lado, la capa límite atmosférica se subdivide en distintas capas con características propias. La subcapa rugosa se desarrolla cuando la superficie tiene obstáculos altos y densos como cultivos, bosques o ciudades (Kadivar et al., 2021), con perfiles verticales típicos de una capa mezclada con gradientes muy intensos (Curto y Gassmann, 2022). Si la superficie es más suave, las características son de capa de superficie, con variaciones con la altura menos intensas, y donde los flujos son constantes con la vertical (Stull, 2012). La combinación de tipo de superficie y condiciones de inestabilidad da lugar a que pueda prevalecer un determinado tipo topológico de CS (Curto et al., 2022).

En este trabajo se presenta un análisis de los flujos turbulentos de cantidad de movimiento y calor sensible transportados por CS sobre dos tipos de cultivos. Se caracterizan las capas sobre las que se realizan las mediciones micrometeorológicas, acorde a la altura sobre el dosel y la estabilidad atmosférica.

2) METODOLOGÍA

Se realizaron mediciones agrometeorológicas durante los veranos 2011-2012 y 2012-2013, sobre cultivos de maíz y soja, respectivamente, en la Unidad Integrada Balcarce (37°45'S, 58°18'O). Semanalmente se midió la altura de los cultivos (h). Las componentes de viento y temperatura (T) se midieron con un anemómetro sónico (RM Young 81000, RM Young, Traverse City, MI, USA), con frecuencia de 20 Hz. Se utilizó una terna micrometeorológica para la velocidad horizontal (u) y la componente vertical del viento (w). Se trabajó con rondas de media hora de duración, y se seleccionaron solo aquellas con fetch sobre el lote cultivado

(direcciones de viento del sector NO-NE). Se calcularon las perturbaciones (u' , w' y T') y los desvíos estándar (σ_u , σ_w y σ_T) de las variables micrometeorológicas estudiadas.

Se consideraron rondas diurnas con turbulencia bien desarrollada. Para eso se definieron los valores umbrales para los flujos de cantidad de movimiento ($u'w'$) y calor sensible ($w'T'$) promedio: $\overline{u'w'} \leq -0,01m^2s^{-2}$ y $\overline{w'T'} \geq 0,01Kms^{-1}$, respectivamente. Se obtuvo la longitud de Obukhov (L) para clasificar las rondas según su condición de estabilidad en neutrales (N, $-0,05 < z/L \leq 0$), inestables (I, $-0,5 < z/L \leq -0,05$) y fuertemente inestables (FI, $z/L \leq -0,5$) (Stull, 2012).

Se calculó la eficiencia de los transportes turbulentos, definida como los coeficientes de correlación para cantidad de movimiento (r_{uw}) y calor sensible (r_{wT}), según las Ecuaciones 1.

$$r_{uw} = -\overline{u'w'}/\sigma_u\sigma_w; r_{wT} = \overline{w'T'}/\sigma_w\sigma_T \quad (1)$$

3) RESULTADOS

Se analizaron 3644 y 4209 rondas de media hora de duración, para maíz y soja respectivamente. De esas, 722 (maíz) y 1029 (soja) corresponden a viento del sector NO-NE. En maíz, el 112 y 336 de esas rondas presentan flujo $u'w'$ y $w'T'$ significativo, respectivamente. Solo 2 rondas de $u'w'$ corresponden a situaciones FI, la mayor cantidad de casos de transporte $u'w'$ se dan en condiciones N e I. Las rondas de transporte $w'T'$ se dan principalmente en situaciones FI (196, 58%). En soja, 674 y 444 rondas corresponden a transporte $u'w'$ y $w'T'$ significativo, con solo 6 casos de $u'w'$ y apenas 77 (17%) de los casos de $w'T'$ en FI. En maíz hubo mayor proporción de casos FI. En soja hubo más casos asociados a condiciones N e I, y la diferencia de casos entre flujo de cantidad de movimiento y calor sensible fue menor. Debido a las características de los cultivos (altura y densidad frontal), las mediciones sobre maíz se hicieron dentro de una capa rugosa mientras que las realizadas sobre soja tuvieron las características de una capa de superficie.

A medida que aumenta la inestabilidad, aumenta la eficiencia del transporte turbulento de temperatura y disminuye el de cantidad de movimiento (Figura 1), evidenciando una falta de similitud en la capacidad de la turbulencia para transportar estas propiedades.

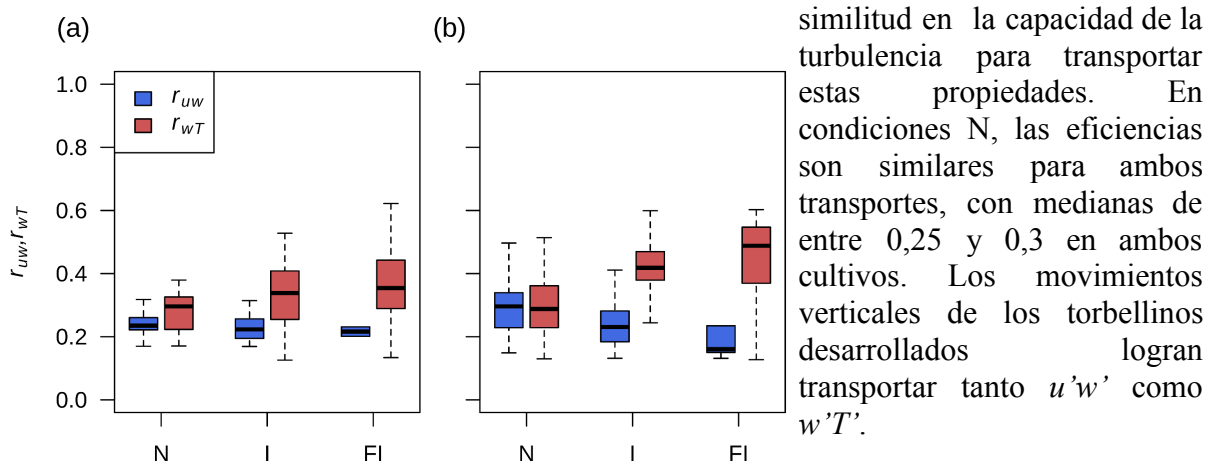


Figura 1: Eficiencia de transporte de cantidad de movimiento (azul, r_{uw}) y temperatura (rojo, r_{wT}), para los cultivos de maíz (a) y soja (b), para los regímenes de estabilidad neutral (N), inestable (I) y fuertemente inestable (FI).

En condiciones I, r_{uw} disminuye a 0,2 en ambos cultivos, mientras que r_{wT} asciende a 0,32 en

maíz y 0,4 en soja (mediana). En condiciones FI r_{uw} es menor a 0,2 en ambos cultivos, con poca dispersión por la menor cantidad de datos. Para r_{wT} los valores medianos son de 0,38 y 0,5 en maíz y soja, y con gran dispersión (Figura 1). A medida que aumenta la inestabilidad, aumenta la eficiencia del transporte de $w'T'$, mientras que disminuye el de $u'w'$. Dado que la eficiencia se mide a partir de la correlación de las variables, la disminución de r_{uw} se da por una decorrelación de esas variables turbulentas (i.e. eyecciones/hundimientos y viento horizontal). Estos resultados indican que bajo condiciones I o FI, las estructuras turbulentas transportan bien al calor sensible pero mal a la cantidad de movimiento, mostrando la disimilitud en los transportes turbulentos de estas propiedades.

4) CONCLUSIONES

Sobre maíz se dieron condiciones de subcapa rugosa, por mayor cercanía entre el sensor y la altura del cultivo ($z/h=2,8$). Se desarrollaron condiciones más inestables, con estructuras de

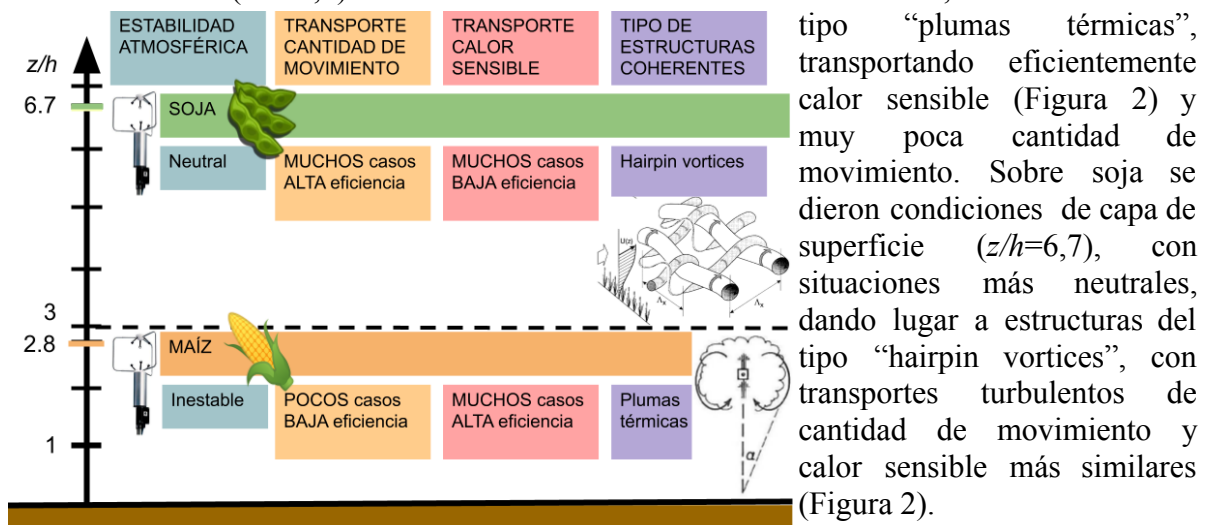


Figura 2: Esquema de las conclusiones del trabajo.

REFERENCIAS

Curto, L. y Gassmann, M. I., 2022: Wavelet analysis of coherent structures above maize and soybean crops. *Boundary-Layer Meteorology*. DOI: 10.1007/s10546-022-00705-w

Curto, L., Gassmann, M. I., Covi, M. y Tonti, N. E., 2022: Study of turbulence behavior above two different crops. *Agricultural and Forest Meteorology*. 322, 109012. DOI: 10.1016/j.agrformet.2022.109012

Kadivar, M., Tormey, D. y McGranaghan, G., 2021: A review on turbulent flow over rough surfaces: Fundamentals and theories. *International Journal of Thermofluids*, 10, 100077. DOI: 10.1016/j.ijft.2021.100077

Li, D. y Bou-Zeid, E., 2011: Coherent structures and the dissimilarity of turbulent transport of momentum and scalars in the unstable atmospheric surface layer. *Boundary-Layer Meteorology*, 140, 2, 243-262. DOI: 10.1007/s10546-011-9613-5

Stull, R. B., 2012: *An introduction to boundary layer meteorology*, Vol. 13, Springer Science & Business Media.

AGRADECIMIENTOS

Esta investigación fue financiada por los proyectos PICT 2018-02651 y PIP-CONICET 11220130100347CO. Lucia Curto posee beca Postdoctoral CONICET.