

# ESCALA TEMPORAL Y ESPACIAL DE LAS ESTRUCTURAS COHERENTES DE LA TURBULENCIA SOBRE DISTINTOS CULTIVOS

Lucia Curto<sup>1,2</sup>, María I. Gassmann<sup>1,2</sup>  
[lculto@at.fcen.uba.ar](mailto:lculto@at.fcen.uba.ar)

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN, UBA)

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

**Palabras clave:** capa límite atmosférica, estabilidad atmosférica, cantidad de movimiento, calor sensible.

## 1) INTRODUCCIÓN

La turbulencia atmosférica, que se da por interacción del aire sobre distintas superficies (vegetadas), se organiza en torbellinos conocidos como “estructuras coherentes” (CS, por sus siglas en inglés). Las mismas son responsables del transporte turbulento de propiedades como cantidad de movimiento, calor sensible y masa (Thomas y Foken, 2007), a través de movimientos verticales de aire intensos ascendentes (eyecciones) y descendentes (hundimientos).

La estabilidad atmosférica influye en la topología de las CS. En condiciones neutrales o débilmente inestables dominan los tipos “hairpin vortices”, con hundimientos más intensos, y de naturaleza más bien extendidas en la horizontal. En condiciones más inestables dominan las “plumas térmicas”, de estructura más bien vertical y con eyecciones vigorosas rodeadas de hundimientos más débiles (Curto y Gassmann, 2022).

Este trabajo tiene como objetivo caracterizar la escala espacio-temporal de las CS que transportan cantidad de movimiento y calor sensible, a través del análisis de mediciones micrometeorológicas. Se busca caracterizar las diferencias de las CS según su topología y acorde a la estabilidad atmosférica. Se busca también estudiar la diferencia de comportamiento de la turbulencia sobre dos tipos de cultivos distintos.

## 2) METODOLOGÍA

Se realizaron mediciones sobre dos cultivos ubicados en el mismo lote situado en la Unidad Integrada Balcarce (37°45'S, 58°18'O) en distintos años, maíz (verano 2011-2012) y soja (verano 2012-2013). Los datos micrometeorológicos de las componentes del viento horizontal ( $u$ ) y vertical ( $w$ ) (terna micrometeorológica) y de temperatura ( $T$ ) se obtuvieron con un anemómetro sónico (RM Young 81000, RM Young, Traverse City, MI, USA), ubicado a una altura de 5 m sobre el suelo ( $z$ ), a una frecuencia de 20 Hz. Dichos datos se separaron en rondas de media hora de duración para estudiar la turbulencia. Solo se consideraron rondas con viento medio ( $\bar{u}$ ) proveniente del sector del lote (fetch sobre el lote cultivado), las cuales correspondieron al sector NO-NE. Se obtuvieron las perturbaciones de las variables micrometeorológicas consideradas ( $u'$ ,  $w'$  y  $T'$ ). A su vez se llevó registro semanal de la altura de los cultivos ( $h$ ).

Se consideraron las rondas con turbulencia bien desarrollada. Para ello se tomaron valores umbrales de flujo de cantidad de movimiento ( $u'w'$ ) y calor sensible ( $w'T'$ ) promedio:

$\overline{u'w'} \leq -0,01 \text{ m}^2 \text{ s}^{-2}$  y  $\overline{w'T'} \geq 0,01 \text{ K m}^2 \text{ s}^{-1}$ . Dichas rondas se clasificaron de acuerdo a la estabilidad atmosférica en neutrales ( $N, -0,05 < z/L \leq 0$ ), inestables ( $I, -0,5 < z/L \leq -0,05$ ) y fuertemente inestables ( $FI, z/L \leq -0,5$ ), con  $L$  la Longitud de Obukhov (Stull, 2012).

Las series de  $u'$ ,  $w'$  y  $T'$  de cada ronda de datos se redujeron a una frecuencia de 1 Hz, para filtrar los torbellinos correspondientes al subrango inercial, y luego se aplicó la Metodología de Wavelets. Dicha metodología permite, a través de máximos valores de su varianza (VW, Varianza Wavelet), identificar la escala temporal característica de las CS en cada instante, con una metodología similar a la transformada de Fourier, pero para series no estacionarias (Gao y Li, 1993). A través del viento medio, y con la escala temporal obtenida de la VW, se pudo calcular una escala espacial asociada a las CS (Curto y Gassmann, 2020).

### 3) RESULTADOS

Del número inicial de rondas de datos disponibles (3644 y 4209 para maíz y soja, respectivamente), sólo se consideraron 722 (maíz) y 1029 (soja), correspondientes a viento del sector del lote. De esas, 112 y 336 rondas en maíz, y 674 y 444 en soja, presentan flujo  $u'w'$  y  $w'T'$  significativo, respectivamente. El transporte  $u'w'$  se da en condiciones N e I principalmente, con solo 2 (maíz) y 1 (soja) rondas correspondientes a FI. El transporte  $w'T'$  se da principalmente en situaciones FI, con 58% de los casos de maíz y 17% en soja. Comparando las situaciones de estabilidad atmosférica, sobre maíz se dieron más situaciones FI (en proporción), y sobre soja hay más situaciones N e I.

Del análisis de VW a las variables  $u'$ ,  $w'$  y  $T'$  de las rondas correspondientes a las covariaciones  $u'w'$  y  $w'T'$  significativas, las escalas temporales de las CS más frecuentes son las 0-50 s (menores a 1 min) y 350-400 s (6-7 min). Para las variables  $u'$  y  $T'$ , las más frecuentes son las de mayor escala (40-60% de los casos), seguidas en orden de importancia por las de menor duración (15-35% de los casos), mientras que para  $w'$  es a la inversa con 50-60% de 0-50 s, y 30% de los casos correspondientes a 350-400 s (Curto y Gassmann, 2022). Para condiciones FI no hubo estimación de  $u'$  debido a no haber casos de flujo  $u'w'$  significativo (sí de  $w'$  y  $T'$  por flujo  $w'T'$  significativo). En condiciones N hubo menos casos de CS de escalas intermedias (50-350 s) a las mencionadas previamente.

Cultivo	Estabilidad atmosférica	Viento medio	Escala temporal	Escala espacial horizontal
Maíz	Neutral	6,3 m s <sup>-1</sup>	48 s / 400 s	301 m / 2512 m
	Fuertemente Inestable	1,4 m s <sup>-1</sup>	44 s / 400 s	63 m / 576 m
Soja	Neutral	11,7 m s <sup>-1</sup>	41 s / 400 s	478 m / 4664 m
	Fuertemente Inestable	1,3 m s <sup>-1</sup>	41 s / 400 s	55 m / 532 m

Tabla 1. Escala espacial horizontal y escala temporal característica de las estructuras coherentes, con su valor de viento medio ( $\bar{u}$ ), según el cultivo y la estabilidad atmosférica.

La escala espacial horizontal de las CS se estimó a partir de los resultados de las escalas temporales obtenidas con VW, y los valores máximos de  $\bar{u}$  (Tabla 1). Para las CS de escala temporal de 400 s, las escalas espaciales son de entre 530 a 4600 m, aproximadamente (Tabla 1). Las CS de 40-50 s de duración presentan escalas espaciales de entre 50 a 500 m, aproximadamente. Las CS de mayor escala espacial corresponden a condiciones N en soja, y las menores corresponden a condiciones FI en maíz. Las condiciones I se corresponden a escalas espaciales intermedias (no mostrado).

#### 4) CONCLUSIONES

La estabilidad atmosférica fue el principal modulador de las diferencias en el comportamiento y tipo de CS de la turbulencia. Sobre maíz se dan condiciones más inestables, por mayor cercanía sensor/vegetación ( $z/h = 2,8$ ). Predominan las “plumas térmicas”, con menores valores de viento medio, favoreciendo el transporte de calor sensible por su estructura más vertical (Figura 1). Son de menor escala temporal (hasta 50 s), y menos extendidas en la horizontal, con escalas horizontales espaciales ( $10^1$  m). Sobre soja se dan condiciones más neutrales ( $z/h = 6,7$ ). Dominan los “hairpin vortices”, de mayor escala temporal (350-400 s), y alargadas en la horizontal ( $10^2-10^3$  m), que transportan cantidad de movimiento y calor sensible en conjunto (Figura 1).

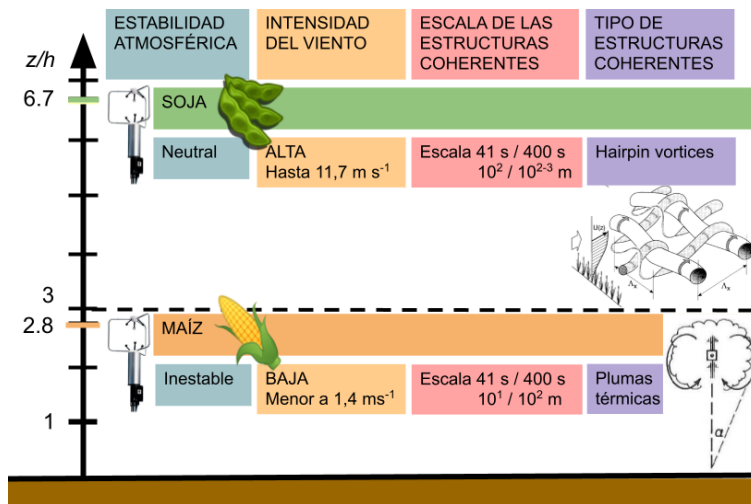


Figura 1: Esquema de las conclusiones del trabajo.

#### 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

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.