

CLIMATOLOGÍA DE LA CAPA LÍMITE ATMOSFÉRICA EN BUENOS AIRES: IMPACTO DE ENSO.

P. Ristori^{1,2}, J. Fochesatto¹, C. Flamant³, P. Drobinski⁴, M. Lavorato¹, P. Cesarano¹,
E. Quel¹, P. H. Flamant⁴

1 CEILAP (CITEFA-CONICET) Zufriategui 4380, 1603 Villa Martelli, Argentina

2 Universidad Nacional de General San Martín, San Martín, Argentina

pristori@citefa.gov.ar

3 Service d'Aéronomie, Université Pierre et Marie Curie, Francia

4 Laboratoire de Météorologie Dynamique, Ecole Polytechnique, Palaiseau, Francia.

flamant@lmdx04.polytechnique.fr

Se estudia la evolución temporal de la Capa límite Atmosférica (CLA) entre 1996 y 1998 en Buenos Aires en base a datos obtenidos mediante un lidar. Con el objeto de caracterizar su dinámica se calcularon series temporales de altura de la capa de mezclado y el espesor de la zona de entrainment a 1200ST. Por otra parte se presentan evidencias del acoplamiento de la dinámica de CLA con la gran escala atmosférica en el periodo 1997/1998 de máximo impacto regional de ENSO (El Niño Southern Oscillation). El conjunto de variables geofísicas utilizadas para evidenciar el acoplamiento son: la SST (Sea Surface Temperature) de la región Niño 3; la nubosidad total de Sud América, la radiación total integrada visible para Buenos Aires y la serie climatológica de alturas de CLA a 1200ST. Finalmente se muestra, en base a la descomposición en valores singulares del campo de covarianza entre las variables de gran escala, un aumento en la correlación con variables de acople regional. Para el periodo de anomalía (1997/1998) dicha correlación alcanzó valores del orden del 67% respecto al de normalidad (1995/1996) 38%.

The temporal evolution of the Atmospheric Boundary Layer between 1996 and 1998 is studied in Buenos Aires based on data obtained from a lidar. In order to characterize their dynamics, 1200ST mixing layer height and entrainment zone thickness timeframes were calculated. On the other hand evidences of the coupling between the Atmospheric Boundary Layer with the atmospheric large scale in the period 1997/1998 of maximum regional impact of ENSO (El Niño Southern Oscillation). The group of geophysical variables used to evidence the coupling is: the SST (Sea Surface Temperature) of the El Niño 3 region, the South America total cloud cover, the Buenos Aires total integrated visible radiation and the climatological Atmospheric Boundary Layer height series at 1200ST. Finally it is shown, based on the Singular Value Decomposition of the covariance field among large scale variables, an increased correlation with the regional coupling variables. For the anomaly period (1997/1998) this correlation reached values of the order of 67% regarding values of normality (1995/1996) 38%.

I. INTRODUCCIÓN

El proceso de polución se ve influenciado fuertemente por parámetros meteorológicos de la dinámica de la Capa Límite Atmosférica (CLA) afectando la dispersión de poluentes primarios, secundarios y radioactivos atrapados en distintas fases de la evolución diurna de la CLA. Parámetros como la fricción de superficie, el calentamiento convectivo diurno y el enfriamiento nocturno, se reflejan en la altura desarrollada por la capa de mezclado (HCLA) así como también el espesor de la zona de entrainment (ZE) que juega un rol primordial en el intercambio vertical entre la atmósfera libre y la superficie.

Es importante entonces tener información de la variación de la HCLA y la ZE en las distintas épocas del año tanto como de la frecuencia de situaciones sinópticas particulares, especialmente periodos de bloqueo sinóptico, para poder determinar el impacto de la CLA en el proceso de polución urbana^(1,2). Por otra parte se ha encontrado que los modelos de polución ambiental son muy sensibles a los cambios de la HCLA⁽³⁾ donde por otro lado el espesor de la ZE no es tenido en cuenta. Otra área de interés es su interacción en los procesos urbanos y suburbanos como el efecto de la isla de calor en ciudades

altamente pobladas, del potencial de polución ambiental y el impacto potencial del smog fotoquímico.

La CLA suele ser dividida para su estudio en dos capas principales: la capa de superficie que gobierna los intercambios entre la superficie y la capa de mezclado, y la capa límite convectiva^(4,5). Esta última se caracteriza por una estructura vertical que cambia de acuerdo al proceso térmico diurno, con los poluentes bien mezclados en ella. Gobierna los intercambios entre la capa de mezclado y la atmósfera libre siendo la oscilación turbulenta del tope de la capa límite un buen estimador de la tasa de intercambio de parcelas de aire entre la atmósfera libre y la capa de mezclado.

En la primera parte de este trabajo se presentan las variaciones temporales de los parámetros estructurales de la CLA en el periodo citado que son claves en el proceso de polución. Se muestran estadísticas de la evolución mensual de la altura de la capa de mezclado (1200 ST) según la estación del año. También se presentan series temporales del flujo de la radiación total incidente.

En una segunda parte, basados en la serie interanual de evolución de la CLA se estudia la influencia del evento del Niño sobre los parámetros estructurales de la CLA.

Evidencias de este fenómeno ya fueron mostradas es varias publicaciones^(6,7,8,9,10) y especialmente en la región

de Buenos Aires y la Mesopotamia (30°-40°S, 55°-65°W)^(11,12,13)

Las principales incidencias se han mostrado como serias alteraciones en las precipitaciones y en la cobertura nubosa total ocasionadas por el mecanismo de circulación atmosférica responsable de la teleconexión de El Niño.

Nuestro estudio se basa principalmente en una inter-comparación del acoplamiento de gran escala calculado en dos periodos. El primero denominado de Normalidad ('95 - '96) y el segundo de Anomalía ('97 - '98) de El Niño.

II. DATOS Y METODOLOGIA

Las observaciones de CLA analizadas tienen una frecuencia cuasiperiódica máxima de dos observaciones diarias por semana (Figura 1). Asimismo se analizaron los datos de radiación total visible incidente en el mismo sitio de observación para formar la serie temporal de radiación promedio incidente en el intervalo 0800 - 1200 (ST) con el mismo intervalo de muestra que las observaciones de la CLA.

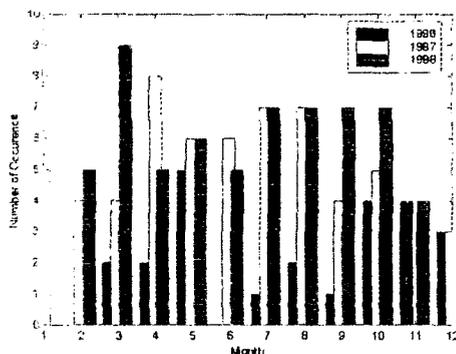


Figura 1. Frecuencia mensual de mediciones lidar durante el periodo 1996 - 1998.

La evolución climatológica de HCLA y la ZE fue obtenida en base a una estimación de la función de probabilidad acumulada (CPDF) aplicada sobre una serie temporal de HCLA detectadas⁽¹⁴⁾. Las señales lidar se tomaron en base a series de 100 señales adquiridas durante 5 minutos en intervalos de 15 minutos. Con el fin de obtener los valores instantáneos de HCLA se analizaron las señales lidar de retrodifusión por el método de multipendiente de la derivada primera sin corrección por extinción atmosférica⁽¹⁹⁾. La estimación estadística del valor medio de la HCLA y de la ZE se obtuvo por medio de la CPDF con la siguiente condición: la altura de la CLA fue obtenida como el valor correspondiente al 50% de la CPDF. La ZE fue calculada como el intervalo de alturas entre el 4% y el 96% de la CPDF⁽¹⁴⁾.

El conjunto de datos utilizados para probar la teleconexión se basa en la temperatura de superficie de mar (SST) de la región Niño 3, cobertura nubosa total (TCC) y precipitación de Sudamérica (PRATE) de la base de datos en medias diarias del NCEP (National Centers for Environmental Prediction).

En un primer estudio se realizó una comparación de valores medios anuales para estudiar el comportamiento de las variables a estudiar.

Para analizar el acople de la gran escala se realizó el

estudio de la correlación de los campos de TCC y SST por medio de su descomposición en valores singulares^(15,16,17,20) en el caso de normalidad y anomalía.

Luego, una vez probada la pertenencia de un campo regional a otro de gran escala se hizo "descender" la escala de teleconexión, utilizándose para este otro los campos regionales compuestos por la nubosidad total proyectada sobre Buenos Aires y la radiación visible medida en la misma región.

Posteriormente y con el objetivo de visualizar el impacto local sobre la CLA se analizó el par de variables radiación visible promedio y la serie temporal de CLA.

III. RESULTADOS Y DISCUSION

Del total de casos se realizó una estadística que contrasta en los tres años estudiados días despejados y nublados y su porcentaje representativo en ese año (Tabla 1).

	1996	1997	1998
Casos	22	60	65
Claro	59%	45%	47.7%
Nubes	32%	55%	50.8%
Perdidos	9%	—	1.5%

TABLA 1. CASOS TÍPICOS EVALUADOS

Los resultados estadísticos de HCLA y la radiación visible promedio según la época del año, para cada año uno de los tres años de estudio se presentan en las Figura 2 y 3.

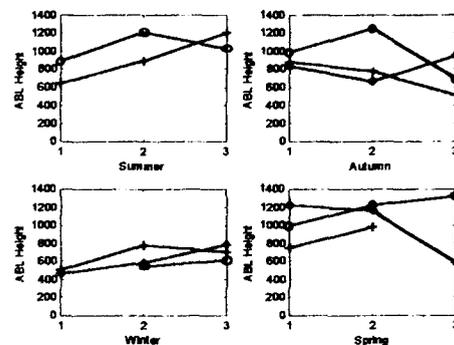


Figura 2. Medias mensuales de la evolución por estaciones de la HCLA de los años 1996 ('o'), 1997('*') y 1998('+').

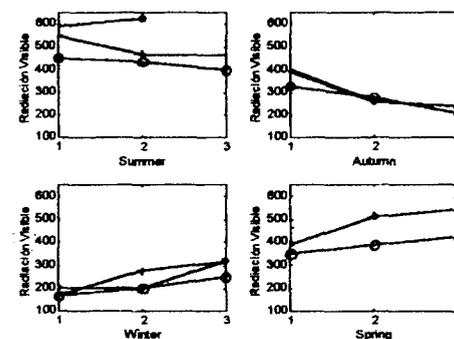


Figura 3. Medias mensuales de la evolución por estaciones de la radiación visible incidente entre las 0800 y 1200 ST de los años 1996 ('o'), 1997('*') y 1998('+').

En las Figura 4 y 5 se muestra la evolución del espesor de la ZE y de la HCLA en medias mensuales a través del año para los tres años con las correspondientes barras de error.

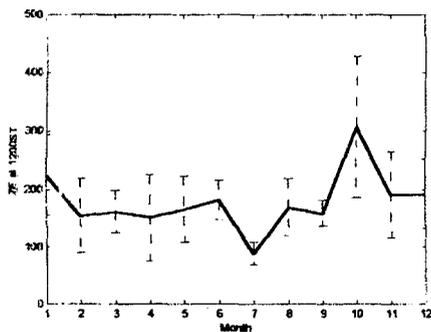


Figura 4. Valores en medias mensuales del espesor de la ZE y su dispersión para el periodo 1996/1998.

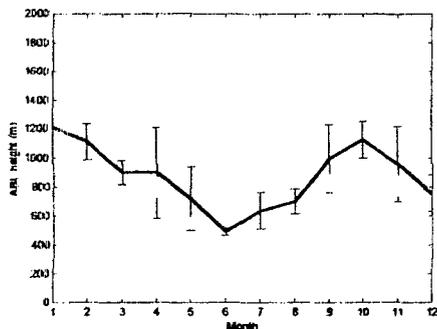


Figura 5. Valores en medias mensuales de HCLA y su dispersión para el periodo 1996/1998.

Una primera aproximación fenomenológica fue realizada por un análisis estadístico de orden cero entre la gran, media y pequeña escala para demostrar una teleconexión geofísica⁽¹⁸⁾. En la Tabla 2 se listan los valores medios anuales de las variables seleccionadas, donde SST es la temperatura de la superficie del mar de la región Niño 3, TCC es la cobertura nubosa total, PRATE es la precipitación en $\mu\text{g}/(\text{m}^2\text{s})$ (ambas proyectadas sobre la superficie de Buenos Aires), VR es la radiación visible incidente y HCLA es la altura de la capa límite.

	Gran Escala	Mediana Escala		Pequeña Escala	
	SST	TCC	PRATE	VR	ABL
1996	25.302	26.4	14.7	656.0	972
1997	27.592	33.2	19.4	416.8	780
1998	26.356	33.2	21.4	443.3	859

TABLA 2. MEDIAS ANUALES DE LAS VARIABLES GEOFÍSICAS ESTUDIADAS EN DISTINTAS ESCALAS.

En un estudio más detallado se realizó la correlación heterogénea de campos de gran escala (SST Niño 3 – TCC Sudamérica) para los años de normalidad y anomalía⁽¹⁵⁾⁽²¹⁾. Asimismo se establecieron los valores correspondientes a la fracción de covarianza al cuadrado y la correlación temporal de los modos fundamentales de

las variables obtenidos por medio de la descomposición en valores singulares según Tabla 3.

	1995 / 1996		1997 / 1998	
	R	SCF	R	SCF
SVD ₁	88,75%	63,36%	83,61%	77,81%
SVD ₂	85,69%	33,55%	84,13%	17,36%
SVD ₃	77,14%	1,46%	84,33%	3,90%

TABLA 3. VALORES DE LA CORRELACIÓN TEMPORAL (R) Y DE LA FRACCIÓN DE COVARIANZA AL CUADRADO PARA LOS AÑOS DE NORMALIDAD Y ANOMALÍA

En las Figuras 7 y 8 se pueden observar los mapas de correlación heterogénea entre los modos fundamentales de la SST Niño 3 y la cobertura nubosa total de Sudamérica para los casos de Normalidad y Anomalía respectivamente.

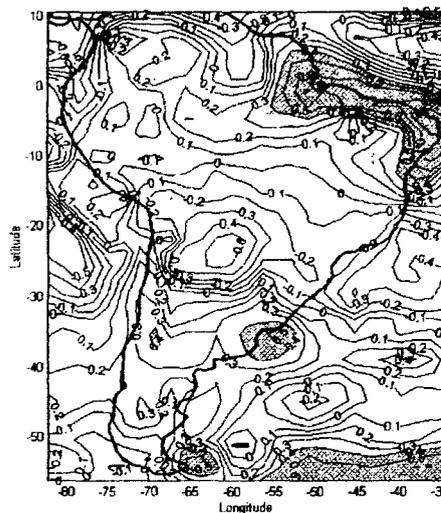


Figura 7. Mapa de Correlación heterogénea para el periodo 1995/1996

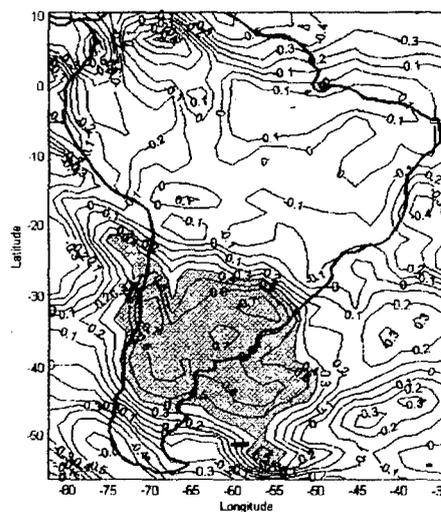


Figura 8. Mapa de Correlación heterogénea para el periodo 1997/1998

En la Figura 9 se presenta un gráfico de dispersión en el campo regional de flujo de radiación visible promedio entre 0800 y 1200 y nubosidad, mostrando una correlación del -52% para normalidad y -78% para anomalía.

En la figura 10 se correlaciona la HCLA con el flujo de radiación visible anteriormente mencionado, mostrando los valores de correlación anual en la Tabla 4.

1996	1997	1998
18.0%	34.5%	17.2%

TABLA 4. TABLA DE CORRELACION HCLA - VR

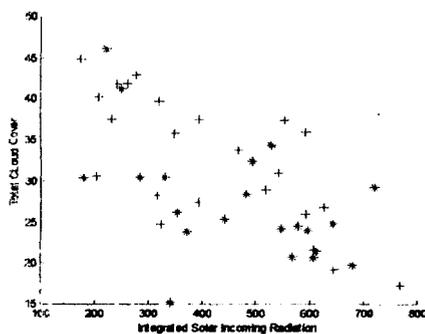


Figura 9: Correlación entre series temporales del campo regional de TCC y la variable local de VR. Se emplea '+' para el caso de Normalidad (1995/1996) y '*' para la Anomalía (1997/1998).

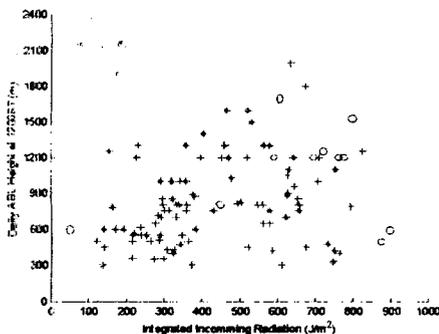


Figura 10: Incidencia sobre el parámetro de CLA, 'o' es para 1996, '+' para 1997 y '*' para 1998.

IV. CONCLUSIONES

En el estudio de dinámica de CLA se ha detectado:

- Un alto porcentaje de evolución de capa límite con nubes especialmente luego del verano de 1997. Esto ha sido altamente influenciado por los sistemas de acople de gran escala de El Niño.
- Se observa un aumento progresivo en el acople de las variables de gran escala al ingresar en el periodo de Anomalía debida al fenómeno del Niño para la región Central de Argentina.
- Hay un incremento de casos convectivos en primavera y verano, situación bien correlacionada con el flujo de radiación visible incidente.

V. REFERENCIAS

- 1 - Dayan, U. et al., The spatial and temporal behavior of the mixed layer in Israel. *J. A. M.*, **27**, 1382-1394 (1988)
- 2 - Dayan, U. et al., The temporal behavior of the atmospheric boundary layer in Israel. *J.A.M.* **38**, 830-836 (1999)
- 3 - van Dop, The CCMS air pollution model intercomparison study. *Atmos. Environ.*, **11**, 479-482 (1986)
- 4 - Stull, R., *An Introduction to Boundary Layer Meteorology*. (1994)
- 5 - Garrat, J.R., *The Atmospheric boundary layer*. Cambridge Atmospheric and Space Science Series.
- 6 - Ropelewski, C.F. and M.S. Halpert, Global and regional scale precipitation patterns associated with the El Niño/southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*, **115**, 1606-1626 (1987)
- 7 - Ropelewski, C.F. and M.S. Halpert, Precipitation patterns associated with the high index phase of the Southern Oscillation. *J. Climate*, **2**, 268-284 (1989)
- 8 - Halpert, M.S. and C.F. Ropelewski, Surface temperature patterns associated with the Southern Oscillation. *J. Climate*, **5**, 577-593 (1992)
- 9 - Mechoso C. and Perez Iribarren G., Streamflow in Southeastern South America and the Southern Oscillation. *J. Climate*, **5**, pp: 1535-1539.(1992).
- 10 - Aceituno, P., On the functioning of the Southern Oscillation in the South American sector. *Mon. Wea. Rev.* **116**, 505-525 (1988)
- 11 - Grimm A.M. et al., Climate Variability in Southern South America Associated with El Niño and La Niña Events. *J. Climate*, **13**, 35-58 (2000).
- 12 - Piacentini R., Influencias del evento El Niño 1997-1998 sobre las intensidades solares globales incidentes sobre Rosario, Argentina. *ASADES*, **2**, N° 2 (1998)
- 13 - Ristori P., Fochesatto J. et al, Evidence of ENSO Teleconnection with tropospheric ABL dynamics parameters (2000)
- 14 - Flamant, C., PhD. Thesis from ParisVI University (1996)
- 15 - Bretheton et al., An intercomparison of methods for finding coupled patterns in climate data, *J. climate*, **5**, 541-560 (1992)
- 16 - Wang Hui and Mingfang Ting, Prediction of seasonal mean United States precipitation based on El Niño sea surface temperatures. *Geophys Res. Lett.*, **26**, N° 9, 1341-1344. (1999)
- 17 - Power, S. et al., Inter-decadal modulation of the impact of ENSO on Australia. *Clim. Dyn.* **15**, 319-324 (1999)
- 18 - van Oldenborgh G. J., Burges G., Klein Tank. On the El-Niño teleconnection to spring precipitation in Europe. *KNMI* (1999)
- 19 - Drobinski et al., Private Communication.
- 20 - von Storch, H. and Navarra, A., *Analysis of Climate Variability*. Springer.
- 21 - Wallace, J. et al., Singular value decomposition of wintertime sea surface temperature and 500 mb height anomalies, *J. Climate*, **5**, 561-576 (1992)