

EVALUACION DE LAS TRAYECTORIAS DE MASAS DE AIRE EN EL SUDOESTE BONAERENSE PARA EL ESTUDIO DE COPS

TOMBESI NORMA B.¹ Y ZOTELO CARLOS²

1: INQUISUR, Departamento de Química, Universidad Nacional del Sur (UNS)-CONICET
CP 8000 Bahía Blanca, Argentina Av. Alem 1253,
e-mail: norma.tombesi@uns.edu.ar
<http://www.quimica.uns.edu.ar/>

2: CERZOS CCT BB (CONICET)
CP 8000 Bahía Blanca, Argentina, Camino La Carrindanga, Km 7
e-mail: czotelo@criba.edu.ar
<http://www.cerzos-conicet.gob.ar/>

Resumen. *Los asentamientos urbanos, y las actividades agrícola-ganaderas e industriales, llevan asociadas el uso y/o generación de una gran diversidad de compuestos químicos que pueden ser nocivos para el hombre y el ambiente. Muchas sustancias, ampliamente utilizadas en el pasado, fueron paulatinamente cuestionadas y prohibidas. Se identifican como contaminantes orgánicos persistentes (COPs) a una serie de compuestos de naturaleza orgánica y origen antropogénico que, además de su toxicidad, se caracterizan por ser resistentes a la degradación. Estos pueden ser transportados por el aire, el agua y especies migratorias, y depositarse lejos del lugar de su liberación. El estudio del movimiento de las masas de aire resulta entonces de gran importancia, porque pueden transportar estas sustancias desde lugares muy distantes a los sitios de estudio. Se aplicó el modelo Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory (HYSPLIT) para estimar las trayectorias regresivas de las masas de aire incidentes en tres sitios del sudoeste bonaerense, seleccionados como parte de un estudio espacio-temporal de COPs en aire y suelo. Los resultados permiten observar los canales característicos de transporte de masas que reciben estos sitios tanto de capas bajas (del sudoeste, noroeste y sudeste), así como de capas altas (desde el oeste) y sus variaciones estacionales.*

Palabras clave: COPs, aire, contaminación, transporte atmosférico.

1. INTRODUCCIÓN

La ciudad de Bahía Blanca constituye un importante centro industrial, comercial y financiero para una amplia zona de influencia, caracterizándose su región circundante por una gran diversidad de actividades agrícola-ganaderas. El desarrollo de estas actividades, lleva asociado el uso y/o generación de una gran diversidad de compuestos químicos que pueden ser nocivos para el hombre y el medio ambiente. Muchas de estas sustancias utilizadas en el pasado fueron paulatinamente cuestionadas y prohibidas, tras conocerse sus propiedades tóxicas. Así, se identifican como COPs a una serie de compuestos de naturaleza orgánica y origen antropogénico que, además de su toxicidad, sus propiedades fisicoquímicas hacen que resulten resistentes a la degradación con la consecuente posibilidad de que puedan ser

transportadas por el aire, el agua y las especies migratorias, y puedan depositarse lejos del lugar de su liberación, acumulándose en ecosistemas terrestres y acuáticos. En tal sentido, el estudio del movimiento de las masas de aire resulta de gran importancia, porque pueden transportar estas sustancias desde lugares muy distantes a los sitios de estudio.

El transporte y dispersión de contaminantes del aire están influenciados por complejos factores. Las variaciones globales y regionales del clima, las circulaciones locales como brisas de mar y tierra, y las condiciones topográficas. En particular, el sudoeste de la provincia de Buenos Aires está bajo la influencia de Anticiclones localizados en el Océano Atlántico y en el Océano Pacífico, los cuales generan masas de aire típicas y determinan las condiciones sinópticas dominantes en esta zona [1]. Los modelos de dispersión, aún con sus limitaciones propias (inherentes al proceso de simplificación de diversos y complejos factores interrelacionados que afectan el transporte y dispersión de las masas de aire), tienen muchas aplicaciones en el estudio de la contaminación atmosférica. A su vez, existen esquemas para diferentes escalas espaciales. En el presente trabajo se empleó el modelo HYSPLIT para estimar las trayectorias regresivas de las masas de aire incidentes en tres sitios ubicados en el sudoeste bonaerense (Coronel Dorrego, Bahía Blanca e Hilario Ascasubi), esperando que la información contribuya al esclarecimiento de los niveles de COPs que se encuentren en las muestras de aire de la región. Al respecto, particularmente se estudiará la presencia de bifenilos policlorados (PCBs) y pesticidas organoclorados como p,p'-DDT, o,p'-DDT, p,p'-DDE, o,p'-DDE, p,p'-DDD, o,p'-DDD, α -HCH, β -HCH, δ -HCH, γ -HCH, PeCB y HCB.

El posible transporte y la dispersión de los COPs fueron estimados empleando una aproximación lagrangiana con el modelo de HYSPLIT. Este esquema de cálculo permite trabajar con un gran número de partículas, considerándolas entidades puntuales computacionalmente. El modelo asume que éstas, se liberan en la ubicación de la fuente y pasivamente siguen la trayectoria del viento. La estimación añade un componente aleatorio a la velocidad media de la advección en cada una de las direcciones de las componentes del viento tridimensional a fin de simular la dispersión de los contaminantes. La turbulencia vertical y horizontal es calculada a partir de la estabilidad local estimada de los perfiles de viento y temperatura según Pasquill (1961) [2]. Las concentraciones, las tasas de deposición o los factores de dispersión, se calculan sumando la masa de cada partícula a medida que pasa a través de una celda de la cuadrícula del modelo, dividiendo el resultado por el volumen del retículo en cuestión. El modelo puede emplearse para estimar las trayectorias y la dispersión de los contaminantes desde un punto o una matriz de puntos fuente, o bien en forma regresiva para determinar las distintas fuentes que pueden haber transportado contaminantes a un sitio en particular, como es el caso de este trabajo. Una descripción detallada de los aspectos computacionales del modelo se puede encontrar en Draxler y Hess, (1997) [3], y en Draxler y Hess, (1998) [4].

2. ÁREA DE ESTUDIO

Se consideró como puntos de deposición para el modelo HYSPLIT, tres sitios ubicados en el sudoeste de la provincia de Buenos Aires a fin de estimar las trayectorias regresivas de las masas de aire incidentes durante el período diciembre-2014 a abril-2015, correspondiente al

primer período de muestreo de un estudio de la variación espacio-temporal de niveles de COPs en muestras de aire y suelo. En Tabla 1 se detallan los sitios comprendidos en dicho estudio y los correspondientes períodos de muestreo, resaltándose en particular los 3 sitios elegidos (ver también Fig.1). El primer sitio seleccionado corresponde a la zona urbana de la ciudad de Bahía Blanca (UNS, esquina calles 12 de octubre y Córdoba), seguido por uno ubicado más al sur (aprox. 2 km hacia el sudeste de la localidad de Hilario Ascasubi) y otro más hacia el este (Aeroclub de la localidad de Coronel Dorrego) respecto de la ciudad de Bahía Blanca.

Sitio	1er Período de muestreo			
		Inicio	Fin	Días de Exposición
UNS	38° 42' 03" / 62° 16' 03"	18-dic-14	14-abr-15	117
Ingeniero White	38° 45' 32" / 62° 17' 09"	15-dic-14	17-abr-15	123
Pehuen-Co	39° 00' 11" / 61° 33' 51"	15-dic-14	18-abr-15	124
Hilario Ascasubi	39° 23' 27" / 62° 37' 39"	16-dic-14	21-abr-15	126
Balneario La Chiquita	39° 35' 16" / 62° 06' 04"	16-dic-14	21-abr-15	126
Coronel Dorrego	38° 44' 21" / 61° 15' 38"	17-dic-14	22-abr-15	126
Napostá	38° 26' 32" / 62° 17' 15"	30-dic-14	21-abr-15	112
Cabildo	38° 34' 19" / 61° 53' 39"	26-dic-14	23-abr-15	118
Médanos	38° 49' 22" / 62° 41' 34"	05-ene-15	24-abr-15	109

Tabla 1. Sitios, y fecha de inicio y de finalización del primer período de muestreo del estudio espacio-temporal de COPs en muestras de aire y suelos del sudoeste de la Provincia de Buenos Aires (Se resaltan en gris los sitios seleccionados en el presente estudio)

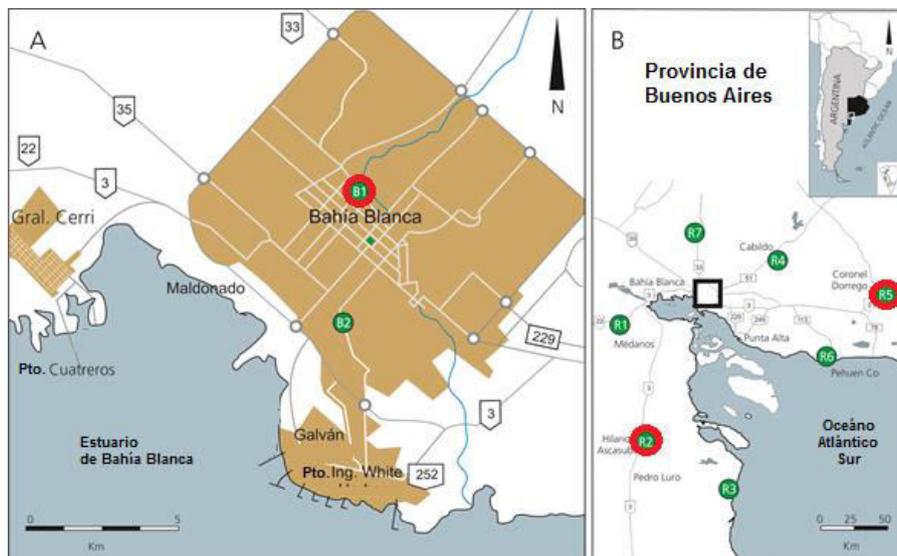


Figura 1. Mapa de la ciudad de Bahía Blanca (A) y sudoeste de la Provincia de Buenos Aires (B), donde se destacan (círculo rojo) los sitios seleccionados en el presente estudio

3. METODOLOGÍA

Se aplicó el modelo HYSPLIT para estimar las trayectorias regresivas de las masas de aire incidentes [5] en tres sitios ubicados en el sudoeste bonaerense, teniendo en cuenta las opciones y variables que se detallan en la Tabla 2.

Para la estimación de las proyecciones se emplearon datos meteorológicos del Sistema Global de Asimilación de Datos (GDAS) pertenecientes a la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) con resolución horizontal de 0.5° y 56 niveles en la vertical [6]. La serie de datos en puntos de grilla corresponde a un intervalo temporal de 6 horas.

Variable	Opción
Meteorología	GDAS (0.5, degree, global, 07-2009-present)
Tipo de Trayectoria	Frecuencia
Altura	2 metros
Duración de la trayectoria	72 horas
Frecuencia salida del punto final	60/hora
Nro. de trayectorias	60

Tabla 2. Detalle de las variables utilizadas para estimar las trayectorias regresivas de las masas de aire aplicando el modelo HYSPLIT

4. RESULTADOS

En la Figura 2 se muestran los gráficos obtenidos para cada uno de los sitios seleccionados en los primeros 30 días correspondientes al primer período de muestreo. Dado que el modelo HYSPLIT sólo es aplicable para intervalos menores de 30 días. El gráfico presentado en cada caso responde a la superposición del total de las trayectorias.

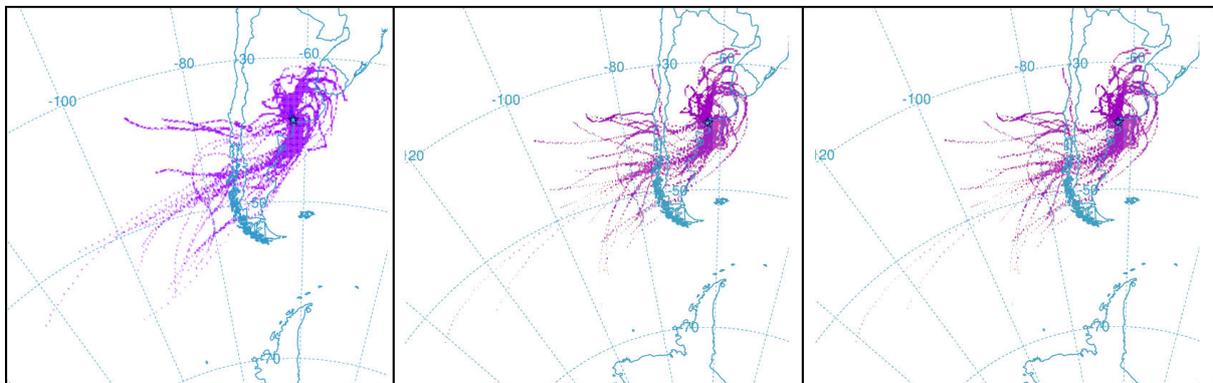


Figura 2. Trayectorias de las masas de aire para cada uno de los sitios de estudio correspondientes a los primeros 30 días de muestreo. Izq: Bahía Blanca (UNS). Centro: H. Ascasubi. Der: Coronel Dorrego

En los tres casos se observan dos canales de transporte de masa provenientes del Océano Pacífico sur con componente oeste bien marcada. El primero, desde sudoeste correspondiente a la advección en capas bajas generada por la circulación del mencionado anticiclón. El segundo canal, con componente oeste, presenta menor flujo, pero asociado a capas altas. En este caso el transporte se debe a la acción de la corriente en chorro. A su vez, vinculado a la

acción del anticiclón semipermanente del Océano Atlántico sur, se observa un importante número de trayectorias provenientes del sur del Litoral argentino, sur de Brasil, e incluso en algunos momentos desde Uruguay, hacia la zona productiva núcleo argentina. En el primer caso, lo hacen con marcada componente norte. Desde allí, independientemente de su origen, se canalizan e ingresan al sudoeste bonaerense con la advección del viento del noroeste, incidiendo en los sitios de muestreo.

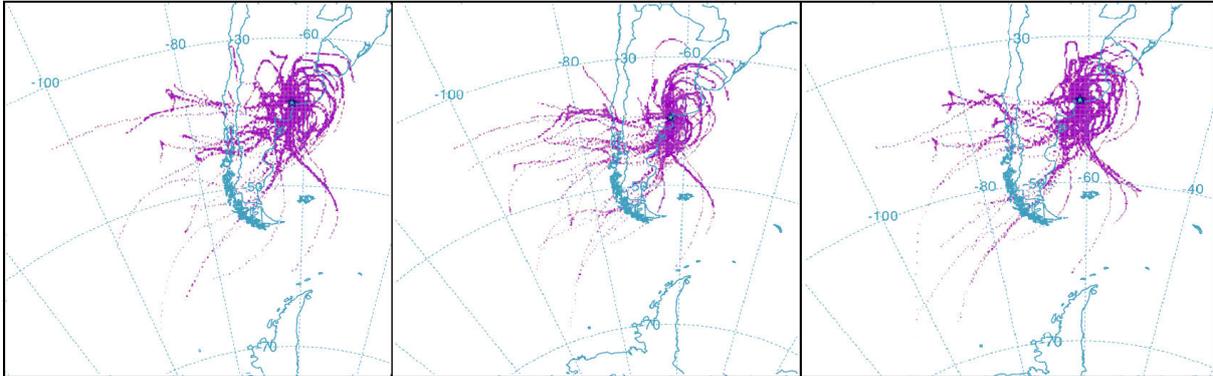


Figura 3. Trayectorias de las masas de aire para cada uno de los sitios de estudio correspondientes a los últimos 30 días de muestreo. Izq: Bahía Blanca (UNS). Centro: H. Ascasubi. Der: Coronel Dorrego

Por su parte, las trayectorias correspondientes a los últimos 30 días del primer período de muestreo (Figura 3), presentan algunas características diferentes. A inicios de abril, los sistemas de gran escala se encuentran desplazados más al norte, siguiendo el movimiento aparente del sol. En esta etapa de transición previa al otoño profundo se observa que en el Pacífico sur, el flujo de aire del sudoeste se encuentra más fusionado con el del oeste, a causa de la circulación mencionada. Por lo, tanto el viento del sudoeste como el de componente oeste se encuentran desplazados hacia el norte, ingresando a nuestro país por la porción septentrional de la Provincia de Mendoza.

En lo referente al Océano Atlántico, el corrimiento estacional del anticiclón semipermanente hacia el ecuador, permite el desplazamiento al norte de las bajas subpolares. En algunas ocasiones estos centros de baja presión pueden situarse sobre las islas Malvinas. Esta situación favorece la advección más frecuente de partículas desde el Atlántico sur a la región de los puntos de muestreo. A su vez, el transporte desde el sur del Litoral argentino se vuelve más disperso. Algo similar ocurre con la advección desde Uruguay. Esto puede deberse a la mayor variabilidad en la circulación en capas bajas que se produce en los meses de transición. Esto coincide con el trabajo de Tombesi et al., (2014) [7], quienes detectaron mayor concentración de COPs en aire en los meses estivales respecto a los de otoño, vinculada principalmente a la diferencia de temperatura.

5. CONCLUSIONES

- Se espera que la información generada contribuya al esclarecimiento del origen de COPs en los sitios de muestreo, los cuales fueron seleccionados como parte de un estudio espacio-temporal de estos contaminantes en muestras de aire y suelo de la

región.

- La circulación en capas bajas generada por el anticiclón del Atlántico sur es dominante en las dos estaciones del año consideradas. La correspondiente al Pacífico sur es constante pero no puede asociarse en forma directa a transporte de COPS sobre la región de estudio, a excepción del correspondiente a fuentes globales.
- El desplazamiento al norte de los sistemas en los meses de otoño permite mayor una frecuencia de advección de partículas desde la porción oceánica al norte de Malvinas en detrimento de una dispersión de las provenientes del sur del Litoral argentino y Uruguay, más frecuentes en verano.
- No debe obviarse el paso de las trayectorias de partículas sobre la zona productiva núcleo argentina como posible fuente de COPS en el sudoeste bonaerense.

AGRADECIMIENTOS

A la SECyT–UNS por el financiamiento del PGI-MAyDS 24/MA20 (I.P. N. B. Tombesi)

REFERENCIAS

- [1] Piccolo, M. C, “Climatological features of the Bahia Blanca estuary”, in: *Perspectives on Integrated Coastal Zone Management in South America*, edited by Neves, R., Baretta, J., Mateus, M., *IST Press*, Lisbon, pp. 233–242. (2008).
- [2] Pasquill, F. “The estimation of the dispersion of windborne material”. *Meteorol. Magazine*, 90, 33-49. (1961).
- [3] Draxler, R. R., & Hess, G. D. “Description of the HYSPLIT4 modeling system”. (1997).
- [4] Draxler, R. R., & Hess, G. D. “An overview of the HYSPLIT_4 modelling system for trajectories”. *Australian meteorological magazine*, 47(4), 295-308. (1998).
- [5] Han, Y. J., Holsen, T. M., Hopke, P. K., & Yi, S. M.). “Comparison between back-trajectory based modeling and Lagrangian backward dispersion modeling for locating sources of reactive gaseous mercury”. *Environmental science & technology*, 39(6), 1715-1723. (2005).
- [6] Kleist, D. T., Parrish, D. F., Derber, J. C., Treadon, R., Wu, W. S., & Lord, S. “Introduction of the GSI into the NCEP global data assimilation system”. *Weather and Forecasting*, 24(6), 1691-1705. (2009).
- [7] Tombesi, N., Pozo K., and Harner T. "Persistent organic pollutants (POPs) in the atmosphere of agricultural and urban areas in the province of Buenos Aires in Argentina using PUF disk passive air samplers". *Atmospheric Pollution Research* 5.2 pp.170–178. (2014).