

CALIDAD DEL AIRE EN ÁREAS DE NUEVOS ASENTAMIENTOS HABITACIONALES EN NEUQUÉN

Cogliati, Marisa Gloria¹

Resumen

El trabajo, presenta el estudio de una zona cercana a la ciudad de Neuquén donde se planea emplazar un nuevo asentamiento habitacional. Dicha área se encuentra ubicada en cercanías de un parque industrial y rodeada por la nueva traza de la ruta nacional 22. Esto hace que el estudio del comportamiento de la atmósfera, sea de fundamental importancia a la hora de considerar los problemas que se podrían presentar en dicho asentamiento habitacional.

La zona sería influenciada por efectos antropogénicos, y por contaminación atmosférica natural así como por los efectos estacionales de contaminación máxima asociada a la lucha contra heladas.

Los eventos de contaminación natural se presentan en la región principalmente debido al efecto combinado de la acción eólica, la baja humedad ambiental y las características del ambiente árido en el que se realizará el emplazamiento y muchas veces son potenciados por acciones erosivas o eliminación de la cobertura vegetal, como se presenta en los terrenos donde se construye.

A partir de esta información, se efectuaron los cálculos de capacidad auto limpiante de la atmósfera en el área y se estudió la influencia de las tormentas de polvo, que suelen producirse en este ambiente.

Introducción

El desarrollo integral de un país conlleva al crecimiento urbano y de la actividad industrial, que se refleja en el establecimiento de nuevos centros poblacionales o de parques industriales. Para que ese crecimiento se presente en forma armónica en zonas cercanas a complejos industriales debe tenerse en cuenta el impacto de la calidad del aire y sus efectos en el lugar propuesto en nuevos asentamientos poblacionales.

Para minimizar el impacto que pudiera producir, es necesario tener en cuenta entre otros aspectos, la capacidad de la atmósfera para transportar y dispersar los contaminantes y el potencial de contaminación, realizando un estudio de condiciones atmosféricas que podrían contribuir a situaciones de contaminación severa (Mazzeo y Gassman, 1991).

1. Depto. de Geografía. Facultad de Humanidades. Universidad Nacional del Comahue.
email: cogliati@uncoma.edu.ar

El análisis de problemas de contaminación a escala regional o local y la formulación de modelos y estrategias de protección ambiental de una zona, requieren como etapa inicial el estudio de los aspectos climáticos de la difusión atmosférica. La altura de la capa de mezcla, determina en parte la eficacia de la atmósfera inferior para diluir y dispersar los contaminantes (Ulke y Mazzeo, 1994).

Este trabajo, presenta el estudio de una zona suburbana de la ciudad de Neuquén donde se planea emplazar un nuevo asentamiento habitacional; el área se encuentra ubicada en cercanías de varias fuentes de contaminación, por lo que el estudio del comportamiento de la atmósfera, es de fundamental importancia a la hora de considerar los problemas que se podrían presentar en futuros asentamientos habitacionales. A los efectos antropogénicos, deben sumarse las contribuciones debidas a la contaminación atmosférica natural y los efectos de contaminación máxima asociada a la lucha contra heladas, común a todo el ejido municipal de Neuquén.

Los eventos de contaminación natural se presentan en la región principalmente debido al efecto combinado de la acción eólica, la baja humedad ambiental y las características del ambiente árido en el que se realizará el emplazamiento y muchas veces son potenciados por acciones erosivas o eliminación de la cobertura vegetal, como se presenta en los terrenos donde se construye.

Este trabajo presenta el estudio de la capacidad auto limpiante de la atmósfera en el área y de la influencia de las tormentas de polvo que suelen producirse en este ambiente.

Metodología

Se estudiaron las características del área desde el punto de vista del viento como agente de transporte y la altura de la capa de mezcla; se elaboró un diagnóstico del área donde se desea expandir la ciudad en la meseta desde el punto de vista del índice de calidad del aire (Mazzeo y Nicolini, 1974), asociada a su vez a la contaminación ambiental de origen natural y antrópico.

A partir de una climatología de la difusión atmosférica, se determinaron los parámetros medios de ventilación, las direcciones predominantes del viento, su intensidad y la estabilidad atmosférica.

A partir del análisis se confeccionaron los mapas temáticos de variables asociadas al índice de ventilación.

Cálculo del Índice de ventilación medio

Una vez que la atmósfera está contaminada, la atmósfera solo puede limpiarse por medio de procesos naturales. Por ello, el conocimiento de dichos procesos es necesario para el manejo del entorno atmosférico y la toma de decisiones que tengan en cuenta el control de las emisiones.

Una ventilación pobre puede relacionarse con condiciones atmosféricas que sumadas a la presencia de una fuente contaminante conduzcan a altas concentraciones de contaminación.

La estimación de la ventilación de la zona se hizo por medio del cálculo del índice de ventilación (Mazzeo y Nicolini, 1974), considerado como:

$$IV = H * VT \quad (1)$$

donde H (m) es la altura de la capa de mezcla y VT (m/s) es el viento transporte. Este valor, indica el volumen de aire que es transportado horizontalmente en la capa de la atmósfera mezclada por unidad de tiempo y longitud.

La altura de mezcla se definió como el espesor de la capa atmosférica cercana a la superficie en la cual toma lugar la mezcla convectiva y turbulenta. Esta altura puede variar desde virtualmente cero a la noche a varios kilómetros en la tarde (Gassman y Mazzeo, 1994).

Si la capa de mezcla es pequeña, un viento fuerte tiene un efecto similar como un viento débil en una capa de mezcla más grande. La frecuencia de ventilación atmosférica baja o condiciones potenciales para un alto grado de contaminación deben ser evaluadas para ver su impacto en la calidad del aire (Gassman y Mazzeo, 1994).

El viento transporte se define como el valor promedio de la velocidad del viento en la capa de mezcla.

$$U_T = \frac{1}{H - z_0} \int_{z_0}^H u(z) dz \quad (2)$$

donde $u(z)$ es el perfil del viento y z es la altura.

Bajo condiciones atmosféricas con estabilidad neutra:

$$U_T = \frac{u_0^*}{k} \left[\ln \left(\frac{z}{z_0} \right) - \frac{3}{2} \right] \quad (3)$$

donde u_0^* es la velocidad de fricción en superficie (Panofsky and Dutton 1984), k es la constante de Von Karman, z es la altura, z_0 es la rugosidad de superficie y H es la profundidad de la capa de mezcla.

Como dato de entrada de la distribución del viento en el área de expansión se utilizaron resultados de Palese a partir del modelo Argentina Map (Pedro y otros, 2006).

Discusión y Resultados

Gassman y Mazzeo (1997) calcularon la altura de la capa de mezcla máxima diaria y obtuvieron los valores medios para Neuquén. La altura de capa de mezcla presentó un valor mínimo en invierno y un valor máximo en verano. El mayor valor máximo estacional de capa de mezcla observado en verano fue cercano a 2700 m.

El alto valor de altura de capa de mezcla obtenida en Neuquén podría ser el resultado del alto valor de radiación solar como consecuencia de la poca cobertura nubosa en el área (Crivelli and Pedregal 1972, Hoffmann y otros 1987).

Los cálculos de altura de la capa de mezcla para el año 2004 (Palese (comunicación personal)) presentaron un valor medio de 693 m y un valor mínimo de 250 m.

A partir de los resultados del modelo ArgentinaMap (Comunicación personal, Palese, C), los valores de la capa de mezcla en la zona de estudio y datos de la estación Neuquén Aero (Año 2004) se modeló el viento transporte en la capa cercana a la superficie en condiciones mínimas y medias de altura de la capa de mezcla.

La figura 1 presenta los valores de viento transporte en el área de estudio considerando una altura de capa de mezcla mínima ($H=250$ m). La distribución espacial de la intensidad del viento transporte presentó variabilidad debido a la topografía y rugosidad del terreno, encontrándose valores entre 4.5 y 6.5 m/s con máximos relativos en la zona del borde de la meseta donde se presenta la mayor pendiente del terreno. Un mínimo relativo de velocidad del viento se presentó en la zona del interior del valle del río Limay donde se presenta mayor rugosidad debido a la presencia de la ciudad. Se observa una aceleración del aire en las zonas cercanas a los bordes de la meseta y sobre la misma, mientras que en zonas ubicadas en el interior del valle el viento presenta menores valores, con diferencias cercanas a 2 m/s.

El índice de ventilación en condiciones de capa de mezcla con altura mínima presentó valores cercanos a 1500 m²/s en el período analizado ($IV=1546$ m²/s) en condiciones de capa de mezcla mínima. Esto indicaría niveles de ventilación pobre en todo el área, principalmente en el interior del valle a barlovento en zonas protegidas por la topografía (ver Figura 2).

En la Figura 3 se presenta la distribución espacial del viento transporte en una capa de mezcla de 693 m. Se distinguen dos mínimos relativos asociados con zonas protegidas por la topografía y un máximo más marcado en el borde sur de la zona analizada, con un pequeño aumento en la intensidad con respecto al caso de altura mínima considerado anteriormente.

Considerando el valor medio de altura de la capa límite (693 m) en el mismo período el IV medio ascendió a 4543 m²/s (Figura 4).

Stackpole (1967), Gross (1970) y Dobbins (1979) determinaron como condiciones para ventilación atmosférica pobre: $H < 1500$ m y $UT < 4$ m/s para días sin lluvia. Por lo que en el caso de la altura de mezcla mínima y media consideradas en el año 2004 se habrían presentado casos de ventilación pobre.

Considerando los valores de altura de capa de mezcla medios mensuales para el período (1971-1982) en la atmósfera de Neuquén estimados mediante observaciones meteorológicas de rutina de acuerdo con la metodología propuesta por Holzworth, G. C. (1967) disponibles en los estudios de base de la ciudad de Neuquén². Los valores obtenidos por Palese (comunicación personal) serían casos de altura de capa de mezcla menores, por lo que podría considerarse como casos desfavorables incluidos dentro de la variabilidad (ver Tabla I).

La capa de mezcla mensual en el período 1972-1982 varó entre 1174,10 m \pm 497,10 m en julio y 2776,60 m \pm 661,70 m en enero, con un valor medio anual de 1957.34 m \pm 589.28 m. Este valor sería mayor al considerado crítico para una ventilación pobre (Stackpole (1967), Gross (1970) y Dobbins (1979)). En el mismo período el viento transporte medio fue 8.9 m/s en verano, 6.9 m/s en otoño, 8.8 m/s en invierno y 10.5 m/s en primavera, valores todos superiores al valor determinado como crítico.

Tabla I: Altura de la Capa de Mezcla en Neuquén, - Latitud (°): -38,95 - Longitud (°): -68,13 Altura (msnm): 271. Período: 1972-1982. (Proyecto PASMA)

Mes	h (m)	$\sigma h(m)$	N
Enero	2776,60	661,70	112
Febrero	2500,30	610,60	112
Marzo	1981,60	568,60	112
Abril	1457,30	458,30	112
Mayo	1183,10	476,70	112
Junio	1174,10	497,10	112
Julio	1248,70	467,60	112
Agosto	1498,50	584,60	112
Septiembre	1913,30	631,70	112
Octubre	2330,50	740,70	112
Noviembre	2677,90	689,60	112
Diciembre	2746,20	684,20	112

Las frecuencias estacionales para casos de ventilación pobre calculadas por Gassman y Mazzeo (1994), presentaron la menor frecuencia en el país en Neuquén en verano con 0.2% \pm 3%. Mientras que la frecuencia media de casos de ventilación pobre en Neuquén alcanzó 16.4 \pm 5% en otoño, 18.3 \pm 5% en invierno y 3.5 \pm 5% en primavera.

En Neuquén la frecuencia porcentual (%) de ocurrencia de días consecutivos con condiciones de contaminación severa, (considerando el período 1971-1982) fue 1 solo día 5 %, 2 días 2.5%, 3 días 1% y 4 o más días, menos de 1 %, (Mazzeo y Gassman, 1991).

2. <http://www.mineria.gov.ar/estudios/irn/neuquen/n-2.asp#m17>

Al considerar una capa de mezcla con una altura promedio ($H=693$ m) el índice de ventilación aumenta hasta valores cercanos a 4500 m, acentuándose el comportamiento bipolar entre la zona de la meseta y el interior del valle.

Tormentas de Polvo

Los fenómenos naturales que afectan en mayor medida la calidad del aire en la zona son principalmente, las erupciones volcánicas en la cordillera y las tormentas de viento con levantamiento de polvo. El primer caso no se analizará en el presente trabajo.

La zona de terreno desnudo sobre la meseta es una zona propicia para que en los casos de vientos intensos, se incorporen a la atmósfera gran cantidad de partículas de origen natural. Este fenómeno se denomina tormenta de polvo y se presenta en la zona con frecuencia dispar. Este aspecto está fuertemente relacionado con la dirección e intensidad del viento y la falta de humedad.

Para el análisis se consideraron los datos estadísticos del Servicio Meteorológico Nacional en el período 1971-1990.

En la figura 5 se presenta el número medio de días por mes y número máximo de días por mes con tormentas de polvo entre 1971 y 1990. El número máximo de días por año en el período analizado alcanzó 23 días. Siendo el valor máximo mensual de 6 días en junio para el período analizado, sin embargo los valores medios mensuales se mantienen menores a 1 día.

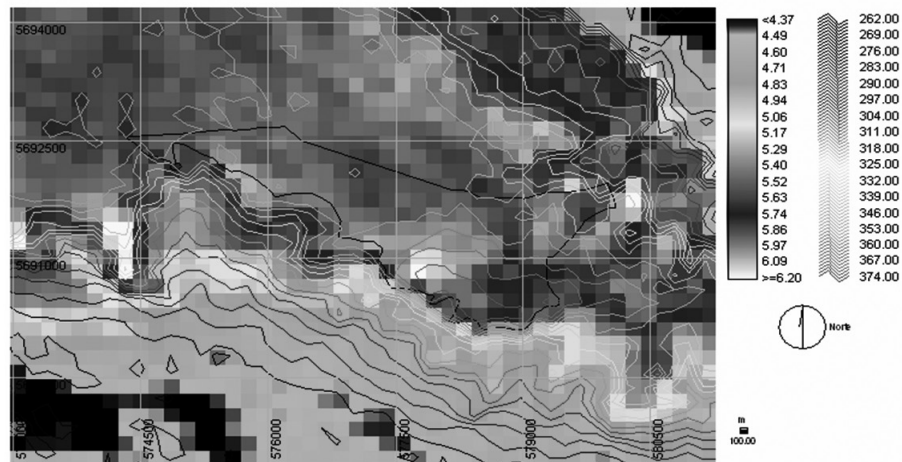


Figura 1: Viento transporte medio (m/s) en una capa de mezcla con altura mínima ($H=250$ m) considerando datos del año 2004 (área planificada de expansión urbana, línea negra sólida)

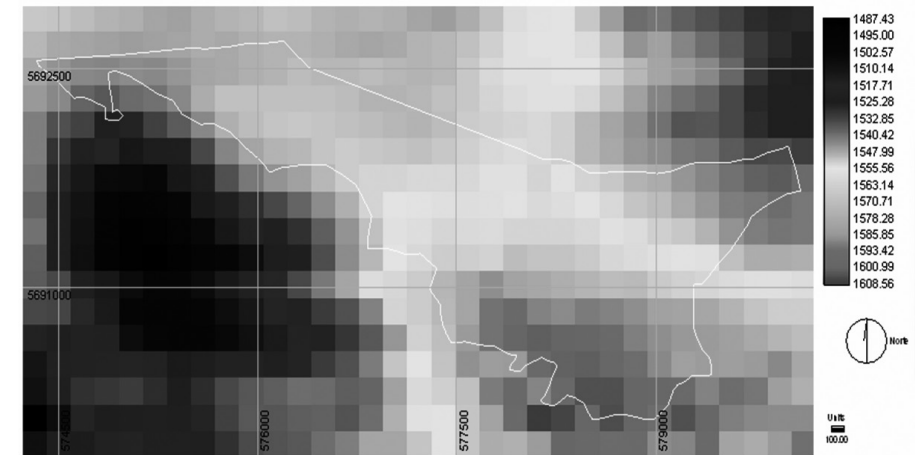


Figura 2: Índice de ventilación en el área de estudio (m^2/s) considerando una altura capa de mezcla mínima ($H=250$ m) para casos en el año 2004 (área de expansión línea sólida blanca).

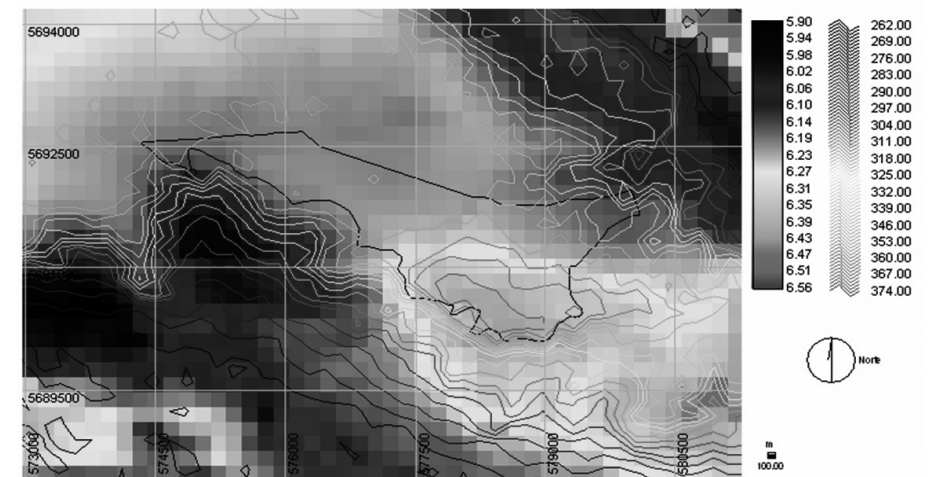


Figura 3: Viento transporte promedio (m/s) en la capa de mezcla considerando altura promedio ($H=693$ m) del período analizado (año 2004), líneas: altura de la topografía (m) y área de expansión (línea sólida).

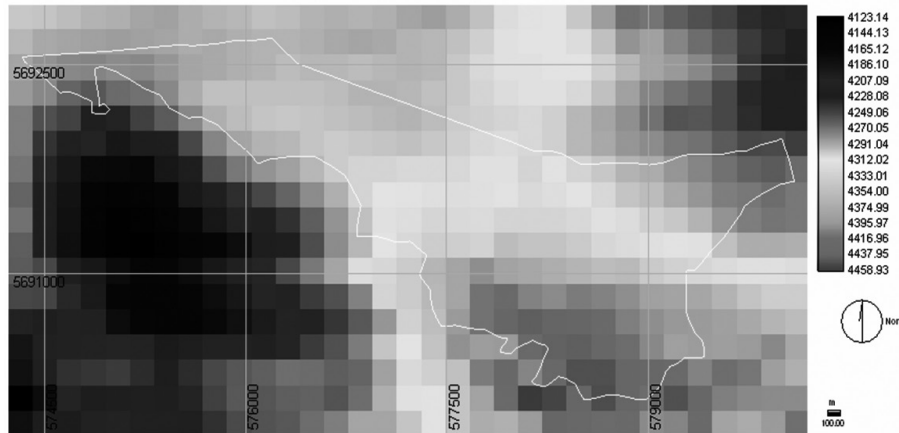


Figura 4: Índice de ventilación (m^2/s) considerando una capa de mezcla promedio de 693 m con información del año 2004 en el área de estudio (línea sólida blanca).

Este fenómeno afecta tanto a la población que habita sobre la meseta como a la población en el valle, sin embargo, debido a las diferencias espaciales de las características del viento, la intensidad del mismo varía entre ambas zonas, siendo mayor el impacto en zonas sin reparo en la meseta donde sus efectos se ven incrementados debido a la falta de cobertura vegetal del terreno.

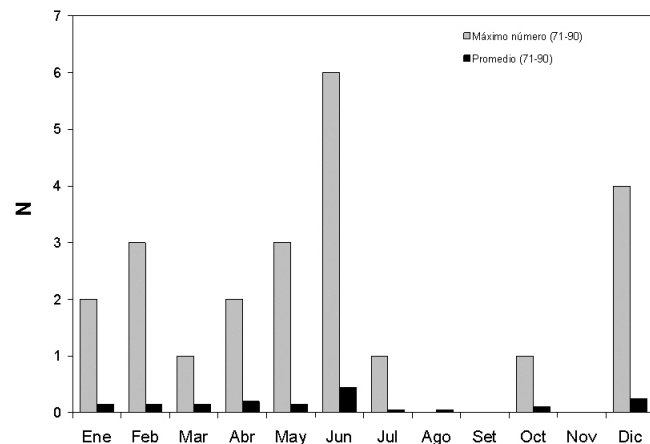


Figura 5: Número de días con tormenta de polvo en Neuquén Aero en el período 1971-1990.

Conclusiones

Bajo ciertas condiciones atmosféricas, se pueden presentar eventos de contaminación que afecten intensamente las distintas actuaciones y el normal desarrollo de actividades en la zona analizada.

En Neuquén el porcentaje (%) de ocurrencia de días consecutivos con condiciones de contaminación severa en el período 1971-1982, fue: 1 solo día 5 %, 2 días 2.5%, 3 días 1%, 4 o más días, menos de 1 % (Mazzeo y Gassman, 1991).

El caso particular de 2004 analizado en extenso presenta la ocurrencia de un valor mínimo de altura de la capa de mezcla de 250 m y un valor medio de 693 m. Estos valores son considerablemente menores a los valores máximos del período 1971-1982 obtenidos por Mazzeo y Gassman (1991) y a los valores medios mensuales obtenidos por el Proyecto PASMA que corresponden al análisis de un mayor número de casos, por lo que podría considerarse que los casos con poca ventilación son menos frecuentes.

La distribución espacial de la intensidad del viento transporte presentó variabilidad debido a la topografía y rugosidad del terreno, encontrándose valores entre 4.5 y 6.5 m/s con máximos relativos en la zona del borde de la meseta donde se presenta la mayor pendiente del terreno. Un mínimo relativo de velocidad del viento se presentó en los casos analizados en la zona del interior del valle del río Limay donde se presenta mayor rugosidad debido a la presencia de la ciudad. Se observa una aceleración del aire en las zonas cercanas a los bordes de la meseta y sobre la misma, mientras que en zonas ubicadas en el interior del valle el viento presenta menores valores, con diferencias cercanas a 2 m/s.

El valor medio del IV (índice de ventilación) durante el período analizado fue 1546 m^2/s en condiciones de capa de mezcla mínima y considerando el valor medio de altura de la capa límite (693 m) en el mismo período el IV medio ascendió a 4543 m^2/s . Esto indicaría niveles de ventilación pobre en todo el área, principalmente en el interior del valle a barlovento en zonas protegidas por la topografía. La distribución espacial del viento transporte presentó dos mínimos relativos asociados con zonas protegidas por la topografía y un máximo más marcado en el borde sur de la zona analizada, con un pequeño aumento en la intensidad con respecto al caso de altura mínima considerado anteriormente.

Las situaciones de tormentas de viento analizadas presentaron un máximo medio anual de 23 días con un máximo mensual menor a un día. Estos eventos podrían asociarse principalmente con casos de viento zonda norpatagónico, ya que la marcada sequedad del aire en conjunto con el polvo levantado por el viento pueden producir problemas de desconfort en las personas y podría con inconvenientes en la salud. Teniendo en cuenta los valores medios en un período mayor, podemos inferir que el potencial de contaminación de la zona es bajo, debido a que Neuquén presenta la menor frecuencia media del país de casos de ventilación pobre, sin embargo, los casos con poca ventilación podrían asociarse a situaciones de desconfort.

Si se tiene en cuenta la expansión urbana y la cercanía con parques industriales sería deseable implementar un plan de monitoreo de la calidad del aire de la ciudad, lo que permitiría analizar esta temática mayor con mayor detalle.

Bibliografía

Crivelli, E. y M. Pedregal. 1972. "Cartas de radiación solar global de la República Argentina". *Meteorológica* 3:80-97.

Dobbins, R. A. 1979. *Atmospheric Motion and Air Pollution*. John Wiley & Sons, New York, 323 pp.

Gassman, M. A. y Mazzeo, N. A. 1994. *Algunas características atmosféricas que influyen sobre la calidad del aire en la Argentina*. 18^a Reunión Científica de Geofísica y Geodesia. La Plata.

Gross, E. M. 1970. "The national air pollution potential forecast program". *Technical memorandum WBTM NMC-47*. United States Department of Commerce. Environmental Sciences Service Administration. Washington DC.

Holzworth, G. C. 1967. "Mixing depth, wind speeds and air pollution for selected locations in the United States". *J. Appl. Meteorológica* 6.

Hoffmann, J. A.; Gómez, A. M. T. y S. E. Nuñez. 1987. "Los campos medios anuales de algunos fenómenos meteorológicos". Pág. 13.23.1-13.3.5. *Proceedings II Congreso Interamericano y V Congreso Argentino de Meteorología*, 30 noviembre al 4 de diciembre de 1987, Buenos Aires, Argentina.

Mazzeo, N. A. y M. Nicolini. 1974. "Eficiencia de la dispersión atmosférica en la zona de La Plata". *Meteorológica*, Vol. V, Nos, 1,2, y 3. 33-43.

Mazzeo, N. A. y M. A. Gassman. 1991. *Capacidad de auto depuración de la atmósfera en la República Argentina*. Congremet VI. Buenos Aires.19-20.

Pedro, G.; Mattio, H.; Palese, C.; Warchomicka, N. y J. Lassig. 2006. *Recurso eólico de la provincia del Neuquén, Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente* Vol. 10, 2006. Impreso en la Argentina. ISSN 0329-5184.

Stackpole, J. D. 1967. "The air pollution potential forecast program". *Weather Bureau Technical Memorandum NMC-43*. National Meteorological Center, Suitland, Maryland.

Ulke, A. G. y N. A. Mazzeo. 1994. *La capa de mezcla diurna y episodios de contaminación del aire en la ciudad de Buenos Aires*. 18^a Reunión Científica de Geofísica y Geodesia. La Plata.