

CLASIFICACIÓN DE LOS AEROSOLES PARA LA ESTACIÓN AERONET DE COMODORO RIVADAVIA DURANTE 2015

AEROSOL CLASSIFICATION FOR COMODORO RIVADAVIA AERONET STATION DURING 2015

L. A. Otero^{*1,2}, P. R. Ristori^{1,3}, E. Martorella¹, A. F. Pereyra¹, S. Brusca¹, V. E. Fierro², G. Franchi², M. E. Herrera^{1,3}, J. L. Bali⁴, R. L. D'Elia¹, O. Vilar¹, J. O. Salvador^{1,3,5}, M. M. Raponi^{1,3}, and E. J. Quel^{2,3}

¹Centro de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones (CEILAP), UNIDEF (MINDEF - CONICET) – CITEDEF, Juan Bautista de La Salle 4397 (B1063ALO), Villa Martelli, Buenos Aires, Argentina.

²Universidad de la Defensa Nacional, Facultad de Ingeniería del Ejército, Escuela Superior Técnica Grl. Div. Manuel N. Savio, Av. Cabildo 15 (C1426AAA), C.A.B.A., Buenos Aires, Argentina.

³Universidad Tecnológica Nacional - Facultad Regional Buenos Aires, Medrano 951 (C1179AAQ), C.A.B.A., Buenos Aires, Argentina.

⁴Departamento de Modelado y Manejo de Crisis (DMMC), CITEDEF - CONICET, Juan Bautista de La Salle 4397 (B1063ALO), Villa Martelli, Buenos Aires, Argentina.

⁵Universidad Nacional de la Patagonia Austral, Unidad Académica Río Gallegos y CIT, Av. Piloto "Lero" Rivera y Av. Gdor. Gregores, Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina.

Recibido: 30/01/2019; Aceptado: 30/12/2019


La ciudad de Comodoro Rivadavia, en la provincia de Chubut, se encuentra a orillas del mar Argentino, en la zona central de la Cuenca de San Jorge. Su clima es de tipo árido con pocas precipitaciones. En este trabajo, se analizan estadísticamente los datos del espesor óptico de los aerosoles de la estación de red AERONET/NASA que se encuentra instalado en la estación de monitoreo (45,792° S; 67,463° O) del Aeropuerto Internacional General Enrique Mosconi y se correlacionan los resultados con la dirección del viento que afectan a la ciudad para el año 2015. La misma es afectada mayormente por vientos del cuadrante Oeste provenientes desde la cordillera, y por vientos del cuadrante Este desde el mar. Estas dos direcciones del viento provocan transporte de dos tipos de aerosoles: los marinos y el polvo. Para ejemplificar las características de los aerosoles movilizados por estas dos direcciones del viento, se estudian las mediciones del fotómetro solar para los días 21 y 22 de enero de 2015. Se determinan para esos días las características ópticas de los aerosoles en suspensión en la atmósfera.

Palabras clave: dirección de viento, aerosoles, Comodoro Rivadavia.

The city of Comodoro Rivadavia, in the province of Chubut, is located on the shores of the Argentinean Sea, in the central zone of the San Jorge Basin. Its climate is arid with little rainfall. In this work, the aerosol optical data of the aerosols of the AERONET/NASA network station that is installed in the monitoring station (45,792° S; 67,463° W) of the General Enrique Mosconi International Airport are analyzed statistically and correlated the wind direction results that affect the city by 2015. It is mostly affected by winds from the West quadrant from the mountain range, and winds from the East quadrant from the sea. These two wind directions cause transport of two types of aerosols: marine and dust. To exemplify the characteristics of the aerosols mobilized by these two wind directions, the measurements of the solar photometer are studied for January 21th and 22th, 2015. The optical characteristics of the suspended aerosols in the atmosphere are determined for those days.

Keywords: wind direction, aerosols, Comodoro Rivadavia.

<https://doi.org/10.31527/analesafa.2019.30.4.85>

 ISSN 1850-1168 (online)

I. INTRODUCCIÓN

El viento transporta partículas en suspensión denominados aerosoles. Estos pueden ser de origen natural o antropogénico y dependiendo de sus características y propiedades, tanto físicas, químicas como ópticas alteran y modifican la atmósfera y el aire que respiramos [1]. En este trabajo se realiza un análisis estadístico los datos del espesor óptico de aerosoles (AOD) en nivel 2.0 (datos calibrados) del fotó-

metro solar instalado en la ciudad de Comodoro Rivadavia perteneciente a la red AERONET (Aerosol Robotic Network) administrado por NASA, para el año 2015. Luego se correlacionan estos datos con los datos de la dirección del viento en superficie de la misma ciudad, obtenidos de la base ASOS-Network (Automated Surface Observing System).

El objetivo del presente trabajo es poner en evidencia que el tipo de aerosol que se encuentra en suspensión en la atmósfera puede ser modificado e influenciado por la direc-

* lotero@citedef.gob.ar; lidia1116@gmail.com

ción de los vientos.

II. DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN Y DE LOS DATOS PROCESADOS

La estación de Comodoro Rivadavia

La ciudad de Comodoro Rivadavia es la más poblada de la provincia de Chubut, ubicada a orillas de la parte central de la cuenca del Golfo de San Jorge y al pie del Cerro Chenque. En la figura 1 se puede observar un mapa político de la provincia de Chubut y la ubicación de la ciudad y en las figuras 2 y 3 se presentan dos vistas de la misma. El clima es árido patagónico con flora de tipo xerófila compuesta en su mayoría por arbustos de bajo tamaño. La fauna de la región posee gran cantidad de especies compuesta por ejemplares terrestres y marítimos (www.patagonia.com.ar); los de tierra más comunes son: guanacos, zorros, zorrinos, liebres, peludos. Entre las especies cuyo hábitat se desarrolla en el entorno marítimo se pueden nombrar: garzas, gaviotas, albatros y distintas especies de pingüinos, lobos marinos y toninas.

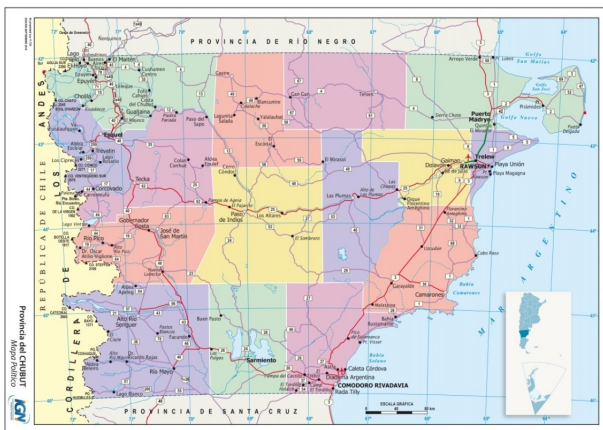


Figura 1: Ubicación geográfica de la ciudad de Comodoro Rivadavia.



Figura 2: Vista de la ciudad desde el mar.



Figura 3: Vista de la ciudad desde el cerro.

La estación de monitoreo atmosférico se encuentra instalada en el Aeropuerto Internacional General Enrique Mosconi, unos 11 km hacia el norte del centro de Comodoro Rivadavia (código IATA: CRC, coordenadas $45^{\circ} 47' 31''$ S; $67^{\circ} 27' 46''$ O, 49 m. s. n. m.). En la figura 4 se muestra una foto de la misma. La estación fue puesta en funcionamiento a fines del 2013, con el objetivo de suministrar información de aerosoles y nubes para facilitar la aeronavegación y caracterizar los aerosoles en la región [2]. Fue diseñada, construida e instalada por CITEDEF – UNIDEF (MINDEF - CONICET) en el marco del Proyecto Especial del Ministerio de Defensa N°31554/11 siendo operada en la actualidad

por personal del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). Esta estación cuenta con numerosos instrumentos entre los que se encuentra un lidar [3, 4] multilongitud de onda desarrollado por CITEDEF, un equipo MAX-DOAS [5] (Pandora) de la red Pandonia (www.pandonia.net) que mide NO_2 , O_3 en columna total vertical y un fotómetro solar CIMEL que está integrado a la red AERONET de NASA [2]. La figura 5 muestra una foto del fotómetro solar instalado en el techo del contenedor de la estación. Este equipo registra datos desde el 24 de septiembre de 2013 a la actualidad.

El programa AERONET [2] tiene como objetivo determinar características ópticas de los aerosoles y validar datos satelitales. Un fotómetro solar es un radiómetro de campo de visión angosto diseñado para medir irradiancia solar. Este instrumento tiene bandas espectrales bien definidas, del orden de los 10 nm ancho de banda FWHM (Full Width Half Maximum) [6]. El equipo está controlado electrónicamente y tiene la capacidad de almacenar los datos. El sistema posee un tracking automático para un exacto seguimiento y posicionamiento solar.



Figura 4: Estación de monitoreo atmosférico.



Figura 5: Fotómetro solar montado en el techo de la estación.

Datos utilizados y metodología

Los datos utilizados para realizar este estudio son:

- Dirección del viento en superficie para el año 2015 extraído de la red AR_ASOS Network (https://mesonet.agron.iastate.edu/request/download.phtml?network=AR_ASOS).
- Espesor óptico de aerosoles (AOD) [7] en 870 nm, 440 nm y 340 nm para el año 2015 de la Red AERONET (<https://aeronet.gsfc.nasa.gov/>).

En la tabla 1 se presenta la cantidad de datos y días procesados.

TABLA 1: Cantidad de datos y días analizados.

Descripción	Cantidad
Días con medición de dirección del viento en superficie	365
Datos de dirección del viento	8760
Días con datos de espesor óptico	258
Datos de espesor óptico	7116

La dirección del viento es registrada cada hora durante todo el año. El espesor óptico se determina solamente días despejados o parcialmente nublados.

Además, en tanto que la línea visual que une el colimador del fotómetro y el Sol esté despejado, la rutina de medición sigue una efemérides preestablecida [2]. Por tal motivo, la cantidad de datos por día de la dirección de viento es diferente a la cantidad de datos del espesor óptico. Para poder correlacionar los datos se siguieron los siguientes criterios:

a) la dirección del viento puede cambiar mucho durante el día, normalmente se utilizan ocho direcciones principales de la Rosa de los Vientos para describir su dirección (N, S, E, O NE, NO, SE y SO), o sea cada dirección abarca 45° de los 360° de la rosa; en esta oportunidad, se utilizan solamente los cuatro cuadrantes principales (N, S, E y O), por ejemplo una dirección del viento del SO (entre 202,5° y 247,5°) se la considera viento con componente O. En la tabla 2 se presentan los intervalos angulares usados para clasificar cada dirección.

b) a cada medición de espesor óptico se le asigna la dirección de viento medida temporalmente más cercana.

TABLA 2: Intervalos angulares para clasificar la dirección del viento.

Dirección	Intervalo angular
Norte – Componente Norte	315° - 45°
Este – Componente Este	45° - 135°
Sur – Componente Sur	135° - 225°
Oeste – Componente Oeste	225° - 315°

III. RESULTADOS

La metodología de trabajo se basó en correlacionar los datos medidos de AOD a diferentes horas durante el día con las mediciones de dirección del viento. En la tabla 3 se presenta un resumen de los resultados, los cuales tienen relación con el trabajo de Martín, et al., 2015 [8]. En dicho artículo, se estudia en profundidad las direcciones de los vientos en la zona costera de la Patagonia utilizando una base de datos de 23 años.

TABLA 3: Clasificación del AOD con la dirección del viento.

Descripción	[%]
Datos de AOD con dirección o componente Oeste	40
Datos de AOD con dirección o componente Este	37
Datos de AOD con otras direcciones	23
Días con dirección dominante o componente Oeste	60
Días con dirección dominante o componente Este	30
Días con otras direcciones	10

Para dar un ejemplo de las características de los aerosoles, se analizan los días 21 y 22 de enero de 2015. Se seleccionaron dos días consecutivos para poner en evidencia que hay una correlación entre los aerosoles en suspensión y la dirección del viento. Para el día 21, se muestra en la figura 6 la dirección del viento en superficie obtenida de la base NCEP/NCAR de NOAA. En la imagen se puede observar que para la región del Golfo de San Jorge, la dirección del viento es proveniente del mar. En la figura 7 se presenta en grados, la dirección del viento para la ciudad de Comodoro Rivadavia obtenida de la base AR_ASOS Network, se puede ver que durante todo el día se registró viento del cuadrante Este.

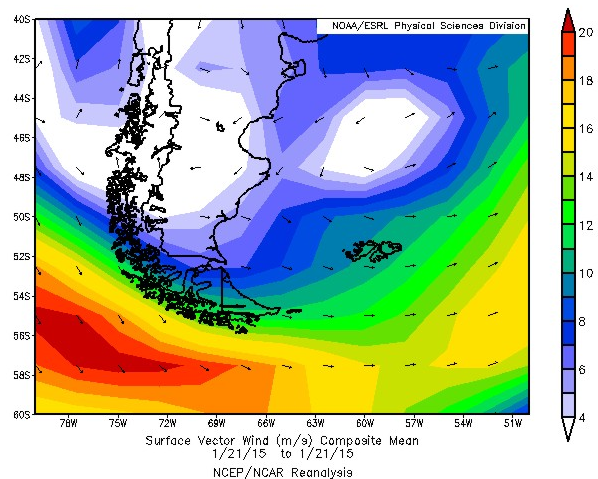


Figura 6: Dirección del viento en superficie el 21 de enero de 2015 para la región patagónica – NCEP/NCAR (NOAA).

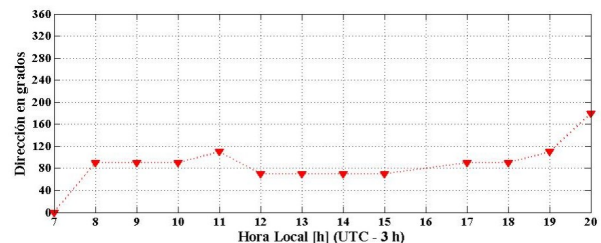


Figura 7: Dirección del viento para la ciudad de Comodoro Rivadavia el 21 de enero de 2015- AR_ASOS Network.

En las figuras 8 y 9 se presenta, para el día 21, la evolución temporal del espesor óptico de aerosoles y del coeficiente de Ångström [9], parámetro que se relaciona con el radio medio de las partículas. Se pueden observar valores bajos de AOD y un coeficiente de Ångström que es siempre menor a 1, llegando a valores de 0,3 [10].

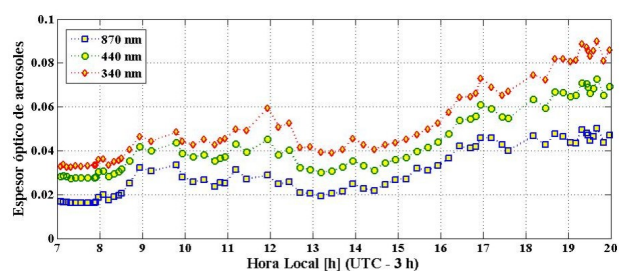


Figura 8: Evolución temporal del espesor óptico de aerosoles para la ciudad de Comodoro Rivadavia el día 21 de enero de 2015.

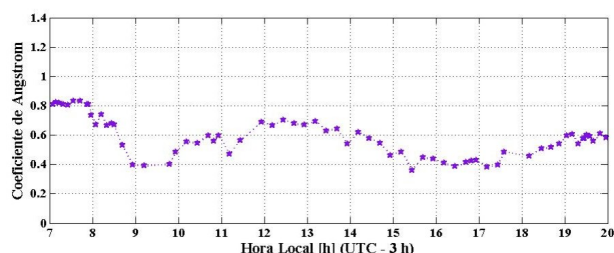


Figura 9: Evolución temporal del Coeficiente de Ångström para la ciudad de Comodoro Rivadavia el día 21 de enero de 2015.

Para el día 22 de enero se muestra en las figuras 10 y 11 que los vientos dominan del sector Oeste.

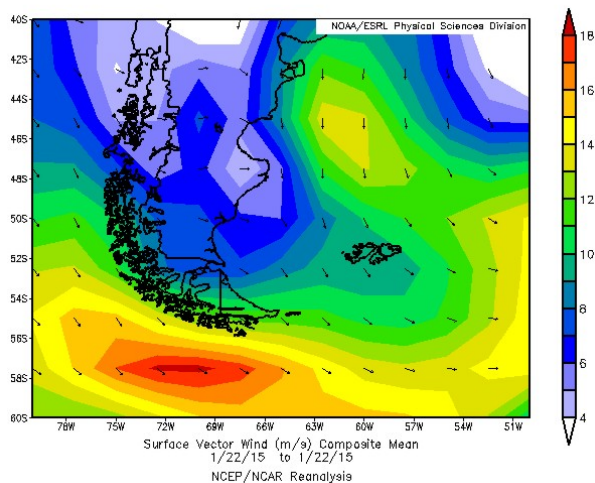


Figura 10: Dirección del viento en superficie el 22 de enero de 2015 para la región patagónica – NCEP/NCAR (NOAA).

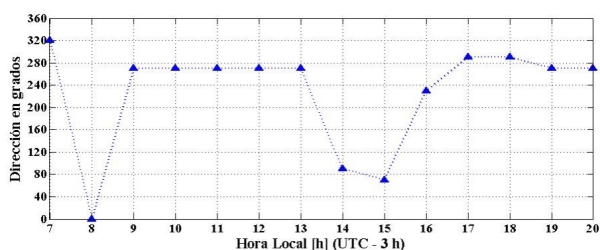


Figura 11: Dirección del viento para la ciudad de Comodoro Rivadavia el 22 de enero de 2015- AR_ASOS Network.

En las figuras 12 y 13 se presenta, para el día 22, la evolución temporal del espesor óptico y del coeficiente de Ångström. En este caso, ambos parámetros alcanzan valores mayores que el día anterior.

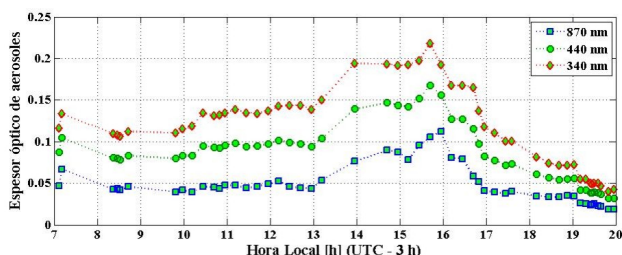


Figura 12: Evolución temporal del espesor óptico de aerosoles para la ciudad de Comodoro Rivadavia el día 22 de enero de 2015.

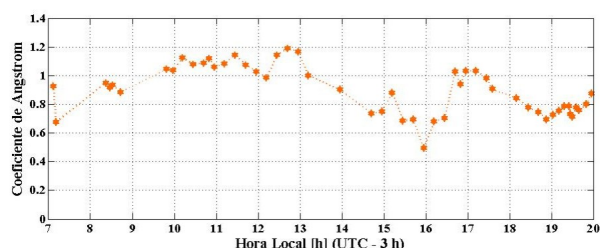


Figura 13: Evolución temporal del coeficiente de Ångström para la ciudad de Comodoro Rivadavia el día 22 de enero de 2015.

Para clasificar el tipo de aerosoles presentes cada día se grafica el coeficiente de Ångström versus el espesor óptico en 440 nm [11]. Este gráfico se muestra en la figura 14, donde se pueden identificar tres tipos de aerosoles: marítimo, desértico y continental. Para el día 21 del tipo marítimo y continental y para el día 22 continental y desértico (polvo).

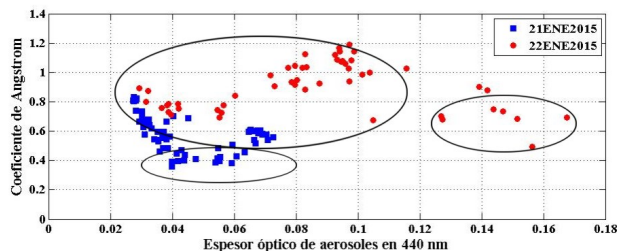


Figura 14: Coeficiente de Ångström versus el espesor óptico en 440 nm para la ciudad de Comodoro Rivadavia los días 21 y 22 de enero de 2015.

IV. CONCLUSIONES

Se analizaron los datos de AOD y viento para el año 2015 de la Ciudad de Comodoro Rivadavia. Se seleccionaron dos días consecutivos, 21 y 22 enero de 2015, para ejemplificar las características de los aerosoles. En el trabajo se pone en evidencia que el tipo de aerosol que se encuentra en suspensión en la atmósfera es influenciado por la dirección de los vientos.

Se realizó un estudio estadístico de la dirección del viento en superficie, determinándose que hay dos direcciones más frecuentes: vientos desde el mar y desde el continente. Se correlacionaron estas direcciones con el espesor óptico de aerosoles para encontrar las características de los mismos, hallándose que son del tipo marino para los días con viento Este (desde el mar) y de tipo polvo o continental para los días con viento Oeste (desde el continente).

Queda como trabajo futuro analizar la influencia de la velocidad del viento como forzante de los aerosoles.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a: la red AERONET, CONICET, ANPCyT, NCEP/NCAR (NOAA), ASOS Network, UNDEF, Proyectos UNDEFI y Ministerio de Defensa por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo. También a todo el personal técnico de NASA, CITEDEF y SMN, que han mantenido en funcionamiento el fotómetro solar de Comodoro Rivadavia, en especial al señor Daniel Aguirre. Se agradece también al IGN por el mapa utilizado en este trabajo.

REFERENCIAS

1. G. A. D'Almeida, P. Koepke, and E. P. Shettle. *Atmospheric aerosols: Global climatology and radiative characteristics*. A. Deepak Publishing, Hampton, Virginia, 1991.
2. B. Holben, T. F. Eck, I. Slutsker, D. Tanre, J. P. Buis, A. Setzer, E. Vermote, J. A. Reagan, Y. Kaufman, T. Nakajima, F. Lavenu, I. Jankowiak, and A. Smirnov. AERONET-A federated instrument network and data achieve for aerosol characterization. *Remote Sens. Environ.*, **66**(1):1–16, 1998.

3. P. Ristori, L. Otero, Y. Jin, B. Barja, A. Shimizu, A. Barbero, J. Salvador, J. Bali, M. Herrera, P. Etala, A. Acquesta, E. Quel, N. Sugimoto, and A. Mizuno. SAVER.Net lidar network in southern South America. *EPJ Web of Conferences*, **176**:09011, 2018.
4. E. Quel, N. Sugimoto, L. Otero, Y. Jin, P. Ristori, T. Nishizawa, F. González, S. Papandrea, A. Shimizu, and A. Mizuno. Aerosols Monitoring Network to Create a Volcanic Ash Risk Management System in Argentina and Chile. *EPJ Web of Conferences*, **119**:19006, 2016.
5. M. Raponi, A. Cede, D. Santana Diaz, R. Sánchez, J. Salvador, L. Otero, P. Ristori, and E. Quel. Columna total de ozono medida en Buenos Aires entre marzo y noviembre de 2017, empleando un sistema espectrométrico Pandora. *Anales AFA*, **29**(2):46–50, 2018.
6. G. E. Shaw. Sun Photometry. *Bulletin of American Meteorological Society*, **64**:4–10, 1983.
7. O. Dubovik and M. King. A flexible inversion algorithm for retrieval of aerosol optical properties from sun and sky radiance measurements. *J. Geophys. Res.*, **105**(D16):20673–20696, 2000.
8. P. Martin, L. Serio, A. Pescio, and W. Dragani. Persistencia de vientos superficiales del cuadrante este en estaciones costeras de la Patagonia. *Geoacta, ISSN 0326-7237*, **40**(2):87–97, 2015.
9. A. Ångström. On the atmospheric transmission of sun radiation and on dust in the air. *Geografis Annal.*, **2**:156–166, 1929.
10. L. Otero, P. Ristori, M. García Ferreyra, M. Herrera, J. Bali, A. Pereyra, E. Martorella, S. Brusca, R. D'Elia, V. Fierro, G. Franchi, O. Vilar, J. Salvador, M. Raponi, and E. Quel. Siete fotómetros de la red AERONET instalados en territorio argentino: análisis estadísticos de los datos y caracterización de los aerosoles. *Anales AFA*, **29**(3):78–82, 2018.
11. L. Otero, P. Ristori, B. Holben, and E. Quel. Espesor óptico de aerosoles durante el año 2002 para diez estaciones pertenecientes a la red AERONET – NASA. *Opt. Pura Apl.*, **39**(4):355–364, 2006.