

## EL DÍA QUE MÁS PRECIPITA EN ROSARIO.

J. R. Pomar<sup>1,2</sup>; G. M. Salum<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Grupo de Energía Solar / Instituto de Física Rosario  
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)  
Bv. 27 de febrero 210 bis- 2000 Rosario- República Argentina  
(0341) 4472824 int.30- pomar@ifir-conicet.gov.ar

<sup>2</sup> Regional Concepción del Uruguay / UTN

**RESUMEN:** Este trabajo presenta un análisis para conocer el día con mayor precipitación en la ciudad de Rosario, Argentina. Para esto, se registraron los días de la semana en los cuales precipitó, desde Enero de 2003 hasta Junio de 2008. Además el Servicio Meteorológico Nacional aportó la información de los milímetros precipitados por día. Con estos datos se encontró que el día que precipita con mayor frecuencia y más milímetros es el día viernes y el día con menor frecuencia es el día martes. Además, la cantidad de días por mes que precipita es aproximadamente constante, pero la cantidad de días que precipita por año tiene una tendencia positiva. Respecto de las estaciones del año, existen pequeñas tendencias positivas en la cantidad de días de precipitación en verano y primavera; y negativas para invierno y otoño. Los datos obtenidos por los autores y los datos del SMN muestran una leve diferencia pero se repite el hecho de que es el viernes el día que con más frecuencia precipita.

**Palabras clave:** precipitaciones, viernes, Rosario

### INTRODUCCIÓN

La atmósfera es una capa gaseosa y de partículas en suspensión que envuelve a la tierra y su presencia es esencial para el desarrollo de la vida sobre la misma. Entre otras funciones, la atmósfera nos protege de los rayos solares de alta energía, actúa como sistema de regulación térmica y permite el transporte de calor entre las distintas regiones del planeta.

La troposfera es la capa atmosférica más cercana a la superficie terrestre llegando hasta aproximadamente 10 kilómetros de altura y es donde se desarrollan todos los fenómenos meteorológicos. En esta capa, donde se producen importantes mezclas en sentido vertical y horizontal de corrientes de aire frías y calientes, el constituyente que tiene mayor abundancia es el vapor de agua, indispensable para la formación de nubes, formadas por la unión de gotitas de agua, cristales de hielo o las dos a la vez. La nube se forma de la condensación del vapor de agua en la atmósfera y depende de factores como la cantidad de humedad del aire, la dimensión vertical y la estabilidad atmosférica.

Hay diferentes tipos de nubes: altas, medias y bajas. Entre ellas se encuentran las de precipitaciones, por ejemplo, los nimbostratos, estratos y los causantes de las grandes tormentas con gran desarrollo vertical, llamados cumulonimbos. Para que sea posible la formación de nubes, es necesario que el aire húmedo se enfríe (por ejemplo cuando aumenta la temperatura del suelo), el aire más ligero se eleve hacia las zonas frías de la atmósfera, y alcance así su punto de saturación o punto de rocío. Se podría esperar que pasado ese punto el vapor se transforme en líquido pero para ello requerirá unos niveles muy elevados de humedad. Si las nubes se forman antes de cumplir estas etapas se deberá a la presencia de innumerables partículas microscópicas, polvo, sal marina y otros aerosoles en el aire. Alrededor de estos núcleos de condensación, se condensa una primera película de agua, que permite que las gotitas se desarrollen (Confessore y Saldívar, 2006).

En cuanto al núcleo de condensación, en la atmósfera existe una suspensión de partículas ultramicroscópicas de polvo o líquidos. Estas partículas (denominados aerosoles atmosféricos) son tanto de origen terrestre (que deriva por ejemplo de humo industrial, polen, erupciones volcánicas, polvo meteórico, tormentas de arena, quemadas forestales, emisiones por quema de combustibles fósiles, quema agrícola) como de origen marino (de cristales de sal, spray oceánico, y núcleos de sal higroscópica en los cuales es condensada el agua).

Una de las razones por las cuales estudiar a los aerosoles es que podrían estar involucrados en la retroalimentación del calentamiento global. Esta retroalimentación podría darse por un efecto directo: el aumento de temperatura podría volver a los vientos más fuertes, aumentando así las concentraciones de aerosol promedio; y un efecto indirecto que involucra un aumento en la concentración promedio de aerosol. Esto significa que hay más núcleos de condensación de gotas, lo cual podría conducir a que se formen más nubes (Camilloni y Vera, 2007).

La precipitación es el mecanismo a través del cual se transporta agua en estado líquido o sólido y, en el ciclo hidrológico, se produce desde la atmósfera hacia la superficie terrestre. Los procesos que inducen la condensación del vapor de agua se originan primero en los núcleos de condensación que dan lugar a las gotas de nubes. Estas gotas crecen dentro de las nubes y una vez que se tornan lo suficientemente pesadas, comienzan a caer por efecto de la gravedad. La enorme diferencia de tamaño entre una gota de nube y una de lluvia sugiere que la condensación no es el único proceso responsable para la formación de gotas grandes que puedan caer como lluvia, sino que debe haber algún otro mecanismo que produzca el crecimiento de las gotas de nubes. Para comparar, los núcleos de condensación tienen un diámetro del orden de los 0,0002 mm, las gotas de nubes 0,02 milímetros, mientras que las de lluvia tienen un diámetro del orden de los 2 milímetros (Camilloni y Vera, 2007).

Existen diferentes formas de precipitación: lluvia, llovizna, granizo y nieve. En la ciudad de Rosario las precipitaciones más frecuentes son las tres primeras, siendo el 16 de julio de 1973 la última vez en que nevó. Por ello a continuación se presentan las definiciones de lluvia, llovizna y granizo.

La lluvia se define como una precipitación de agua en estado líquido: una gota de lluvia se forma por un aumento gradual de su tamaño dentro de la nube. Cuando adquiere cierto peso, cae por efecto de la gravedad terrestre desprendiéndose y precipitando hacia la superficie. La llovizna también llega al suelo en estado líquido. Es un tipo de precipitación uniforme, compuesta por diminutas gotitas de agua que caen muy próximas entre sí. En general, las lloviznas se desprenden de nubes estratiformes (estratos). El granizo es un tipo de precipitación de partículas de hielo de forma y tamaño variables. Está asociado a tormentas de gran desarrollo donde existen gotas de agua sobreenfriadas (agua líquida a una temperatura por debajo del punto de congelación). Cuando las gotas sobreenfriadas chocan con otras que están congeladas dentro de la nube, comienza el proceso de cristalización. Es necesario que las corrientes de ascenso dentro de la nube sean intensas para que el granizo permanezca más tiempo dentro de la nube y pueda desarrollarse. Una vez que la piedra de granizo alcanza un determinado tamaño, vence las corrientes de aire ascendentes y cae hacia la superficie (Confessore y Saldívar, 2006).

En este trabajo se consideraron todos los distintos tipos de precipitaciones sin diferenciación entre los mismos.

Un aspecto a tener en cuenta es la influencia de los eventos Niño/Niña en los datos registrados. El fenómeno de *El Niño* apareció históricamente como una contracorriente marina cálida ecuatorial que se desarrolla frente a las costas sudamericanas en el verano austral (diciembre). Se conoce desde tiempos coloniales y sus efectos más visibles eran un calentamiento anormal de las aguas del Pacífico, la desaparición de cardúmenes, la mortandad de aves marinas y un aumento de lluvias en las costas áridas del norte peruano.

En Argentina, el efecto a distancia ejercido por El Niño, también llamado "teleconexión", puede producir un aumento de precipitaciones durante la primavera, previa a la culminación del proceso, en una extensa región del Litoral centrada aproximadamente en la provincia de Corrientes. Durante pleno verano los indicios sobre efectos locales no son muy claros, pero si El Niño se prolonga varios meses más, también suelen producirse mayores precipitaciones que las normales en la misma región durante los meses de abril y mayo. En cambio en el Noroeste argentino el fenómeno de El Niño está asociado a una fuerte reducción de las lluvias de verano. Los efectos de la Niña pueden durar hasta dos años. Los cambios en los patrones globales del tiempo que introduce esta fase del ENOS (El Niño/Oscilación del Sur), producen un incremento de la actividad ciclónica en el Atlántico Norte y en el Pacífico, cerca de Oceanía y de Asia. La corriente fría de Humboldt se desplaza más al Norte, provocando la caída por debajo de los valores normales de la temperatura superficial del mar frente a las costas del Perú y el Ecuador (Confessore y Saldívar, 2006).

Actualmente, el análisis del comportamiento de las precipitaciones está aumentando debido a los cambios registrados en las mismas. Por ejemplo, se realizó un análisis de las características más representativas del comportamiento del ciclo diario de la precipitación y su variabilidad en el municipio de Quibdó, Colombia (Murillo y colab., 2005) y se encontró, entre otras cosas, que existía una bimodalidad del ciclo diario para todos los meses del año y durante todo el año. Otro estudio publicado en *Journal of Geophysical Research*, dice que en el sureste de EEUU llueve más los jueves que los domingos, y se establece un vínculo entre el día de la semana y la pluviosidad debido a la contaminación producida por el ser humano. Los días laborables, cuando las industrias trabajan a pleno rendimiento y el humo de los tubos de escape traza el camino de ida y vuelta al trabajo, aumentan las precipitaciones (Ansele, 2008).

Este trabajo realiza un análisis de los datos obtenidos por los autores y por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) para conocer el día de la semana con mayor precipitación, en frecuencia y en milímetros precipitados, en la ciudad de Rosario, Argentina.

## **METODOLOGÍA**

La metodología seguida para la realización de este trabajo consistió en el registro cuidadoso de los días en que existió algún tipo de precipitación, desde enero de 2003 hasta junio de 2008. Luego se los separó en días de la semana para obtener la frecuencia de ocurrencia de precipitación en función del día de la semana. No se discriminó el tipo de precipitación ni la cantidad de veces que precipitó en un mismo día, sino que se registró como una única ocurrencia.

Otra forma elegida para presentar los datos fue considerar la cantidad de veces que precipitó un día de la semana en cada mes del año sumando todos los meses desde enero de 2003 hasta junio de 2008.

También se analizaron los datos según la cantidad de días de precipitación por mes agrupados por estación (es decir, grupos de tres meses), por ejemplo para verano del 2003 se representó en función de diciembre 2002, enero y febrero de 2003.

Posteriormente, con los datos de milímetros precipitados por día, suministrados por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) se obtuvo la ocurrencia de precipitación en función del día de la semana y se comparó los datos obtenidos por los autores y los datos del SMN, registrados éstos últimos en el Aeropuerto Internacional de Fisherton, Rosario.

Con los datos originados en el SMN se realizó análisis de la evolución de la cantidad de la precipitación en milímetros, en función de los meses del año, desde enero del 2003 hasta junio de 2008. Luego se comparó la cantidad de días de precipitación y la precipitación total en función de los meses consecutivos, desde enero de 2003 hasta junio de 2008.

## RESULTADOS

A continuación se presentan los datos adquiridos de frecuencia de precipitación y milímetros precipitados agrupados por mes, año y día de la semana.

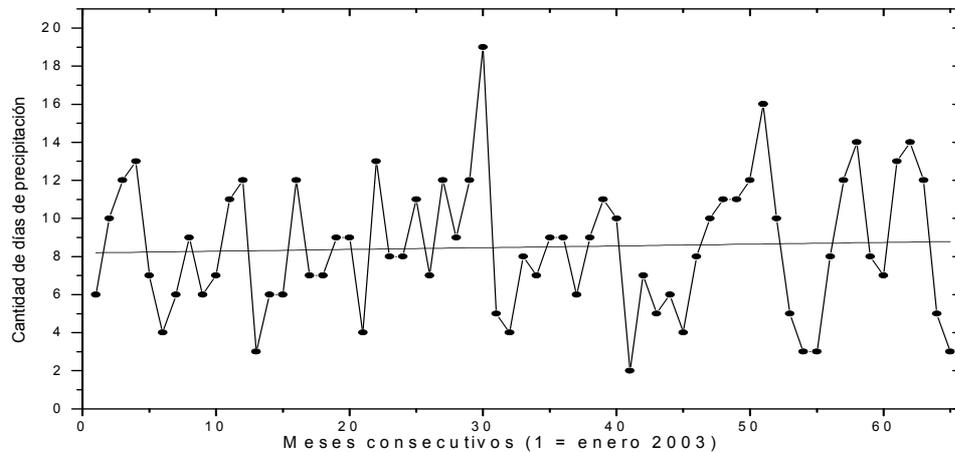


Figura 1: Gráfica de la cantidad de días de precipitación por mes, en función de los meses consecutivos del año. La tendencia positiva resultante se muestra en línea continua.

En la Figura 1 se grafica la cantidad de días de precipitación por mes, en función de los meses consecutivos desde enero de 2003 hasta junio de 2008. Los datos muestran una pequeña tendencia positiva de 0,11 días de lluvia por año, por lo cual podría decirse que la cantidad de días de precipitación por mes ha sido prácticamente constante desde enero de 2003 hasta junio de 2008.

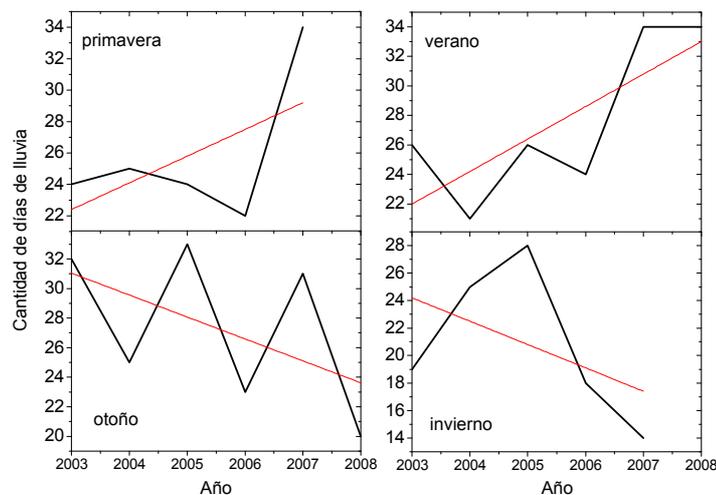


Figura 2: Cantidad de días en que precipitó por mes, en función de la estación (tríada de meses) y el año para mostrar la cantidad de días de precipitación para cada estación.

La Figura 2 representa la cantidad de días de precipitación agrupados por estación y pueden apreciarse las tendencias: positiva para verano: 2,2 días/año; positiva para primavera: 1,7 días/año; negativa para invierno: - 1,7 días y otoño una tendencia negativa: -1.5 para otoño.

En la Figura 3 se grafica la cantidad de días de precipitación en función de los días de la semana. Del total de días que registraron precipitaciones, se encontraron los siguientes porcentajes: lunes: 13,3 % (74 veces), martes: 11,8% (66 veces), miércoles: 15,6 % (87 veces), jueves: 13,1% (73 veces), viernes: 17,4 % (97 veces), sábado: 14,3% (80 veces) y domingo: 14,5% (81 veces) del total de días de precipitación (558 veces). Esto indica que el día viernes es el día de la semana que precipita con mayor frecuencia y martes el día con menor.

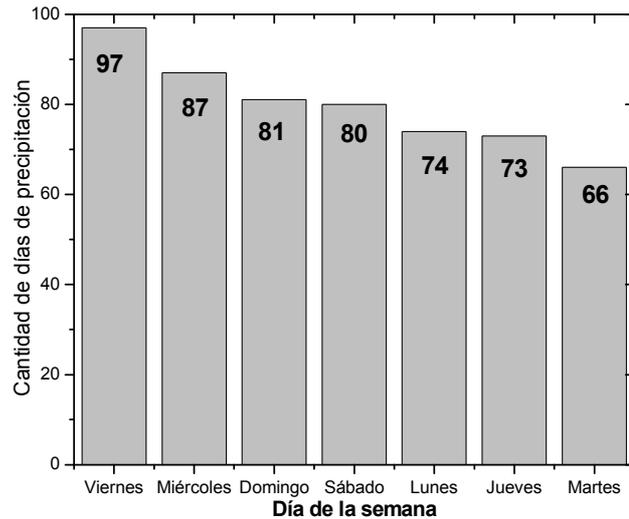


Figura 3: Cantidad de días de precipitación en función del día de la semana. Puede notarse que el día viernes es el día de la semana en el que se presenta la mayor cantidad de días de precipitación.

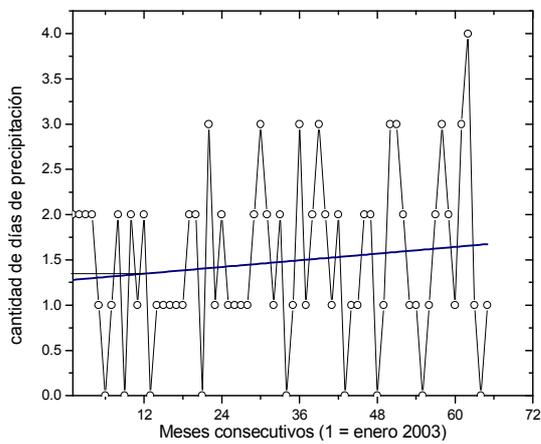


Figura 4. Evolución de la cantidad de veces que precipitó un viernes.

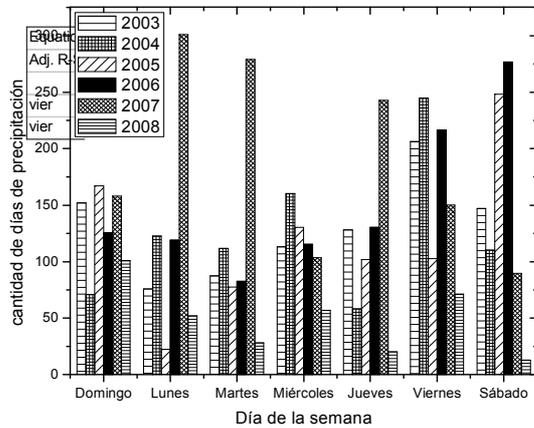


Figura 5. Gráfico de la cantidad de días de lluvia para cada día diferenciando cada año.

El gráfico de la suma de veces que precipitó un día viernes en cada mes, desde enero de 2003 hasta junio de 2008, se muestra en la Figura 4, para poder observar su evolución. Se calculó una tendencia positiva de 0,075 días/año, o 0,75 días/década. Otra vez se trata de una tendencia casi constante en la evolución de las precipitaciones en los días viernes. La cantidad de días que precipitó un determinado día de la semana diferenciando cada año se muestra en la Figura 5.

En la Figura 6 se muestra la suma total de días que precipitó en un determinado mes, considerando desde enero de 2003 hasta junio de 2008.

En la Figura 7 se observa la comparación entre los datos obtenidos por los autores y los datos del SMN (de ocurrencia de precipitación), registrados éstos últimos en el Aeropuerto Internacional de Fisherton, Rosario. Las diferencias en cuanto a la cantidad de veces que precipitó se deben en gran medida a la distancia de quince kilómetros entre el centro de Rosario (donde se registraron los datos observacionales) y Fisherton.

A pesar de esta distancia, lo notable es la coincidencia de que el día viernes está a la vanguardia en ambos casos. Además, si se calcula la cantidad de veces que precipitó un viernes, miércoles y jueves (257 según dato observacional, 280 según dato SMN), y por otra parte se calcula la cantidad de veces que precipitó un sábado, domingo y lunes (235 según dato observacional, 231 según dato SMN), se encuentra mayor probabilidad en el primer conjunto de días tanto con datos observacionales como con datos SMN. Al encontrar este acuerdo, pasamos a analizar los datos de milímetros precipitados del SMN.

La Figura 8 muestra una tendencia positiva correspondiente a un aumento de la precipitación de 5,48 mm por año y un pico en Marzo de 2007, dado que corresponde al mes con mas milímetros precipitados y también con más días de precipitaciones: 16 de los 31 días.

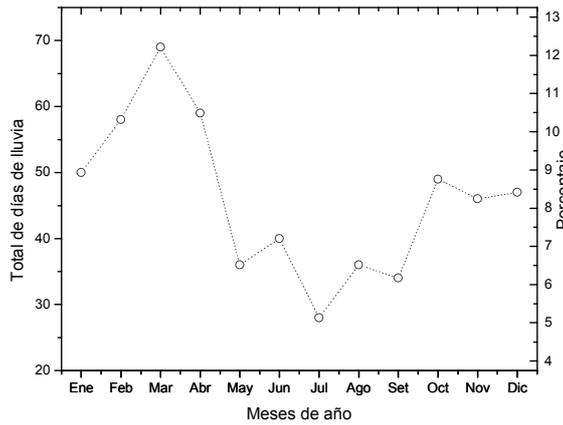


Figura 6. Cantidad total y porcentaje de días que precipitó en un mes, en función de los meses del año.

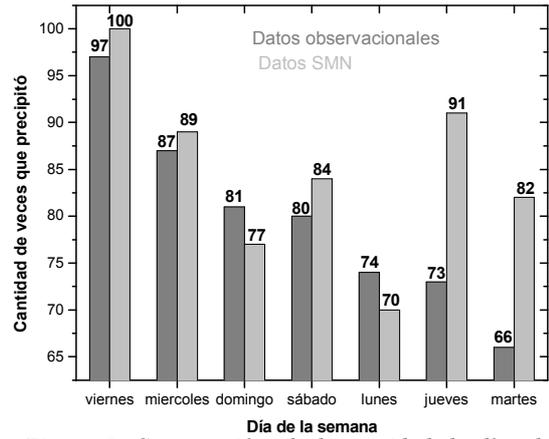


Figura 7. Comparación, de la cantidad de días de precipitación en función del día, entre los datos observacionales (columnas grises más oscuras) con los datos del SMN (columnas grises más claras).

Incorporando en el mismo gráfico la cantidad de días de precipitación junto a la precipitación total en función de los meses consecutivos, desde enero de 2003 hasta junio de 2008 se obtiene la Figura 9. El propósito de esta gráfica es mostrar que no siempre un aumento en la cantidad de días de precipitación implica un aumento en la cantidad de precipitación y viceversa.

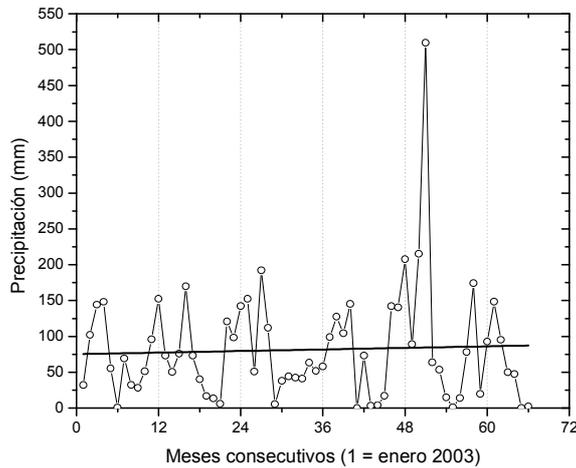


Figura 8. Evolución de la cantidad de precipitación en milímetros en función de los meses de año. Con una línea recta se grafica la tendencia.

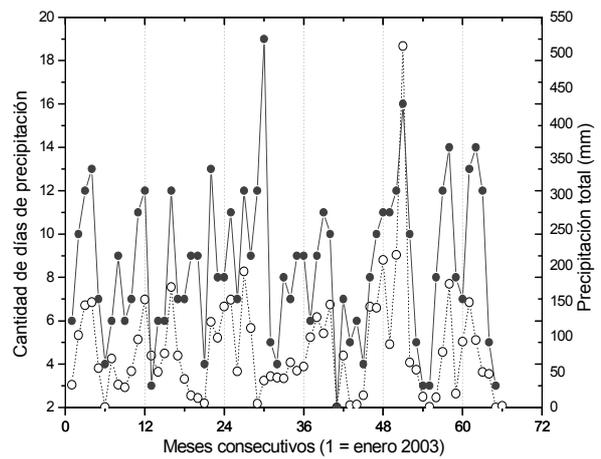


Figura 9. Cantidad de días de precipitación (círculos llenos) y precipitación total (círculos vacíos) en función de los meses.

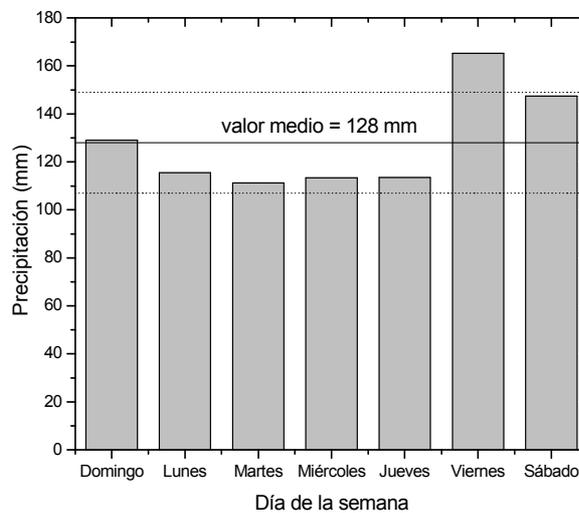


Figura 10. Precipitación total, en mm, de cada día de la semana. En línea continua se muestra el valor medio.

En la Figura 10, se grafica la precipitación total, en mm, de cada día de la semana, obtenida desde enero de 2003 hasta junio de 2008. Se calculó el valor medio y su desviación estándar y resultó:  $(128 \pm 21)$  mm. Se puede apreciar que la cantidad de milímetros llovidos en los días viernes es superior a la de los otros días de la semana y está fuera de la banda de  $1\sigma$  (una desviación estándar).

## CONCLUSIONES

De los cálculos realizados se concluye que en el período enero de 2003 a junio de 2008, en la ciudad de Rosario, precipitó con más frecuencia un día viernes. También fue un viernes el día de la semana que más milímetros precipitó.

A lo largo de estos meses la cantidad de milímetros precipitados se mantuvo aproximadamente constante con una pequeña tendencia positiva de 5,48 mm por año. En cuanto a la cantidad de días, también la tendencia fue aproximadamente constante.

Se encontró concordancia en el día de la semana que más precipita entre los datos del SMN ubicado en la ciudad de Fisherton y los datos observacionales en la ciudad de Rosario. Esto indica que a pesar de estar ubicado a 15 km del centro de la ciudad, los datos que provee el SMN son datos aplicables a la ciudad.

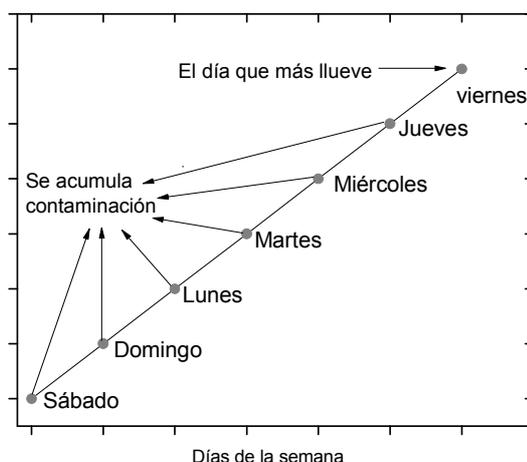


Figura 11. Gráfico explicativo de la hipótesis de motivo de la mayor probabilidad de precipitación en un día viernes. Al detectar una mayor probabilidad de que precipite un día viernes, se podría inducir que los aerosoles (antropogénicos, vehiculares e industriales) se acumularían durante los primeros días de la semana decantando en precipitación hacia el viernes.

La vinculación entre la acumulación de aerosoles en la semana con la mayor probabilidad de precipitación en los viernes, escapa al objetivo de este trabajo, pero se deja planteada la tarea a futuro de esta correlación (ver Figura 11).

Además, sería importante contrastar los datos de frecuencia de precipitación durante los cinco años y medio de estudio, más los que se irán agregando, con los datos del índice del efecto Niño/Niña para poder determinar si existe relación entre ambos.

## REFERENCIAS

- Ansede, Manuel (2008). Los jueves llueve más que los domingos, Revista Electrónica Publico.es - <http://www.publico.es/ciencias/046116/meteorología/precipitaciones>
- Brunetti M, Maugeri M y Nanni T (2001). Changes in total precipitation, rainy days and extreme events in northeastern Italy, International Journal of Climatology, 21, 861-871
- Camilloni I. y Vera C. (2007). El aire y el agua en nuestro planeta, Colección Ciencia Joven, Vol. 19, Eudeba
- Murillo W, Palomino S., Córdoba S, Aragón G y Banguera E (2005). El régimen diario de la precipitación en el municipio de Quibdó (Colombia), Revista de Climatología, 5, 1-7
- Confessore F y Saldívar M, 2006, Meteorología para todos, Editorial Planeta DeAgostini, Argentina

## AGRADECIMIENTOS

- A la Sup. II Ana Teresa Gómez, Jefe del Departamento del C.I.M del Servicio Meteorológico Nacional.
- Al Rectorado de la Universidad Tecnológica Nacional por la Beca de formación de posgrado otorgada a la Bioing. Graciela M Salum. A la Facultad Regional Concepción del Uruguay.
- Al Doctor Rubén D. Piacentini por su continuo apoyo.
- Al Grupo de Energía Solar en general y a la Lic. Adriana Ipiña en particular.

**ABSTRACT:** This work introduces an analysis in order to know the day with major rainfall in Rosario, Argentina. According to this, we registered the days of the week in which it rains, from January, 2003 until June, 2008. In addition, the Meteorological National Service contributed the information of the millimeters precipitated per day. With this information we found that the day that rains with major frequency and more millimeters by day is Friday and the day with minor frequency is Tuesday. The quantity of days for month that it precipitates is approximately constant, but the quantity of days that precipitates per year has a positive trend. According with the stations of the year, small positive trends exist in the quantity of days of rainfall in summer and spring; and negative trends for winter and autumn. The information obtained by the authors and the information of the SMN show a slight difference but it repeats itself as a fact that it is Friday the day that presents more frequency in rainfall.

**KEYWORDS:** rainfall, Friday, Rosario