



¿HAY VINCULACIÓN ENTRE LA ACTIVIDAD SOLAR Y LOS NIVELES HIDROMÉTRICOS EN LA CUENCA DEL RÍO DE LA PLATA-PARANÁ?

Clavijo⁽¹⁾, J.J.; Arecco⁽²⁾, M.A.; Larocca⁽³⁾, P.A.; Fiore⁽⁴⁾, M.E.; Oreiro⁽⁵⁾, F.A.; Pradelli⁽⁶⁾, A.

(1) Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Departamento de Agrimensura, Ing. en Agrimensura, Av. Las Heras 2214, 011-5285-0331, jjclavijo@gmail.com

(2) Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas, Dra. en Geofísica, Av. Las Heras 2214, 011-5285-0331, marecco@fi.uba.ar.

(3) Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas, Dra. en Ingeniería, Av. Las Heras 2214, 011-5285-0331, plaroc@fi.uba.ar.

(4) Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Instituto de Geodesia y Geofísica Aplicadas, Lic. en Oceanografía, Av. Las Heras 2214, 011-5285-0331, y Ministerio de Defensa, Servicio de Hidrografía Naval, Montes de Oca 2124, 011-4317-2000, mfiore@hidro.gob.ar.

(5) Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Departamento de Agrimensura, Ing. Geodesta-Geofísico, Av. Las Heras 2214, 011-5285-0331, feroreiro@yahoo.com.ar.

(6) Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ingeniería, Departamento de Agrimensura, Agrimensor, Av. Las Heras 2214, 011-5285-0331, apradel@fi.uba.ar.

RESUMEN

Muchos procesos terrestres muestran tendencias y cambios a largo plazo como la temperatura global, las precipitaciones y el nivel de los ríos. Resulta un desafío encontrar una relación entre ellos e identificar posibles factores de la Tierra que puedan contribuir con estos cambios. Con el propósito de confirmar la existencia o no, de una vinculación entre los indicadores de la actividad solar e indicadores hídricos, se analizaron dichos indicadores y alturas de los ríos de la cuenca Río de la Plata-Paraná. El período de estudio va desde 1955 hasta 2018, es decir, que toma aproximadamente 5 ciclos solares. Como indicadores de actividad solar se tomaron el número de manchas solares, el flujo solar (F10.7), el índice de actividad magnética (am), índice coronal (Corona I_{dx}) e índice de emisiones solares (Lyman_{alpha}) y, como indicador hídrico, se tomaron las alturas del Río de la Plata, Paraná, Uruguay y ríos afluentes, durante el mismo período. Se realizaron correlaciones, se ajustó un modelo lineal entre los indicadores solares y las alturas de cada uno de los ríos y se analizó la significancia de los coeficientes del modelo lineal. El resultado de la correlación entre las alturas de los ríos de la cuenca del Río de la Plata-Paraná y el análisis de la significancia de los coeficientes resultó muy baja.

PALABRAS CLAVE: Cuenca del Río de la Plata; manchas solares; alturas e ríos; modelo lineal.

INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

La relación entre la actividad solar, representada por el número de manchas, y el fenómeno del Niño en la Tierra ha sido demostrada por diversos autores Mumtahana et al. (2015), Huo y Xiao (2016) y Zhai (2017). Otros trabajos han estudiado la correlación entre las manchas solares y las precipitaciones (Hiremath, 2006; Tripathi y Bhattacharya, 2014; Larocca et al, 2018). Sin embargo Turner et al. (2016) señalan que las periodicidades similares a las de los datos se encuentran comúnmente en simulaciones aleatorias. Los resultados demuestran que las señales de tipo solar pueden ser el producto de variaciones aleatorias solamente, y que se requiere un enfoque más crítico para su interpretación robusta.

En nuestro país se realizaron estudios tratando de encontrar vinculación entre los indicadores solares y el nivel de los ríos como el realizado por Mauas et al. (2010). Estos autores encontraron que el mínimo inusual de actividad solar en los últimos años tiene



3º ENCUENTRO NACIONAL DE INVESTIGADORES DE AGRIMENSURA

28 y 29 de junio de 2018. Catamarca. Argentina.

una correlación en niveles muy bajos en el flujo del Paraná, y reportaron evidencia histórica de bajos niveles de agua durante la Pequeña Edad de Hielo.

En este trabajo se analizaron indicadores de actividad solar y alturas de ríos tomadas en estaciones hidrométricas en la cuenca Río de la Plata-Paraná en el período que va desde 1955 hasta 2018. El criterio de elección de las estaciones hidrométricas fue que tuvieran una distribución uniforme en el área y registros desde 1955 o más cortos pero que llegaran hasta nuestros días (Figura 1). Nuestro objetivo fue encontrar si existe relación o no entre los indicadores de la actividad solar y la altura de los ríos en la Cuenca Río de la Plata-Paraná.



Figura 1.-Zona de estudio. Mapa de ubicación de las estaciones hidrométricas en el área de estudio.

DATOS

Se utilizaron como indicadores de la actividad solar el número de manchas solares e índices de actividad solar. El número de manchas fue obtenido a partir del *World Data Center-Sunspot Index and Long-term Solar Observations* (WDC-SILSO), del Real Observatorio de Bélgica, Bruselas (<http://www.sidc.be/silso/datafiles>). Los índices solares utilizados fueron el flujo solar (F10.7), el índice am (actividad magnética), el índice coronal (Corona I_{dx}) y el índice de emisiones solares (Lyman_alpha), extraídos de <https://www.ngdc.noaa.gov/stp/space-weather/solar-data/solar-indices/sunspot-numbers/>. Como indicador del nivel de agua de los ríos de la cuenca Río de la Plata-Paraná se consideró la altura media mensual extraída de la Base de Datos Hidrológica Integrada (BDHI) de la Subsecretaría de Recursos Hídricos del Ministerio del Interior <https://www.mininterior.gov.ar/obras-publicas/rh-base.php>.

Las estaciones hidrométricas que se consideraron en este estudio fueron Ita-Cajón, Corrientes, Chapetón, San Javier, Timbúes, La Emilia y Río de la Plata (Tabla 1), ubicadas en los ríos Iguazú, Paraná, Del Medio, Uruguay y Río de la Plata.



Tabla 1.- Listado de estaciones hidrométricas

Estación	Latitud	Longitud
Itá -Cajón	25° 36'	54° 35'
Corrientes	27° 27'	58° 49'
Chapetón	31° 34'	60°16'
San Javier	27° 52'	55° 07'
Timbúes	32° 39'	60° 43'
La Emilia	33°23'	60° 20'
Río de la Plata	34° 40'	58° 24'

MÉTODO Y RESULTADOS

Primeramente se realizaron correlaciones entre los indicadores solares, comprobando muy buena correlación entre las manchas solares y los índices de flujo, coronal y emisiones alfa (Figura 2). Seguidamente se realizaron correlaciones entre las alturas de los ríos. Se pudo verificar una buena correlación entre las estaciones sobre el mismo río como Ita-Cajón y Corrientes o Timbúes con Chapetón (Figura 3) y mala correlación o ninguna entre estaciones de distintos ríos como Corrientes con San Javier (Figura 3).

Con el objeto de verificar la existencia de alguna vinculación entre los indicadores solares y las alturas de los ríos se ajustó un modelo lineal en función de los índices de actividad solar en la serie temporal de 1955 al 2018, considerando todas las alturas de ríos, el número de manchas solares y los índices F10.7, am, Corona ldx y Lyman_alpha (Figura 4).

Para calcular las correlaciones, ajustar los modelos y realizar los gráficos se utilizó el software libre R en una plataforma UNIX. Para mostrarla significancia de los coeficientes del modelo y las varianzas antes y después del modelo se utilizó una planilla de cálculo.

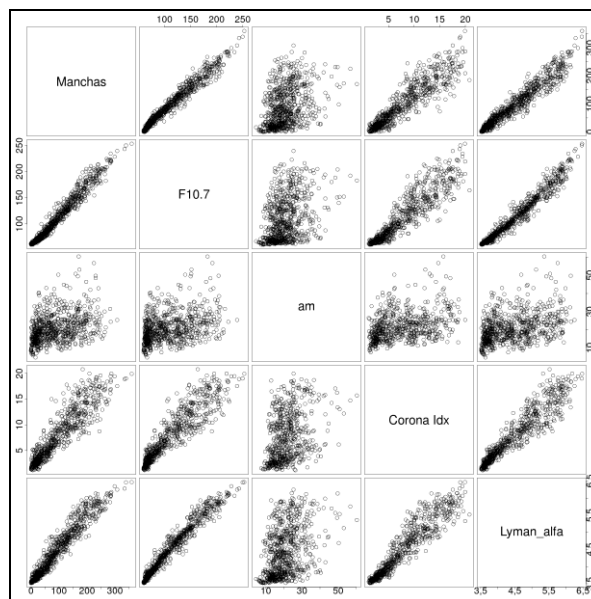


Figura 2.-Correlaciones entre indicadores solares.

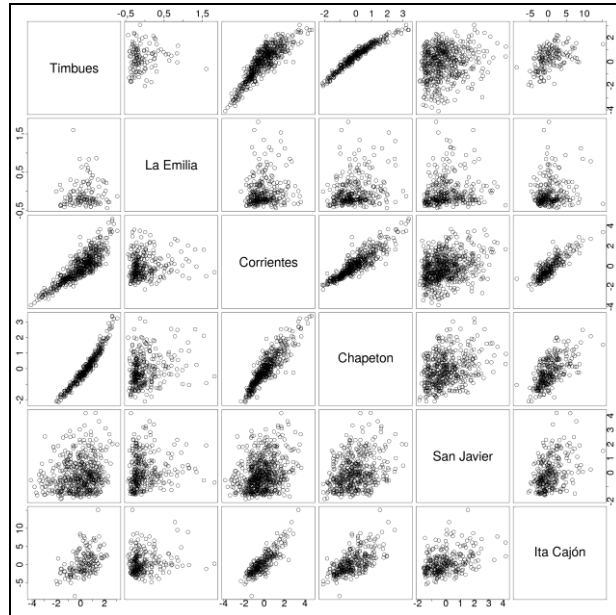


Figura 3.- Correlaciones entre alturas de ríos.

Los modelos lineales de las alturas normalizadas de los ríos que mejor ajustaron no muestran ninguna correlación o muy pobre, como puede verse en la Figura 4, donde muestra alturas normalizadas (círculos rojos) y el modelo lineal (línea negra).

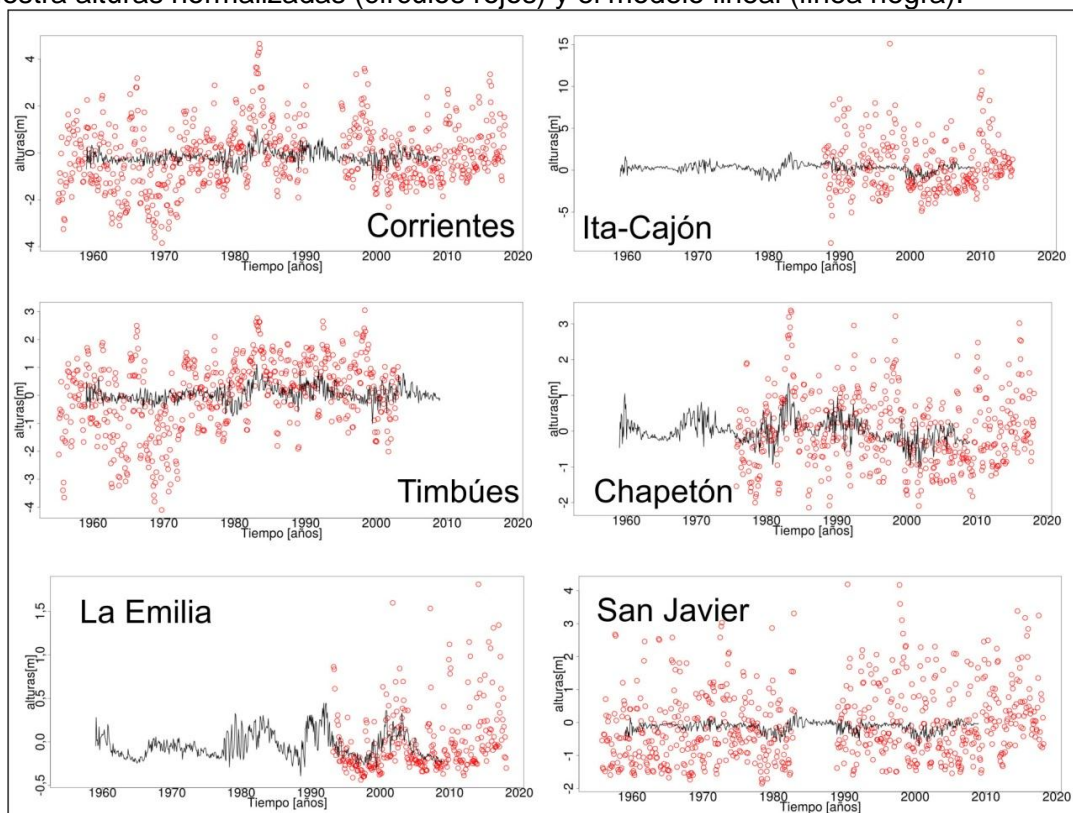


Figura 4.- Ajuste del modelo lineal con alturas medias mensuales. Las alturas medias mensuales (círculos rojos) y el modelo lineal (línea negra) no correlacionan significativamente.



Los signos de los coeficientes y sus valores muy altos dan cuenta de muy poca relación o significancia de cada una de las variables en el modelo lineal y por ende en la vinculación entre las alturas de los ríos y la actividad solar (Figura 5).

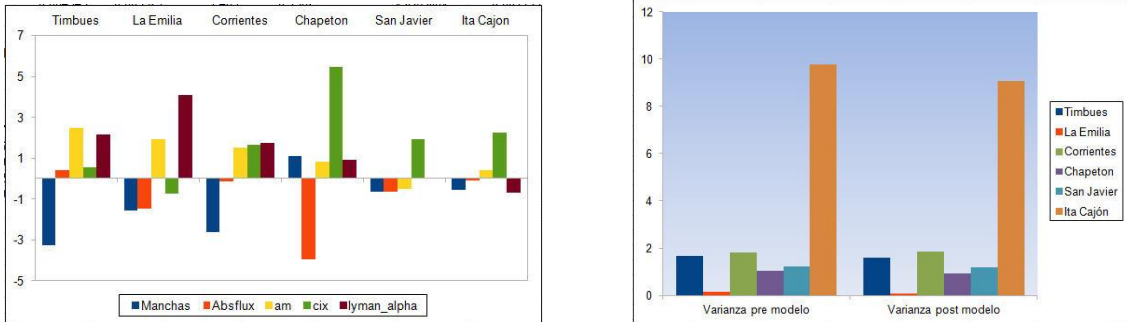


Figura 5.- Coeficientes de las variables solares en los modelos (izq.) Varianza (der.)

Sobre la estación Río de la Plata, se ajustó un modelo lineal considerando las alturas máximas. El modelo no presentó ninguna correlación con las alturas (Figura 6).

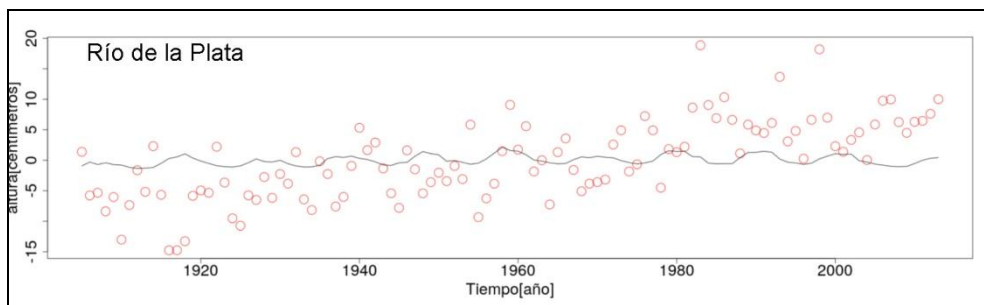


Figura 6.- Ajuste del modelo lineal con alturasmáximas. Las alturas (círculos rojos) y el modelo lineal (línea negra).

También se realizó la correlación entre las alturas medias del Río de la Plata tomadas en la estación homónima con el número de manchas solares y uno de los índices de actividad solar (Figura 7). El resultado es similar al que presentan las alturas con los índices solares (Figura 3).

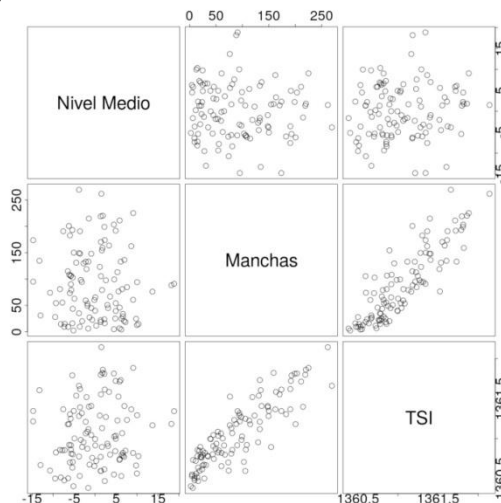


Figura 7.- Correlación entre el nivel medio de las alturas del Río de la Plata con el número de manchas solares y el conjunto de los índices TSI (Total Solar Index).



3º ENCUENTRO NACIONAL DE INVESTIGADORES DE AGRIMENSURA

28 y 29 de junio de 2018. Catamarca. Argentina.

CONCLUSIONES

Las correlaciones entre los índices de actividad solar se comprobaron como era de esperar. La correlación entre alturas de ríos observadas en estaciones sobre el mismo río pudo ser comprobada, mientras que no se encontró correlación alguna entre las alturas de los ríos de la cuenca del Río de la Plata-Paraná y los índices de la actividad solar.

Agradecimiento. Los autores del trabajo agradecen al Consejo Profesional de Agrimensura de la Provincia de Buenos Aires, Distrito X, por el subsidio otorgado para la presentación del presente.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Hiremath, K.M., 2006. "The solar cycle as a forced and damped harmonic oscillator: long-term variations of the amplitudes, frequencies and phases", *Astronomy & Astrophysics*, V 452, (2), pp. 591-595.
- Huo, W y Xiao, Z., 2016. "The impact of solar activity on the 2015/16 El Niño event", *Atmospheric Oceanic Science Letters*. 9(6), 1-8. doi: <http://dx.doi.org/10.1080/16742834.2016.1231567>.
- Larocca, P.A., Fiore, M.E., Arecco, M.A., 2018. "Study of the effects of solar activity on the average values of precipitation in the measured of the stations located in mid-latitudes in both hemispheres". In COLAGE XI, *Latin American Conference on Space Geophysics*, Buenos Aires.
- Mauas, P.J.D., Buccino, A.P., Flamenco, E., 2010. "Long-term solar activity influences on South American rivers". *Journal of atmospheric and Solar-Terrestrial Physics on Space Climate*, doi:10.1016/j.jastp.2010.02.019.
- Mumtahana et al. (2015), "Stellar background observation during Total Solar Eclipse March 9th 2016", *International Symposium on Sun, Earth, and Life. Journal of Physics: Conference Series*, 771, 012038. doi:10.1088/1742-6596/771/1/012038.
- Tripathi, D.K. y Bhattacharya, A.B., 2014. "Sunspot Activity Over the Indian Rainfall Pattern". *International JECT*, Vol. 5 Issue Spl. 2. Pp. 1-3.
- Turner, T. E; Swindles, G; Charman, D; Langdon, P; Morris, P; Booth, R; Parry, L; Nichols, J. (2016). "Solar cycles or random processes? Evaluating solar variability in Holocene climate records". *Nature, Scientific Reports*, 6, Article number: 23961. doi:10.1038/srep23961.
- Zhai, Q. 2017. "Influence of solar activity on the precipitation in the North-central China". *New Astronomy*. Vol. 51, pp. 161-168. <https://doi.org/10.1016/j.newast.2016.09.003>.