

EFECTO DEL CRECIMIENTO ANTROPOGÉNICO EN LOS VALORES DE TEMPERATURA DE LA ESTACIÓN METEOROLÓGICA LA PLATA

Julio César Gianibelli y Nicolás Quaglino

Facultad de Cs. Astronómicas y Geofísicas - UNLP.

Departamento de Geomagnetismo y Aeronomía. Paseo del Bosque S/N, 1900, La Plata.

TE: 0221-423-6593. FAX: 0221-423-6591. Email: geomagnetismoyaeronomia@yahoo.com.ar

RESUMEN

Se estudia la evolución temporal de las máximas y mínimas absolutas, y máximas y mínimas promedio de la temperatura registrada en la estación meteorológica de La Plata (Lat.: $-34^{\circ} 54' 24''$; Long.: $-57^{\circ} 55' 56''$) determinadas en intervalos de 27 días, correspondientes al ciclo de rotación solar de Carrington desde el año 1938 hasta el año 2006. Se determinan las tendencias lineales de ambas series y se las relacionan con el crecimiento demográfico de los partidos de La Plata, Berisso y Ensenada. Del análisis de la tendencia surge que las series promedio tienen una tasa de cambio de $0,01^{\circ}\text{C/año}$, mientras que las temperaturas mínimas absolutas tienen una tasa de cambio de $0,023^{\circ}\text{C/año}$, notablemente mayor que las de las temperaturas máximas absolutas de $0,004^{\circ}\text{C/año}$. Los resultados muestran que las series de mínimas absolutas poseen un crecimiento de $+0,31^{\circ}\text{C}$, mientras que las máximas absolutas $+0,05^{\circ}\text{C}$ cada 100.000 habitantes. Esta característica es causada por el efecto de la actividad antropogénica en la región, regulada por el crecimiento demográfico, generando una burbuja térmica que afecta las temperaturas mínimas en la medida que la población produce calor por combustión para minimizar las épocas de baja temperatura.

Palabras claves: Temperatura. La Plata. Burbuja Térmica. Efecto Antropogénico.

ABSTRACT

The temporal evolution of the absolute minima and maxima of temperature, and also the averaged minima and maxima, determined over 27 days long intervals corresponding to the Carrington solar rotation cycle, from 1938 year to 2006 year, recorded at the La Plata Meteorological Station (Lat.: $-34^{\circ} 54' 24''$; Long.: $-57^{\circ} 55' 56''$) are studied. The linear tendencies of these series are determined and then are related with the demographic growth in the La Plata, Berisso and Ensenada districts. From the analysis of the tendency arises that the averaged series have a rate of change of $0,01^{\circ}\text{C/year}$, while the absolute minimum temperature shows a rate of change of $0,023^{\circ}\text{C/year}$, notably larger than $0,004^{\circ}\text{C/year}$ corresponding to the absolute maximum temperatures. The results show a growth of $+0,31^{\circ}\text{C}$ in the absolute minima series and a growth of $+0,05^{\circ}\text{C}$ in the absolute maxima series every 100000 inhabitants. This feature is caused by the anthropogenic activity effect in the region, regulated by the demographic growth, generating a thermal bubble which affects the minimum temperatures as the population generates heat to minimize the low temperature epochs.

Keywords: temperature. La Plata. Thermal bubble. Anthropogenic effect.

INTRODUCCIÓN

Las ciudades de La Plata, Ensenada y Berisso con sus partidos homónimos cubren una superficie de 1204 km². La región conformada por estos tres partidos se encuentra ubicada al NE de la provincia de Buenos Aires siendo sus límites geográficos (Fig. 1) el Río de La Plata, y los partidos de Berazategui, Florencio Varela, San Vicente, Brandsen y Magdalena.

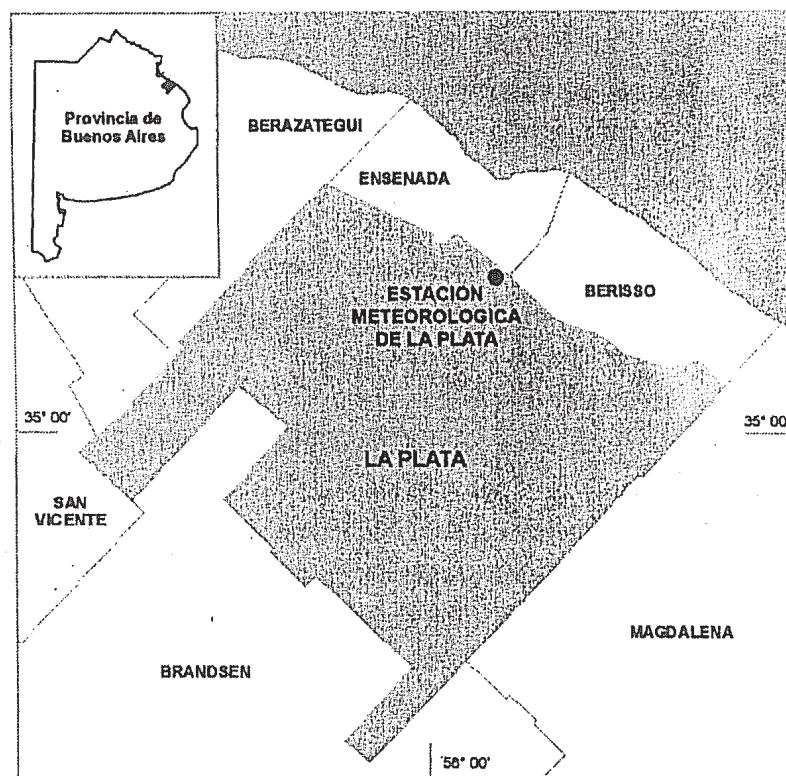


Figura 1. Ubicación de la estación Meteorológica La Plata en el Partido de La Plata, provincia de Buenos Aires.

El censo realizado en 1869 mostró que en Ensenada ya existía una población de 575 habitantes, y los posteriores censos llevados a cabo a posteriori de la fundación de la Ciudad de La Plata en 1882, en los años 1895, 1914, 1947, 1960, 1970, 1980, 1991 y 2001 arrojaron un sostenido crecimiento demográfico en los tres partidos como se muestra en la Tabla 1 (Datos provistos por la Dirección de Estadística del Ministerio de Economía de la Prov. de Buenos Aires).

CENSO AÑO	LA PLATA HABITANTES	BERISSO HABITANTES	ENSENADA HABITANTES
1869			575
1895	45.410		
1914	100.981	8.847	13.779
1947	207.031	33.970	24.925
1960	337.060	40.983	26.086
1970	391.247	55.873	31.586
1980	477.175	66.152	41.325
1991	541.907	74.761	48.237
2001	574.639	80.092	51.448

Tabla 1. Población de los partidos de La Plata, Berisso y Ensenada.

Desde 1890 se contaba con un puerto y diversas industrias comienzan a integrarse a esta región. Las mas importantes son la instalación en 1925 de una planta de destilación de hidrocarburos de Yacimientos Petrolíferos Fiscales, y a partir de 1950, la fábrica militar de ácido sulfúrico en 1952, el astillero naval Río Santiago en 1953, y la planta petroquímica IPAKO en 1962, (<http://www.todaensenada.com.ar/historia>). Este polo industrial, conforma la expresión industrial antropogénica ubicada en la región geomorfológica denominada terraza baja al NE de la ciudad de La Plata, y que comprende los partidos de Ensenada y Berisso. Desde 1938, la estación meteorológica de La Plata (Lat.: $-34^{\circ} 54' 24''$; Long.: $-57^{\circ} 55' 56''$) cuenta con registros bihorarios y con determinación de valores máximos y mínimos de temperatura en forma diaria. Su ubicación es en la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas que desarrolla su actividad en el histórico predio del Observatorio Astronómico de La Plata (ver Figura 1). Para una mejor idea de la posición geográfica se encuentra a 3km. del polo industrial descrito mas arriba en dirección NE y en dirección SO se tiene la ciudad de La Plata. Recientemente el Gobierno de la Provincia de Buenos Aires, el Consejo Federal de Inversiones, la Municipalidad de La Plata, el Instituto de Geomorfología y Suelos y el Centro de Investigaciones de Suelos y Aguas de uso Agropecuario, realizaron un detallado análisis ambiental del partido de La Plata, para un mejoramiento al ordenamiento territorial y donde se muestra el crecimiento de la actividad antropogénica y en especial al edilicio de la ciudad (Gob. de la Prov de Bs. As.-CFI-MdLP 2006 y sus referencias bibliográficas) mostrado en la Figura 2 extractada de esta publicación. De los antecedentes descriptos se desprende el objetivo de este estudio consistente en analizar la evolución temporal de los máximos y mínimos absolutos de la temperatura observada en la estación meteorológica de La Plata y seleccionada según el número de Carrington (Gianibelli et. al. 2006) para observar y determinar los cambios de la tendencia desde 1938, hasta el 2006 en relación con el crecimiento demográfico de la región, la cual es la variable geográfica que mejor representa parte de la actividad antropogénica. La elección del número de Carrington, también llamado número de rotación solar de Bartels, esta basado en intervalos de 27 días caracterizados por un número que representa la rotación media del sol, que se inicia el 9 de noviembre de 1853 (Duffett-Smith, 1992., Cox, 1999). Esta selección permite confeccionar series temporales a intervalos equivalentes con una relación heliosistémica más clara con otras variables del geosistema, con el fin de determinar los efectos de la conexión Sol-Tierra.

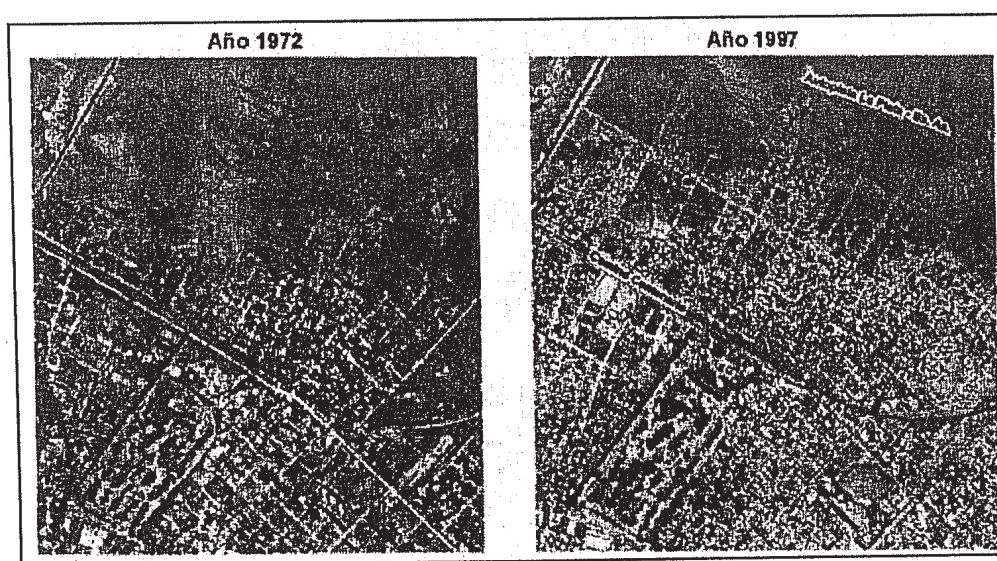


Figura 2. Crecimiento edilicio en la ciudad de La Plata. Comparación fotográfica entre los años 1972 y 1997.

MATERIALES Y MÉTODOS.

La información para este estudio fueron, las series temporales de las temperaturas máximas y mínimas

diarias (1938,0–2006,9) determinadas en la estación meteorológica de La Plata y los resultados de los censos nacionales desde 1869 hasta 2001 cuyos resultados se tienen en la tabla 1. A partir de las series temporales de máximas y mínimas diarias, se confeccionaron cuatro series de tiempo: máximas y mínimas promedio en intervalos de 27 días (que en adelante llamaremos MAXP y MINP) y máximas y mínimas absolutas (que en adelante llamaremos MAX y MIN) en el mismo intervalo de 27 días. Estas series temporales poseen 934 valores cada una a intervalos equidistantes de 13,52778 partes por año de 365,25 días, dejando por ende de lado el criterio clásico de intervalos mensuales con cantidad de días diferentes. Se determinaron las tendencias en las series MAXP, MINP, MAX y MIN (ver Figuras 3 y 4), obsevándose claramente un aumento de los valores de los mínimos y máximos promedios prácticamente del mismo orden $0,01^{\circ}\text{C}/\text{año}$, mientras que en la serie MIN resultó ser de $0,023^{\circ}\text{C}/\text{año}$, apreciablemente mayor que el cambio respecto de la serie MAX de $0,004^{\circ}\text{C}/\text{año}$ a través del tiempo .

También se determinó la recta de mejor ajuste de los totales de la población y desde 1914 hasta 2001 (ver Figura 5). Se utilizó el método de mínimos cuadrados. Sin embargo el ajuste a los datos de población total con resultado de menor error medio cuadrático resultó ser una función polinómica de tercer grado, pero resulta prudente tomar un ajuste lineal a los fines de la estimación futura de población. Los parámetros de este ajuste permiten reconstruir la recta en los instantes de tiempo correspondientes a las series MAX y MIN, para así poder determinar valores de equivalencia de variación de cada variable: cambio de los MAX y MIN en media, por cada 100.000 habitantes de crecimiento.

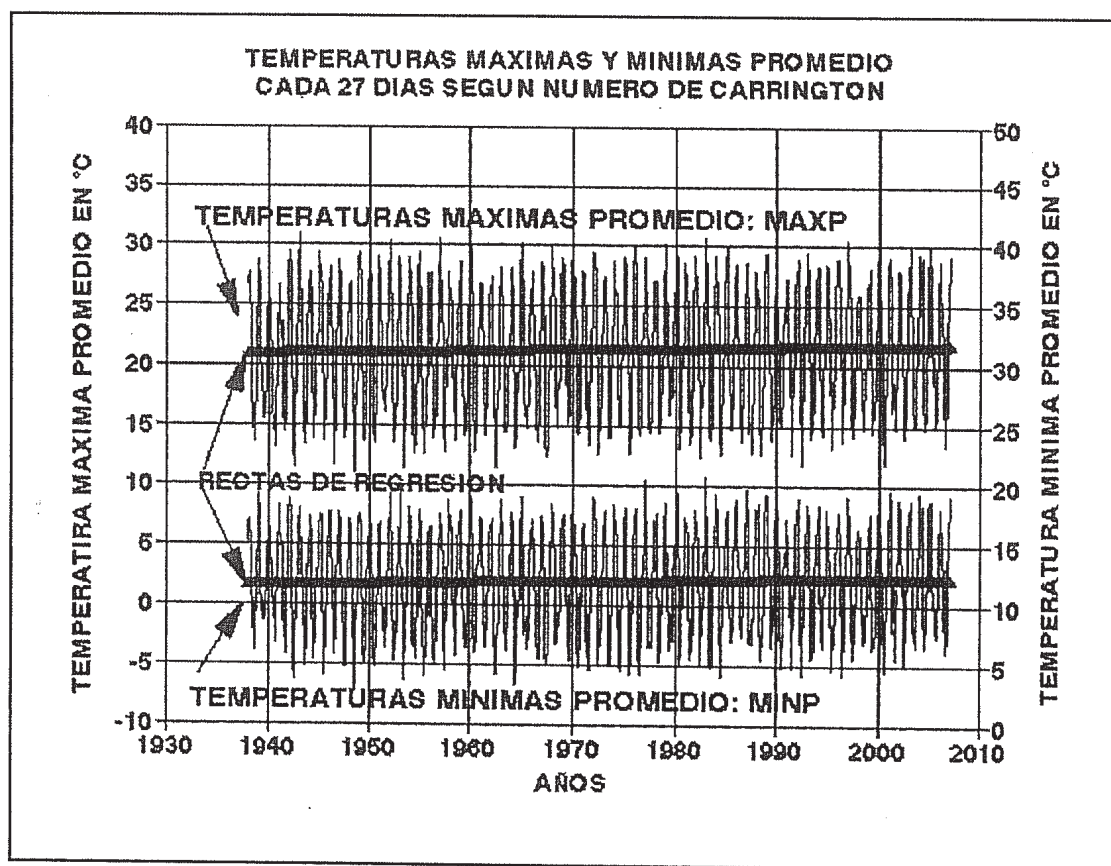


Figura 3. Series de temperaturas máximas y mínimas promedio cada 27 días según el Número de Carrington, y las rectas de regresión correspondientes, entre los años 1938.0 y 2006.9.

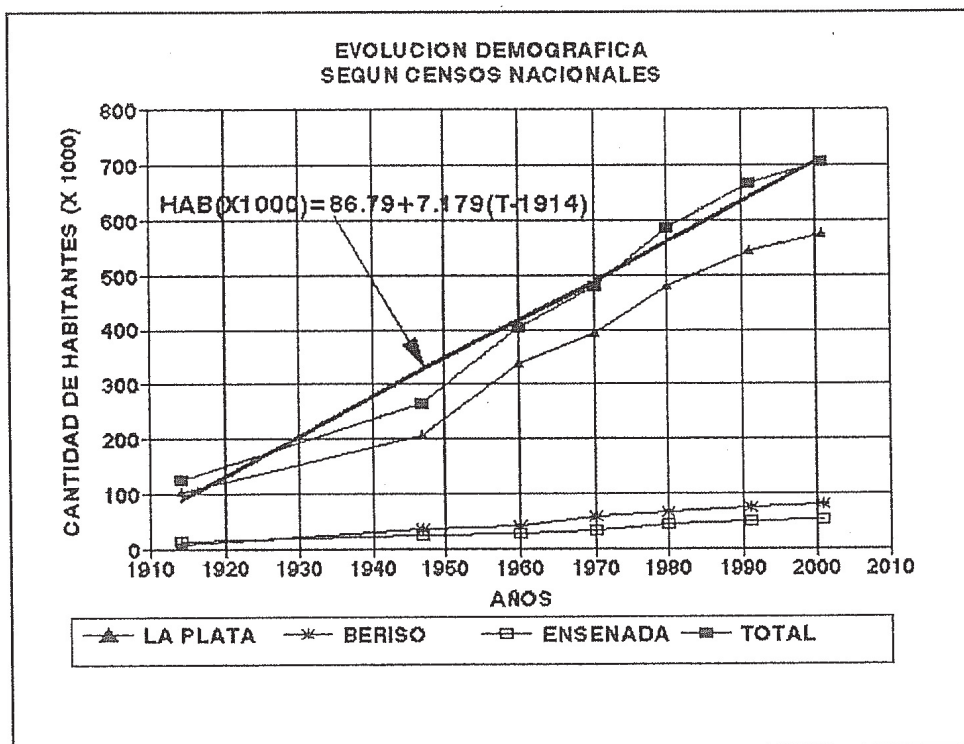


Figura 4. Series de temperaturas máximas y mínimas absolutas cada 27 días y las tendencias lineales correspondientes, entre los años 1938.0 y 2006.9.

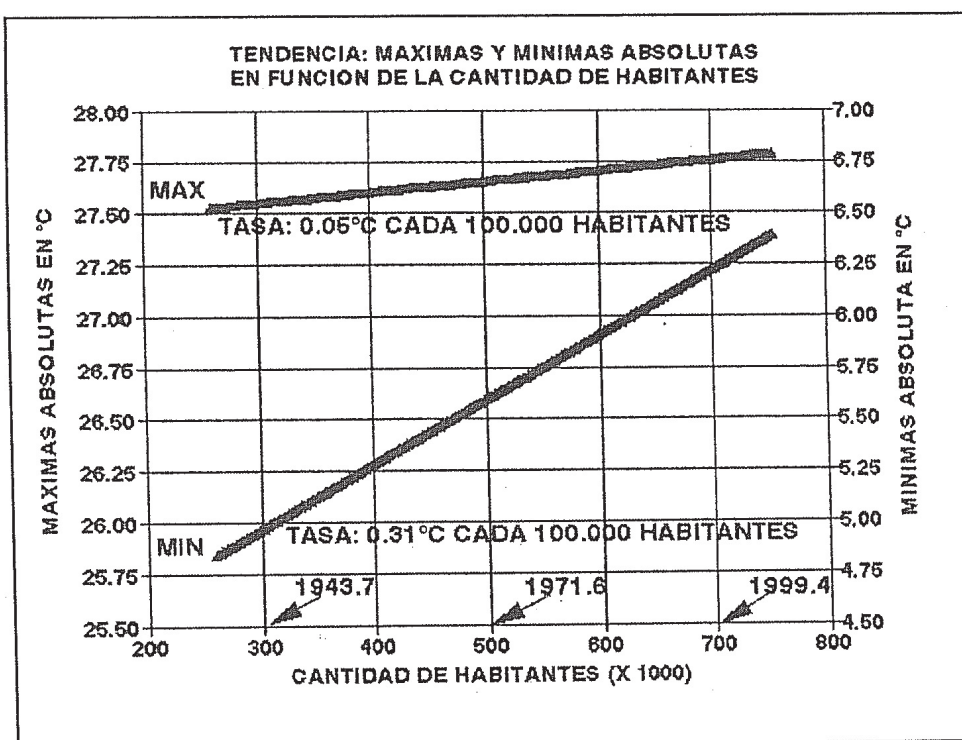


Figura 5. Evolución demográfica según los censos nacionales para los partidos de La Plata, Beriso y Ensenada.

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados de las rectas de ajuste para las series MAX, y MIN tienen las siguientes expresiones dadas por las ecuaciones 1 y 2 respectivamente, para el intervalo 1930-2007:

$$Ec. 1: T_{MAX} = 27,494^{\circ}C + 0,00374(T - 1930)^{\circ}C / \text{año}$$

$$Ec. 2: T_{MIN} = 4,66^{\circ}C + 0,02253(T - 1930)^{\circ}C / \text{año}$$

La tasa de crecimiento de la serie MIN es 6,02 veces mayor que la serie MAX evidenciando que factores de índole cultural y demográfico serían los responsables de este efecto. Para ello se relacionó la evolución del crecimiento demográfico dado por la expresión de la ecuación 3, donde el resultado está dado en miles, con los valores obtenidos de las funciones lineales calculadas para las series MAX y MIN.

$$Ec. 3: HAB(\times 1000) = 86,79hab + 7,179(T - 1914)hab / \text{año}$$

Este resultado se muestra en la figura 6 y como se indica en la misma, la tasa de crecimiento de los MIN y de los MAX son respectivamente de $+0,31^{\circ}C$ y $+0,05^{\circ}C$ cada 100.000 habitantes.

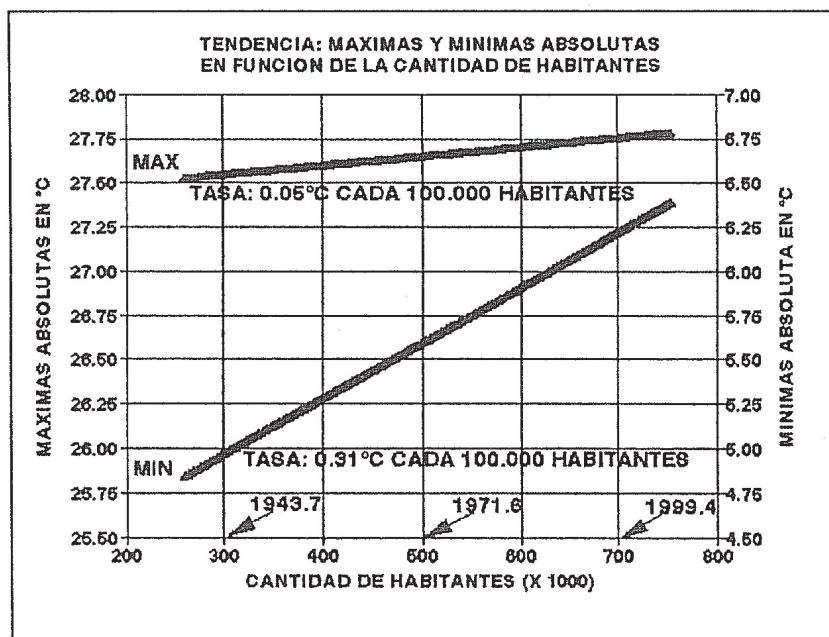


Figura 6. Tendencias de las series de temperaturas máximas y mínimas absolutas en función de la cantidad de habitantes.

Efectuando la transformación de la escala temporal al intervalo 0-1 en correspondencia a los años 1938,0 – 2007,0 y recalculando la tendencia para la serie de máximos absolutos se encuentra que el desvío estandar del parámetro $a = 27,5^{\circ}C$ es de $5,2^{\circ}C$ mientras que el error error estandar del parámetro $b = 0,28^{\circ}C$ es de $0,63^{\circ}C$, lo que indica que prácticamente la variación anual máxima de temperatura está centrada en los $27,5^{\circ}C$.

Realizando el mismo procedimiento para los mínimos absolutos resultó el parámetro $a = 4,8^{\circ}C$, y la desviación estandar es de $4,3^{\circ}C$, mientras que para el parámetro $b = 1,67^{\circ}C$ el desvío estandar es de $0,5^{\circ}C$, lo que indica que la tendencia al cabo de estos 69 años aumenta el valor medio de los mínimos absolutos en $1,67^{\circ}C$ con un error de $0,5^{\circ}C$. Por lo tanto es verosímil esperar valores medios de las mínimas absolutas de $6,5^{\circ}C \pm 0,5^{\circ}C$ para los años 2007 en adelante.

CONCLUSIÓN

En este análisis de la tendencia lineal del registro de la temperatura tomada en la estación meteorológica de La Plata, se utilizó el criterio de selección de los máximos y mínimos absolutos según el número de Carrington, lo que permitirá utilizar la misma serie para futuras investigaciones sobre la determinación de variaciones anuales, semi anuales y períodos de origen solar en los residuos. La relación del crecimiento de los mínimos absolutos con el crecimiento demográfico estaría vinculado al creciente uso en los meses de invierno de estufas, calentadores y todo otro sistema calefactor que sigue al aumento poblacional, al cual se le agrega la actividad industrial en el polo residente entre La Plata, Berisso y Ensenada, provocando que la región se comporte como una burbuja térmica. Esto no se evidencia en los máximos absolutos, pero el aporte de los sistemas de aire acondicionado, en los meses de verano en conjunto con el aporte de los gases emanados por el polo petroquímico y de la refinería de Repsol-YPF, situada al NE de la estación meteorológica, aportarían al leve crecimiento máximos absolutos. El estudio de los valores extremos de series de tiempo permite, evaluar en media y con modelos lineales, la evolución del sistema integrado, y estimar las tasas de cambio temporal futuro. El próximo crecimiento de $+0,31^{\circ}\text{C}$ de la tendencia de los mínimos absolutos, será para el año 2021 cuando la población habrá crecido en aproximadamente 100.000 habitantes. Se hace notar que al momento de realizar el análisis de la información no se contó con otras series casi centenaria de zonas donde el crecimiento demográfico sea mínimo.

AGRADECIMIENTO

Se agradece al Departamento de Sismología e Información Meteorológica de la Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas de la UNLP., su Jefe Geof. Nora Sabbione, y todo su personal técnico por la sesión de la información de temperatura en libros y archivos de dicho Departamento.

REFERENCIAS

- COX. A. N. (ED)., (1999). «Allen's astrophysical quantities», 4th Ed, Springer.
- DUFFETT-SMITH, P., (1992). Practical astronomy with your calculator, 3rd ed. Cambridge University Press, p. 77.
- GIANIBELLI J. C., QUAGLINO N., Y MAC WILLIAM M., (2006). La amplitud térmica en la Estación Meteorológica de La Plata y su relación con el ciclo solar y la actividad geomagnética. Geoacta, Vol 31. pp.63-71.
- GOBIERNO DE LA PROVINCIA DE BUENOS AIRES, CONSEJO FEDERAL DE INVERSIONES, MUNICIPALIDAD DE LA PLATA, INSTITUTO DE GEOMORFOLOGÍA Y SUELOS Y CENTRO DE INVESTIGACIONES DE SUELOS Y AGUAS DE USO AGROPECUARIO., (2006). Análisis ambiental del Partido de La Plata, aporte al ordenamiento territorial. ISBN 13: 978-987-510-062-6 pp. 1-124.