

## RELACION ENTRE GRADOS-DIA CALEFACCION Y REFRIGERACION CON EL CONSUMO ELECTRICO DE BAHIA BLANCA

*Mariana Paula Torrero<sup>1</sup>, María Cintia Píccolo<sup>1,2</sup> y Alicia Campo de Ferreras<sup>1,2</sup>*

<sup>1</sup>Depto de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

### RESUMEN

El objetivo del trabajo es analizar si existe una relación entre los grados-día calor y grados-día refrigeración con el consumo eléctrico de la ciudad de Bahía Blanca, con el fin de determinar futuras demandas de electricidad en relación a posibles cambios en el régimen térmico de la ciudad. Se analizaron los datos de temperatura y energía eléctrica correspondientes a los meses de febrero y julio de 2005 en el microcentro de Bahía Blanca utilizando métodos estadísticos estándar.

Se encontró un elevado consumo de energía de lunes a viernes en ambos meses, relacionado con el desarrollo de las actividades propias del sector, disminuyendo notablemente los fines de semana. No se observó una relación significativa entre los grados-día calor y frío y el consumo energético de la ciudad. Se observó un mayor consumo eléctrico mensual durante febrero (893,2 kw/h) que en julio (632,7 kw/h). Ésto indicaría una posible relación entre la temperatura y el consumo de electricidad, es decir a mayor temperatura media mensual mayor consumo de energía.

**palabras claves:** grados día-clima urbano-energía.

### ABSTRACT

The objective of the study was to analyze the relationship between cold and heat degree-days and the "energy" consumed in Bahía Blanca city. The results will help to determine future needs if the thermal regime of the city change. Data from February and July was compared. Standard statistical methods were applied to daily temperature and electricity consumption data.

From Monday to Friday a high energy consumption was observed related to the industrial and economical activities typical of the city. The energy consumption diminished notably on weekends. Therefore, a significant relationship between daily heat and cold degree days and the energy city consumption was not found. However, a significant relation was observed between mean mensual temperature and the city energy consumption. In February the consumption was greater than in July. Meaning that higher temperature originates more energy consumption.

**key words:** degree day-urban climate-energy.

### INTRODUCCION

Los estudios sobre los grados-días calefacción y refrigeración y su aplicación al control ambiental llevan más de medio siglo (Thom, 1953). Actualmente se utilizan para cuantificar el cambio climático y su relación al medioambiente urbano. Se ha demostrado un decrecimiento e incremento de los grados-

día calefacción y refrigeración, a través del análisis de la producción y consumo de energía diarios como consecuencia del impacto del cambio climático sobre el ambiente urbano (Cartalis *et al.*, 2000; Sailor, 2000; Bonsal *et al.*, 2001). La clasificación de estos parámetros permitió estimar estrategias potenciales para la reducción de la isla de calor considerando tres tipos de edificaciones diferentes,

comercios, viviendas y oficinas (Akbari y Konopacki, 2000). Asimismo, Sailor y Vasireddy (2004) analizaron el consumo eléctrico para explicar la variabilidad del clima local en tres ciudades de Estados Unidos.

Hansen *et al.* (1998) consideró los grados-día calefacción como uno de los indicadores climáticos para elaborar un índice de regiones a nivel mundial y observar el impacto del cambio climático global. Climent *et al.* (2003) analizó la relación existente entre el consumo mensual de gas y electricidad en España peninsular y un conjunto de variables climáticas durante el período 1987-1998, para lo cual calcularon los grados-mes frío y los grados-mes calor. Sus resultados demostraron que sólo la temperatura media mensual tuvo una influencia relevante en los consumos mensuales de gas y electricidad.

En Argentina, los estudios que utilizan estos índices están relacionados con la arquitectura con el fin de lograr un mejoramiento en las condiciones energéticas y de habitabilidad. Actualmente se ha determinado la regionalización bioclimática para la provincia de Buenos Aires y se ha desarrollado un modelo de ahorro de energía en edificios de vivienda determinándose valores límites de calidad térmica para Argentina (Czajkowski y Rosenfeld, 1992; Czajkowski, 2000). En la provincia de La Pampa los estudios estuvieron centrados en establecimientos educativos con el fin de lograr eficiencia y sostenibilidad energética, ahorro de energía y confort térmico (Filippín, 1999; Filippín *et al.*, 2001; Filippín y Marek, 2004).

La ciudad de Bahía Blanca (38° 44' S y 62° 16' O) presenta estaciones térmicas bien diferenciadas con veranos e inviernos rigurosos y estaciones intermedias más benignas, registrando valores medios anuales entre 14 °C y 20 °C (Campo de Ferreras *et al.*, 2004). Una característica principal para el área es la variabilidad en las condiciones del tiempo, presente en todos los meses del

año, debido a la alternancia permanente de masas de aire de diversa índole. Las variaciones en las temperaturas y especialmente en las precipitaciones, veranos húmedos e inviernos secos, se deben a la heterogeneidad que presenta la faja climática templada que se extiende desde el océano Pacífico al océano Atlántico. Una de las principales características es la amplia oscilación térmica (16,6 °C) pese a la cercanía del mar. Los vientos son persistentes durante todo el año predominando las direcciones Noroeste, Norte y Oeste y sólo decrecen en intensidad en otoño. Durante el verano predomina el viento del Sureste pero sin alcanzar la magnitud de los anteriores.

La ciudad ha sufrido modificaciones en los últimos años vinculadas con la remodelación del área central, producto del desarrollo socio-económico-industrial. Por lo tanto, el objetivo del trabajo es comenzar el estudio de la relación de los grados-día calor y grados-día frío con el consumo eléctrico de la ciudad de Bahía Blanca, para elaborar futuros planes de manejo urbano.

## METODO DE TRABAJO

En el microcentro de la ciudad se desarrollan las principales actividades comerciales y se localizan los más importantes edificios públicos, Municipalidad, Tribunales y oficinas de su dependencia, Correo Argentino, Aduana, Bolsa de Comercio, numerosas entidades bancarias y sociales entre ellas el Club Argentino (el primero de su estilo en fundarse en la ciudad) y el Club Olimpo. El único espacio verde en este sector es la Plaza Rivadavia (Fig. 1).

Los grados-día es un método práctico para determinar la acumulación de calor sobre el curso de una estación climática y estimar la cantidad de energía requerida para mantener confortable los niveles de temperatura interiores. Originalmente designada para evaluar la demanda y el consumo de energía, los grados-día están basados en la distancia

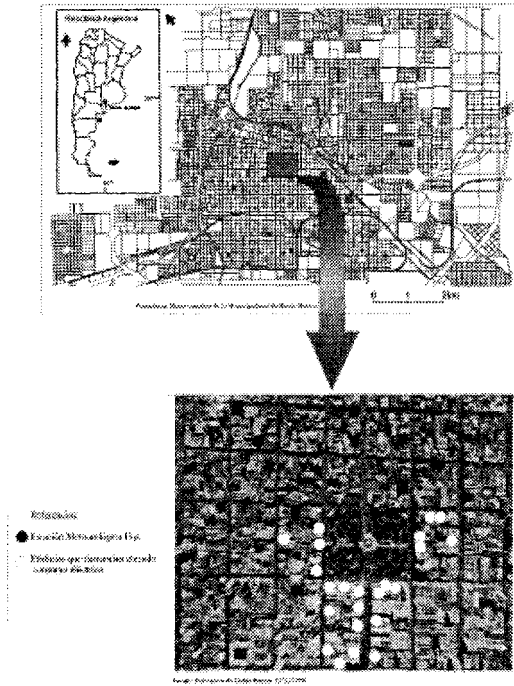


Figura 1. Área de estudio.

que existe entre el promedio de temperatura del aire y la temperatura base la cual varía dependiendo de la localización de las diferentes ciudades (NOAA, 2006; Weather, 2000).

El **Grado Día Refrigeración (GDR)** se define como la diferencia entre la Temperatura ( $T$ ) y la Temperatura Base ( $T_b$ ) y el **Grado Día Calefacción (GDC)** como la diferencia entre  $T_b$  y  $T$ . Si  $T$  ( $^{\circ}\text{C}$ ) es menor que  $T_b$ ,  $\text{GDR} = 0$ . Si  $T$  es mayor que  $T_b$ ,  $\text{GDC} = 0$ .  $T_b$  es la menor temperatura donde el resultado de los procesos metabólicos dentro de una sustancia limpia aumenta la biomasa (Sitte *et al.*, 1999). Para calcular los GDC y GDR se utilizó como temperatura base los  $18^{\circ}\text{C}$ . Cada grado-día que el día considerado se encuentre por debajo ó sobre los  $18^{\circ}\text{C}$  es contado como un grado-día calor o frío respectivamente. Por ejemplo, si el promedio de temperatura diaria es  $15^{\circ}\text{C}$ , GDC es igual a 3; si la temperatura promedio es  $22^{\circ}\text{C}$ , GDR es igual a 4. La temperatura del aire se midió, durante los meses de febrero y julio de 2005, mediante una estación

meteorológica automática localizada en el microcentro de la ciudad. Se obtuvieron los GDC y GDR en forma diaria, semanal y mensual, en ellos los resultados no son promediados sino acumulados. Se utilizaron técnicas estadísticas estándar.

La información del consumo de electricidad fue brindada por la empresa distribuidora de energía eléctrica a la ciudad, Empresa Distribuidora de Energía Sur, Sociedad Anónima (E.D.E.S. S.A.). Los datos corresponden a alimentadores seleccionados en función de la representatividad del consumo eléctrico en el sector de estudio. Se eligió el mes de febrero (año 2005) como representativo del verano, dado que en el mes de enero se encuentran en receso estival los establecimientos públicos (municipal, provincial y nacional) y comerciales, disminuyendo notoriamente el consumo energético de la ciudad. Para la estación invernal se trabajó con los datos correspondientes al mes de julio (2005).

## RESULTADOS Y DISCUSION

### 1) Temperatura y consumo eléctrico

Del análisis de la relación existente entre la temperatura y el consumo eléctrico surge que, para el mes de febrero (Fig. 2) el consumo de energía eléctrica es mayormente constante durante los días hábiles (lunes a viernes) independientemente de la variación térmica. Hacia el fin de semana (sábado y domingo), en general, el consumo decrece notablemente y en forma paulatina a pesar de la elevada temperatura, alcanzando el piso el día domingo y repuntando abruptamente el día lunes. Esta situación, se relaciona con el consumo que genera el propio desarrollo de las actividades que se llevan a cabo en el microcentro de la ciudad en días laborales. Por otro lado el decrecimiento del uso energético los fines de semana se debería a que gran parte de la comunidad bahiense se traslada a los lugares turísticos cercanos. Por lo tanto, en verano no existe ninguna relación entre el

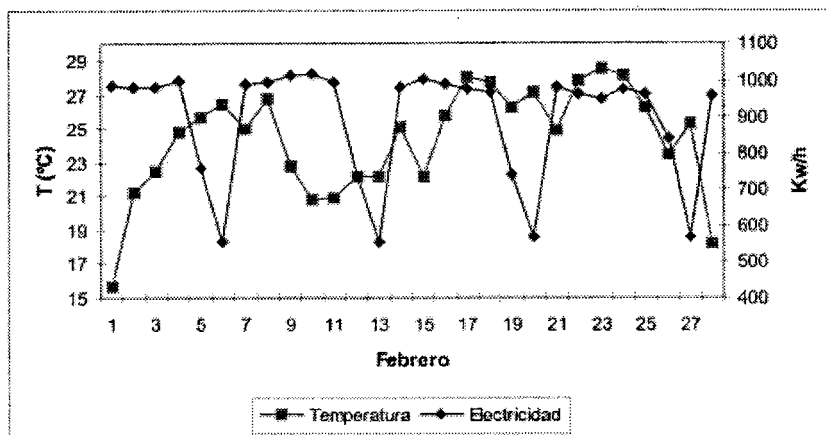


Figura 2. Temperatura y consumo eléctrico, febrero 2005.

consumo eléctrico diario y la temperatura media diaria. Se concluye entonces que el consumo eléctrico está sólo relacionado a las actividades comerciales e industriales de la ciudad en esta estación del año.

En el invierno el consumo de energía disminuye. En febrero se observaron máximas de 1000 kw/h mientras que en julio las máximas alcanzan los 730 kw/h. Este dato permite inferir claramente que la mayor demanda está destinada en forma exclusiva a refrigerar los ambientes. En el mes de julio (Fig. 3), tal como sucede en febrero, la curva de consumo eléctrico disminuye durante los días de fin de semana. Como ya se mencionó,

esta situación está relacionada con las actividades comerciales, industriales, etc que se llevan a cabo en el área céntrica.

## 2) Grados-Día Calefacción y Grados-Día Refrigeración

Para el mes de febrero se calcularon los GDR (Tabla 1). Durante todos los días del mes y debido a que la temperatura promedio superó la temperatura base fue posible calcular los GDR. Ésto no ocurrió en el día 1 donde la temperatura promedio del aire fue de 16,5 °C, por lo que se necesitaron 1,5 GDC para alcanzar la temperatura ideal de 18 °C. El total acumulado para la semana se redujo por tal

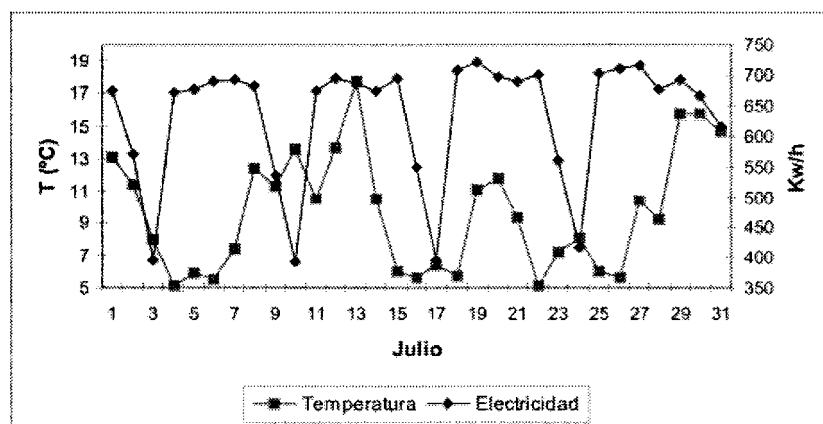


Figura 3. Temperatura y consumo eléctrico, julio 2005.

**Tabla 1.** Cálculo de los grados-día refrigeración y consumo de energía eléctrica, febrero 2005.

Días	Tmedia (°C)	GRADOS-DÍA REFRIGERACIÓN			Energía (Kw/h)
		Diario	Semanal	Mensual	
1	16,5	1,5			984,5
2	21,7	3,7			982
3	22,9	4,9			983,1
4	25,3	7,3			1001,8
5	25,9	7,9	22,2		757,8
6-domingo	26,8	8,8			554,1
7	25,4	7,4			991,6
8	27,5	9,5			994,6
9	23,5	5,5			1013,9
10	20,9	2,9			1019,1
11	21	3			997,7
12	22,2	4,2	41,1		735,2
13-domingo	22,3	4,3			555,8
14	25,1	7,1			983,5
15	22,3	4,3			1004,4
16	25,8	7,8			990,8
17	28,1	10,1			979
18	27,8	9,8			969,6
19	26,3	8,3	51,6		741,9
20-domingo	27,2	9,2			568,2
21	24,9	6,9			983,9
22	27,9	9,9			965,8
23	28,6	10,6			949,4
24	28,2	10,2			977,3
25	26,3	8,3			962,7
26	23,5	5,5	60,4		839
27-domingo	25,3	7,3			566,3
28	18,3	0,3	7,6	182,9	957,6

motivo en 1,5. El promedio diario para este período fue 6,6 GDR. Los valores acumulados durante las semanas variaron de una a otra mostrando un paulatino incremento hacia fin de mes coincidiendo con un ascenso del registro de la temperatura media diaria. La escasa relación entre los GDR y el consumo de energía eléctrica diarios se presenta en el Figura 4. El consumo eléctrico en este mes se debe a la refrigeración utilizada con el fin de

paliar los efectos de la temperatura y lograr en los interiores una sensación de confort.

Para el mes de julio se calcularon los GDC (Tabla 2). No se registraron temperaturas medias muy bajas, sin embargo se observaron algunos períodos más fríos en tres oportunidades en el mes. El promedio diario fue 8,3 GDC, el valor acumulado en cada una de las semanas fue muy variable debido a las fluctuaciones de los registros térmicos.

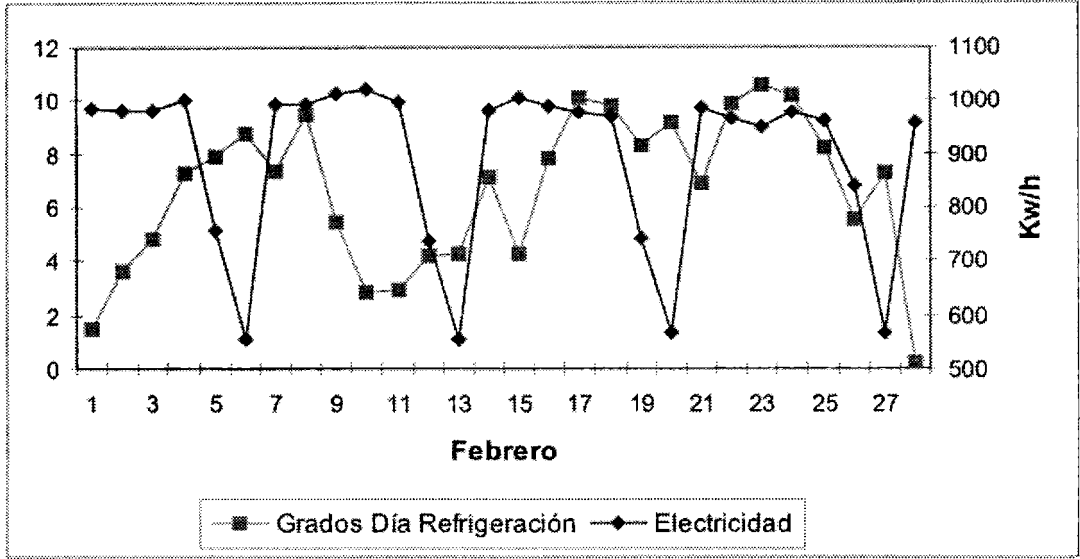


Figura 4. Grados-Día Refrigeración y electricidad, febrero 2005.

El análisis no permite inferir que el mayor consumo esté destinado en forma exclusiva a refrigerar los ambientes en el caso del mes de febrero, como teóricamente se suponía, tampoco para calefaccionar los mismos en el invierno, ya que en este mes la demanda eléctrica se mantiene casi constante y no presenta alteraciones asociadas a la variabilidad térmica

y por lo tanto tampoco a los GDC (Fig. 5). Ni siquiera, el consumo eléctrico sufre importantes cambios si se considera el gasto de energía que se debe adicionar durante los meses de invierno, principalmente por iluminación, dada la disminución de las horas de sol, beneficio que se tiene durante los meses de verano.

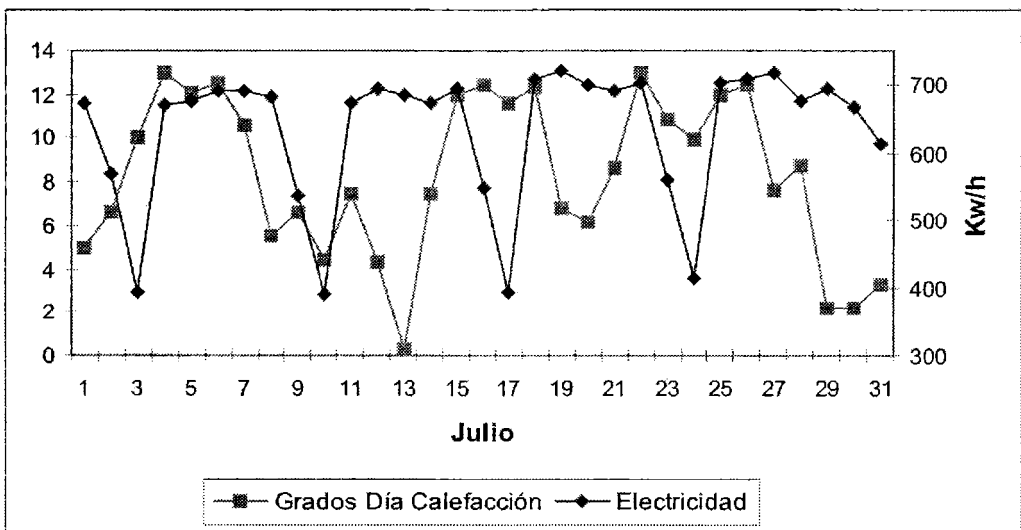


Figura 5. Grados-Día Calefacción y electricidad, julio 2005.

Tabla 2. Cálculo de los grados-día calefacción y consumo de energía eléctrica, julio 2005.

Días	Tmedia (°C)	GRADOS-DIA CALEFACCION			Energía (Kw/h)
		Diario	Semanal	Mensual	
1	13,1	5			673,5
2	11,4	6,6	11,6		570,8
3-domingo	8	10			394,3
4	5,1	13			669,9
5	5,9	12,1			676,9
6	5,5	12,5			690,6
7	7,4	10,6			692,1
8	12,5	5,6			680,6
9	11,4	6,7	70,4		535,6
10-domingo	13,6	4,5			391,6
11	10,6	7,5			673,4
12	13,7	4,3			695
13	17,8	0,3			685,7
14	10,6	7,5			672,8
15	6	12			694,5
16	5,6	12,4	48,3		549,7
17-domingo	6,4	11,7			395,2
18	5,7	12,3			708,8
19	11,2	6,9			721
20	11,9	6,2			698,2
21	9,3	8,7			689,7
22	5,1	13			701,2
23	7,2	10,9	69,5		559,8
24-domingo	8,1	10			415,2
25	6	12			701,4
26	5,6	12,5			709,4
27	10,4	7,6			716,5
28	9,3	8,8			677
29	15,8	2,2			692,6
30	15,8	2,2	55,2		666,4
31-domingo	14,7	3,3	3,3	258,1	614,7

## CONCLUSIONES

En el microcentro de Bahía Blanca, los valores que adquirieron los GDC son mayores a los GDR. En verano y en el centro de la ciudad se produce lo que se conoce como “isla fría urbana” lo cual justifica los menores valores

de GDR (Capelli de Steffens 2000, Capelli de Steffens *et al.*, 2005). En invierno, no se registraron elevados consumos de energía que pudieran relacionarse con el uso de aparatos para calefaccionar los ambientes. Esto se explica dado que la principal fuente calórica en Argentina es el gas natural. En el mes

estival fue posible asociar determinados consumos eléctricos a refrigerar espacios interiores con el uso de aires acondicionados y ventiladores eléctricos. Sin embargo y para ambos meses, la principal causa del elevado consumo de energía de lunes a viernes, es el desarrollo de las actividades propias del sector. En los fines de semana las actividades disminuyen y por lo tanto decrece el consumo eléctrico. De esta forma queda demostrado que para el microcentro de Bahía Blanca la variación diaria de temperatura no influye en el consumo de electricidad.

Si se compara el consumo eléctrico entre ambos meses de estudio, se observa que en febrero presentó un promedio diario de 893,2 kw/h y en julio de 632,7 kw/h. Esto indicaría que existe una posible relación de mayor temperatura mayor consumo de energía. Estos resultados coinciden con los obtenidos por Climent *et al.* (2003). Los resultados presentados son preliminares, pero dan las bases para futuros análisis con series de tiempo más extensas, donde se consideren las temperaturas mensuales.

**Agradecimientos:** Al Ing. Carlos Aparicio, Jefe de Operaciones de la Empresa Distribuidora de Energía Sur, Sociedad Anónima (E.D.E.S. S.A.) por los datos brindados y el tiempo dispensado para explicaciones sobre el funcionamiento y distribución de la energía eléctrica en la ciudad. A Fabián Pezzutti, abogado de la Empresa Distribuidora de Energía Sur Sociedad Anónima (E.D.E.S. S.A.) por realizar el contacto con la empresa.

## REFERENCIAS

- Akbari, H. and S. Konopacki. 2000. Calculating energy-saving potentials of heat-island reduction strategies. Heat Island Group Environmental Energy Technologies Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, Berkeley, U.S.A. Elsevier Science. Energy Policy 33 (2005), 721-756.
- Aparicio, C. 2005. Ingeniero de E.D.E.S. S.A. (Empresa Distribuidora de Energía Sur, Sociedad Anónima). Delegación Bahía Blanca.
- Bonsal, B.R., X. Zhang, L.A. Vincent. and W. D. Hogg. 2001. Characteristics of Daily and Extreme Temperatures over Canada. Journal of Climate. 14, 1959-1976.
- Campo de Ferreras, A.M., A.M. Capelli de Steffens y P.G. Diez. 2004. El clima del Suroeste bonaerense. Departamento de Geografía y Turismo, Universidad Nacional del Sur. Bahía Blanca. 99 pp.
- Capelli de Steffens, A., 2000. La salud en relación con el tiempo y el clima. Actas de las Terceras Jornadas de Geografía Física. Santa Fe, 65-69.
- Capelli de Steffens, A, M.C. Piccolo, y A. Campo de Ferreras. 2005. Clima urbano de Bahía Blanca. Buenos Aires: Dunken, 200 pp.
- Cartalis, C., A. Synodinou, M. Proedrou, A. Tsangrassoulis and M. Santamouris. 2000. Modifications in energy demand in urban areas as a result of climate changes: an assessment for the southeast Mediterranean region. Department of Applied Physics, University of Athens, Panepistimiopolis, Athens. Elsevier Science. Energy Conversion and Management 42(2001), 1646-1656.
- Czajkowski, Jorge D., 2000. Desarrollo de un modelo de ahorro de energía en edificios de vivienda y determinación de valores límite de calidad térmica para la República Argentina. Revista Avances en Energías Renovables y Ambiente. 4, 2, 01.39-01.42.
- Czajkowski, Jorge D. and Elías Rosenfeld. 1992. Regionalización bioclimática de la provincia de Buenos Aires. Actas de la 15a Reunión de Trabajo de ASADES (Asociación Argentina de Energía Solar). San Fernando del Valle de Catamarca.
- Climent Diranzo, F.J., E. Valor Micó, E.; H. Torró Enguiz y V. Caselles Miralles. 2003. Incidencia de la climatología en el consumo de gas y electricidad en España. I.C.E. (Infraestructuras: Transportes e Industrias de Red), N808. 55-70.
- Filippín, C., 1999. Análisis energético de una tipología edilicia escolar en localizaciones



- geográficas diferentes en la provincia de La Pampa, Análisis de su consumo energético. XXII Reunión de Trabajo de ASADES.
- Filippín, C., A. Bescochea y J. Gorozurreta. 2001. Comportamiento higrotérmico y energético de la escuela bioclimática de Catriló en la provincia de La Pampa. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. 5. Reunión de Trabajo de ASADES.
- Filippín, C. y L. Marek. 2004. Monitoreo higrotérmico, energético y socio ambiental de una escuela solar en la provincia de La Pampa. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente. Vol. 8. Reunión de Trabajo de ASADES.
- Hansen, J., M. Sato, J. Glascoe and R. Ruedy. 1998. A common-sense climate index: Is climate changing noticeably, Vol. 95, Issue 8, 4113-4120. National Aeronautics and Space Administration Goddard Institute for Space Studies, Broadway, New York.
- Sailor, D.J., 2000. Relating residential and commercial sector electricity loads to climate - evaluating state level sensitivities and vulnerabilities. Department of Mechanical Engineering, New Orleans, USA. Elsevier Science. Energy 26 (2001), 645-657.
- Sailor, D.J. and C. Vasireddy. 2004. Correcting aggregate energy consumption data to account for variability in local weather. Portland, USA. Elsevier Science. Environmental Modelling & Software (2005).
- Sitte, P., H. Ziegler, F. Ehrendorfer and A. Bresinsky. 1999. Lehrbuch der Botanik, 34. Aufl. Spektrum Akademischer Verlag, Heidelberg, 1007 pp.
- Thom, H.C.S. 1953. The rational relationship between heating degree days and temperature. Monthly Weather Review, 82, 1, 1-6.
- NOAA, 2006. [www.cpc.ncep.noaa.gov](http://www.cpc.ncep.noaa.gov)
- Weather, 2000. [www.weather2000.com](http://www.weather2000.com)