

## **Variación de las disponibilidades agroclimáticas de enfriamiento para la planificación de los espacios verdes.**

MURPHY<sup>◇</sup>, Guillermo M.

### **Resumen**

Se estimaron las “horas de frío” decádicas para seis observatorios ubicados en la ciudad de Buenos Aires y sus alrededores con estadísticas climatológicas de 4 a 6 décadas y uno de localización rural. Se analiza su variabilidad temporo-espacial mediante el análisis del promedio, coeficiente de variabilidad, tendencia de las rectas de ajuste de sus respectivas series, y del porcentaje de disminución anual. Se comprobó que existe una gran variación espacial en la zona (“horas de frío” invernales entre 230 y 590 hs y disminuciones entre el 3,5 % y 0,11 % anual).

### **Introducción**

Es ampliamente aceptado que el conocimiento de las aptitud agroclimática regional es un aporte fundamental para la implantación y explotación exitosa de los cultivos, evitando, en parte, la costosa experiencia de prueba y error, en la introducción de nuevas especies.

Para muchas ciudades se ha documentado el fenómeno de “islas de calor” (Camilloni y Barros, 1997; Moreno García, 1994; Ackerman, 1985) debido a múltiples causas: aumentos de edificios y pavimentos, de la contaminación del aire, del calor producido por las actividades humanas, de la disminución de la evapotranspiración y de la transporte turbulento de calor por la reducción de la velocidad del viento (Oke, 1982) entre otras. Las consecuencias se manifiestan por aumento de la temperatura del aire entre 5° y 10° en los centros urbanos en comparación con las zonas rurales circundantes, que se traducen en mayores costos para el acondicionamiento del aire y aumento de la contaminación, disminución de la confortabilidad del ambiente y causa de múltiples enfermedades de las denominadas “sociales”, como estrés, agotamiento físico y violencia, por citar sólo algunos ejemplos.

Los espacios verdes, es decir, las superficies abiertas donde el elemento fundamental de su composición es el vegetal y el arbolado urbano, moderan muchos de los aspectos negativos ya señalados, reduciendo las temperaturas por el sombreado, el aumento de la evapotranspiración, eliminación de gases tóxicos como el dióxido y monóxido de carbono, óxidos de azufre, de nitrógeno y de plomo, fijación de partículas de polvo atmosférico sobre la superficie foliar etc.. Este beneficio se magnifica respecto del pavimento, entre 3 y 30 veces según se trate de césped o árboles respectivamente. Asimismo disminuyen significativamente los ruidos, el primer contaminante de las grandes ciudades e incorporan al paisaje urbano el color verde vinculado con la tranquilidad y la placidez.

---

<sup>◇</sup> Cátedra de Climatología y Fenología Agrícolas. Facultad de Agronomía – Universidad de Buenos Aires.  
E-mail: murphy@mail.agro.uba.ar

Este trabajo tiene el objetivo de aportar información que permita interpretar los cambios en el comportamiento de la vegetación de la ciudad de Buenos Aires como consecuencia de los cambios climáticos producidos por su crecimiento.

El incremento de la superficie destinada a espacios verdes es una necesidad impostergable en las ciudades, por lo cual su implantación y mantenimiento deben estar enfocados en colocar las especies correctas en los lugares adecuados, evitando en lo posible su mortalidad y asegurando un rápido y correcto desarrollo.

Existen trabajos que han analizado la evolución temporal de algunos elementos meteorológicos para Buenos Aires y para otras ciudades grandes de la Argentina, (Sierra et al, 1992; Camilloni y Barros, 1997). Sin embargo, son mucho menos frecuentes aquellos que analizan los cambios ambientales ocurridos por la influencia del crecimiento urbano a través de índices biometeorológicos o bioclimáticos de acción más directa sobre el comportamiento de la vegetación (Pascale y Aspiazu, 1965; Pascale y Damario, 1993/94). La presente constituye una contribución en tal sentido, pues se trata de un análisis de la variación de las “horas de frío” (HF) en la ciudad de Buenos Aires y sus alrededores en las últimas seis décadas, en comparación con lo ocurrido en una localización rural poco influenciada por el crecimiento urbano.

La diversidad de especies presentes en espacios verdes y especialmente en el arbolado urbano justifican este estudio por cuanto, muchas de ellas son exóticas y provienen de lugares que les han impuesto la modalidad bioclimática de tener ciertos requerimientos de enfriamiento para el cumplimiento de las etapas de desarrollo.

El conocimiento de la disponibilidad actual y su tendencia temporal en distintos puntos de la ciudad y sus alrededores, será de utilidad para la elección de nuevas especies y de su lugar de plantación.

### **Materiales y Métodos**

Se utilizaron las estadísticas climáticas decádicas de los períodos 1928-37; 1941-50; 1951-60; 1961-70; 1971-80 y 1981-90 para seis localidades ubicadas en la Ciudad de Buenos Aires y el conurbano bonaerense y para una localidad de ubicación rural de acuerdo a lo que se indica en el Cuadro N° 1. Todas las localidades se encuentran a latitudes parecidas y cuentan con por lo menos cuatro décadas de observaciones. Su distribución puede apreciarse en la Fig. 1.

Con los datos allí disponibles se procedió a la estimación de las HF (número de horas en que la temperatura permanece por debajo de 7°C) como un indicador de las disponibilidades medias de enfriamiento para cada década para las distintas estaciones (otoño, invierno y primavera) y para el total anual. El cálculo se realizó según la metodología propuesta por Damario, (1969) y su actualización Damario, *et al* (1998).

Cuadro N° 1: Ubicación geográfica de los observatorios utilizados.				
Observatorio	Ubicación	Latitud	Longitud	Altura (m)
Aeroparque J. Newbery	Ciudad de Buenos Aires	34° 34' S	58° 25' W	6
Obs. Central Buenos Aires	Ciudad de Buenos Aires	34° 35' S	58° 29' W	25
Ezeiza	Gran Buenos Aires	34° 50' S	58° 32' W	20
El Palomar	Gran Buenos Aires	34° 36' S	58° 36' W	21
Castelar	Gran Buenos Aires	34° 40' S	58° 39' W	22
San Miguel	Gran Buenos Aires	34° 33' S	58° 44' W	26
Junín	Interior Prov. de Bs.As.	34° 35' S	60° 58' W	81

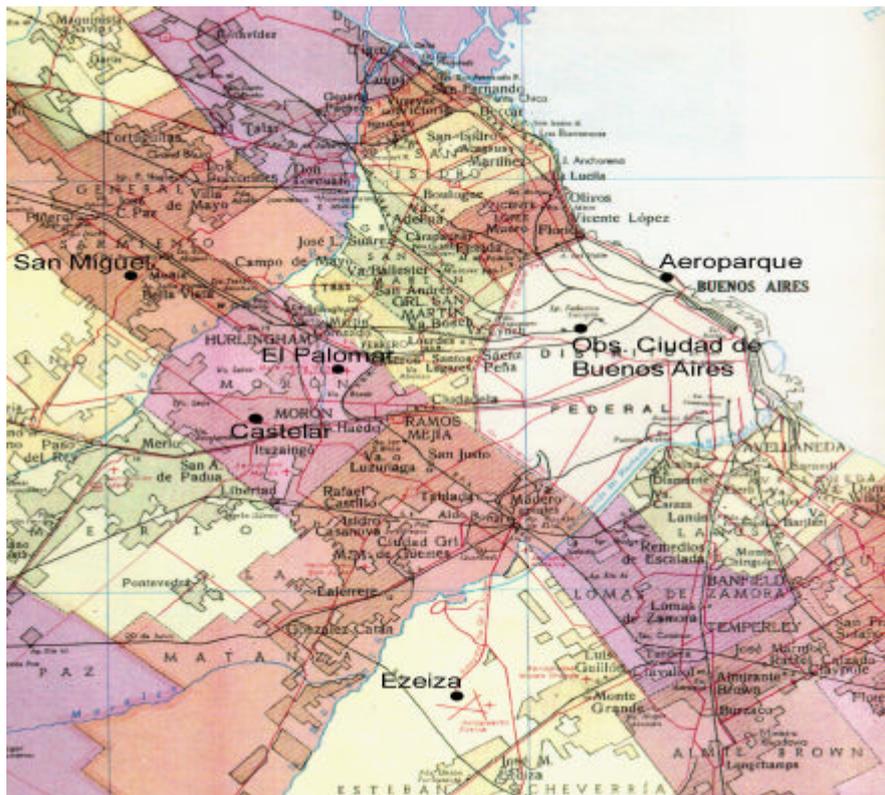


Fig.1. Ubicación de los observatorios en el área estudiada

Se analiza la variación espacial y temporal de las HF a través de la variabilidad y tendencia de las rectas de ajuste de los promedios decádicos de cada localidad.

### Resultados y Discusión

La ciudad de Buenos Aires, capital de la Argentina, se encuentra en la margen occidental del Río de la Plata y ocupa una superficie de unas 200.000 ha. la rodean hacia el norte, el oeste y el sur una serie de conglomerados urbanos (el Gran Buenos Aires) que se suceden sin solución de continuidad en un radio de por lo menos 30 a 40 km. Habitan en la Capital algo más de 3 millones de personas, a los que se suman los que ingresan por las vías de acceso dónde circulan diariamente más de 1 millón de vehículos provenientes del Gran Buenos Aires, donde viven alrededor de 8 millones de personas.

La totalidad de los espacios verdes suma unas 1500 ha, de las cuales sólo la mitad tiene aptitud para su utilización para el esparcimiento, deportes, y recreación. Existen actualmente 4,62 m<sup>2</sup>/habitante de espacios verdes, cifra distante de los 10 m<sup>2</sup> recomendados por la OMS y de los 22m<sup>2</sup> disponibles en 1921, pero que sin embargo mejora los 2,28m<sup>2</sup> de 1935 o los 3,9m<sup>2</sup> de 1972.

La vegetación natural de la región, compuesta por pastizales y arbustos de pequeños a medianos, ha desaparecido y sólo por la acción del hombre se han implantado árboles, que en todos los casos, provienen de regiones más o menos distantes, ya sea de nuestro propio país, de América del Sur o de otros continentes. Si bien es muy rica la variedad de especies arbóreas existentes en Buenos Aires las que predominan son el fresno americano (*Fraxinus americana*) con unos 120.000 ejemplares, el paraíso (*Melia azedarach*) y el plátano (*Platanus x acerifolia*) con 38.000 cada uno, la tipa blanca (*Tipuana tipu*) casi 10.000 y el jacarandá (*Jacaranda mimosifolia*) con unos 6.000, existiendo más de 100.000 ejemplares de las más variadas especies y procedencias. Actualmente, en las plantaciones que se están efectuando, 100.000 plantas en 2 años, se están utilizando mayoritariamente fresnos americanos, especie nativa de América del Norte que crece naturalmente desde el NE de Canadá (45° N) hasta el N de Florida (30°N) y hasta los 95°W hacia occidente, región con estaciones bien marcadas que permiten suponer que la modalidad bioclimática de la especie debe incluir cierta necesidad de frío para un correcto descanso invernal.

Aunque se han calculado y analizado las HF decádicas en sus valores anuales y del invierno, otoño y primavera para las 7 localidades ya mencionadas (2 en la Capital Federal, 4 en el Gran Buenos Aires y 1 rural), sólo se ejemplificarán, por razones de espacio, los correspondientes al invierno (junio, julio y agosto) pues, obviamente, significan el mayor aporte al total anual y resultan suficientemente ilustrativos de la variación espacial y temporal de las disponibilidades de frío de la región (Cuadro N° 2). Sólo se hace mención a ciertos estadísticos de las series del otoño, pues los mismos presentan diferencias relevantes para su análisis. Los valores o datos no expuestos se hallan disponibles para su consulta.

En principio, es posible observar una importante variación espacial de las HF invernales, con un aumento hacia el oeste acorde con la distancia al Río de la Plata, desde las 233,5 hs de Aeroparque hasta las 592,2 hs de Ezeiza, lo cual significa que, en promedio, las disponibilidades son menos de la mitad en la primera de las localidades reduciéndose a menos de la tercera parte al considerar la década 1981-90. Esta disponibilidad deberá ser considerada en la planificación de los espacios verdes cuando se trate de implantar especies que manifiesten alguna necesidad de vernalización, pues su comportamiento podrá variar según el lugar en que se las coloque, aún cuando la distancia no sean muy grandes (menos de 40 km), pudiéndose llegar a no cumplir con la finalidad con que fueron introducidas o ver reducido su ciclo de vida.

<b>Cuadro N° 2: "Horas de Frío" invernales (junio, julio y agosto) (en negro), sus estadísticos (en rojo) y algunos estadísticos del otoño (marzo, abril y mayo) (en azul)</b>							
<b>Década</b>	<b>Localidades</b>						
	Aeroparque	Buenos Aires	El Palomar	Castelar	San Miguel	Ezeiza	Junín
28-37		458			728		778
41-50		428	651		668		693
51-60	270	380	537	616	589	576	729
61-70	257	332	502	532	546	627	736
71-80	222	299	470	500	494	601	715
81-90	185	263	492	459	421	564	640
<b>Promedio</b>	<b>233.5</b>	<b>360.0</b>	<b>530.3</b>	<b>526.7</b>	<b>574.3</b>	<b>592.2</b>	<b>714.9</b>
<b>Desv Estan.</b>	<b>38.0</b>	<b>75.6</b>	<b>71.7</b>	<b>66.4</b>	<b>112.7</b>	<b>27.9</b>	<b>46.3</b>
<b>Coef .Var.%</b>	<b>16.30</b>	<b>21.00</b>	<b>13.52</b>	<b>12.60</b>	<b>19.63</b>	<b>4.71</b>	<b>6.47</b>
<b>Pendiente</b>	<b>-2.89</b>	<b>-3.85</b>	<b>-3.86</b>	<b>-5.02</b>	<b>-6.01</b>	<b>-0.62</b>	<b>-1.76</b>
<b>Ord de Orig.</b>	<b>435.71</b>	<b>589.24</b>	<b>780.92</b>	<b>877.92</b>	<b>934.75</b>	<b>635.74</b>	<b>820.57</b>
<b>%Dism.Año</b>	<b>-1.24</b>	<b>-1.07</b>	<b>-0.73</b>	<b>-0.95</b>	<b>-1.05</b>	<b>-0.11</b>	<b>-0.25</b>
<b>Promedio</b>	<b>35.5</b>	<b>65.8</b>	<b>124.1</b>	<b>124.2</b>	<b>133.0</b>	<b>167.2</b>	<b>171.5</b>
<b>Pendiente</b>	<b>-1.25</b>	<b>-0.85</b>	<b>-1.54</b>	<b>-2.67</b>	<b>-1.68</b>	<b>-0.76</b>	<b>-0.84</b>
<b>%Dism.Año</b>	<b>-3.59</b>	<b>-1.30</b>	<b>-1.24</b>	<b>-2.15</b>	<b>-1.26</b>	<b>-0.45</b>	<b>-0.49</b>

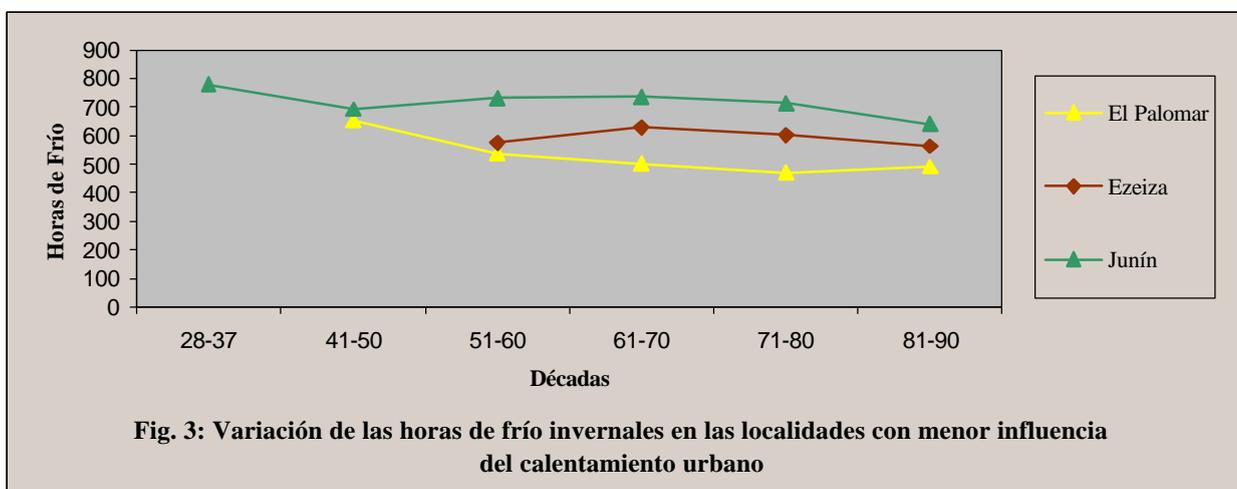
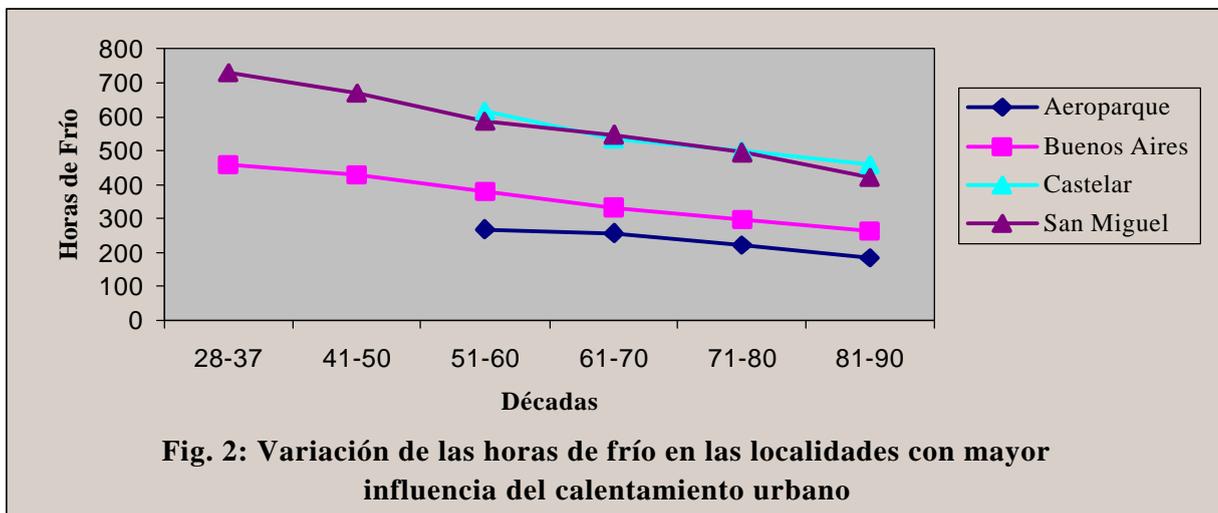
En cuanto a la variación temporal los observatorios de la ciudad de Buenos Aires y sus alrededores presentan una tendencia de las rectas de ajuste de sus respectivas series, que es siempre negativa, aunque su magnitud es muy variable entre sí. La mayor disminución anual (-6,01 hs/año) ocurre en San Miguel, seguido de Castelar (-5.02 hs/año) lo cual se explica por el crecimiento de las construcciones y pavimentos en las últimas 3 o 4 décadas. Por ejemplo, el observatorio de San Miguel se encuentra ubicado en las instalaciones de un Colegio religioso desde comienzos de siglo, ambiente totalmente aislado de la reducida población del mismo nombre, aglutinada en las inmediaciones de la estación de ferrocarril. El explosivo crecimiento urbano, a partir de mediados de los '40, determinó a su alrededor una zona totalmente urbanizada de carácter netamente residencial y con pocos espacios verdes públicos disponibles. El Palomar (-3,86hs/año) es un caso parecido, donde el crecimiento de la ciudad fue grande pero su efecto no tan notable por la ubicación del observatorio en un aeródromo de la Fuerza Aérea Argentina lindante con el Colegio Militar de la Nación, todo lo cual lo rodea de un respetable espacio verde.

Junín y Ezeiza presentan la menor disminución anual de HF, -1,76hs/año y -0,62hs/año respectivamente, la primera por tratarse de una localidad rural y la segunda por comportarse como tal por ser una estación meteorológica instalada en el Aeropuerto Internacional de Ezeiza, rodeado de una gran forestación (los Bosques de Ezeiza) que lo separa del Gran Buenos Aires y porque, hacia el oeste, se extiende una zona de escasa urbanización.

Si bien la tendencia de la recta de ajuste de la serie brinda información acerca de la influencia del calentamiento producido por las ciudad, la gran diferencia en las disponibilidades de

HF entre las distintas localidades analizadas dificulta, en cierta medida, su comparación y la evaluación de su magnitud. Un índice adimensional muy sencillo que facilite la comparación surge de expresar en forma porcentual el cociente entre la tendencia de la recta de ajuste de la serie y su promedio (% Dism. Año del Cuadro N° 2). El porcentaje de disminución de las HF por año es máximo en Aeroparque (-1,24%) seguido por Buenos Aires y San Miguel (-1,07% y -1,05%), valores casi idénticos y Castelar (-0,95%), entre las localidades con mayor influencia del calentamiento urbano, El Palomar (-0,73%), por las razones señaladas, tiene un valor intermedio. Ezeiza y Junín muestran valores mucho menores (-0,11% y -0,25%) localidades de este análisis donde menos se manifiesta el efecto del crecimiento urbano. Las Figuras 2 y 3 presentan la variación temporal de las HF invernales de estos dos grupos de localidades.

La series de los observatorios ubicados en zonas densamente pobladas (Fig.2) pueden ajustarse linealmente con gran precisión y no tanto las otras (Fig.3).



El otoño presenta algunas diferencias con el invierno. Su variabilidad es mayor para toda las localidades como lo es también el % de disminución por año, con valores de hasta -3,59 y -2,15 % para Aeroparque y Castelar respectivamente. El otoño aparece como la estación más variable y más afectada por el calentamiento, lo que concuerda con lo expresado por Pascale y Damario (1993/94) pues es en este trimestre dónde se produce el mayor aumento de las temperaturas mínimas medias.

### Conclusiones

Existe una gran variación espacial en las disponibilidades de enfriamiento en la zona ocupada por la Ciudad de Buenos Aires y el Gran Buenos Aires que está asociada a la ubicación de los observatorios en zonas urbanizadas, en medio de grandes espacios verdes o en cercanía de grandes espejos de agua.

El otoño manifiesta la mayor influencia del calentamiento provocado por el crecimiento urbano, con una marcada disminución de las HF, por lo que es posible esperar que sea en esta estación cuando se produzcan los cambios más notables en el comportamiento de algunas especies

Las disponibilidades de frío deben tenerse en cuenta en la planificación del mantenimiento y la creación de nuevos espacios verdes cuando se trate incorporar nuevas especies a ellos y cuando se planifiquen nuevas urbanizaciones que acompañan el crecimiento de las grandes ciudades, que deberían incluir una adecuada proporción de espacios verdes capaces de minimizar su impacto sobre el ambiente.

### Bibliografía

- ACKERMAN, B. Temporal march of the Chicago heat island. *J. Clim. Appl. Met.* 24:547-554, 1985.
- ARGENTINA. Estadísticas climatológicas 1928-37. Min. De Agric. Dir. De Met. Geof. e Hidr. Serie B N° 1, 121 pp, 1944.
- ARGENTINA. Estadísticas climatológicas 1941-50. Serv. Met. Nac. N° 3, 160 pp, 1958.
- ARGENTINA. Estadísticas climatológicas 1951-60. Serv. Met. Nac. SERIE B N° 6, 156 pp, 1972.
- ARGENTINA. Estadísticas climatológicas 1961-70. Serv. Met. Nac. SERIE B N° 35, 188 pp, 1981.
- ARGENTINA. Estadísticas climatológicas 1971-80. Serv. Met. Nac. SERIE B N° 36, 169 pp, 1986.
- ARGENTINA. Estadísticas climatológicas 1981-90. Serv. Met. Nac. SERIE B N° 37, 709 pp, 1992.
- CAMILLONI, I.; BARROS, V. On the urban heat island effect dependence on temperature trends. *Climate Change* 37:665-681, 1997.
- DAMARIO, E.A. Carta estimada de horas de frío de la República Argentina. *Rev. Fac. Agr. y Vet. de Buenos Aires*, 17 (2):25-38, 1969.
- DAMARIO, E.A.; PASCALE, A.J.; BUSTOS, C. Método simplificado para la estimación agroclimática de horas de frío anuales. *Rev. Facultad de Agronomía*, 18 (1-2):93-97, 1998.
- MORENO GARCIA, M.C. Intensity and form of the urban heat island in Barcelona. *Int. J. Clim.* 14:705-710, 1994.
- OKE, T.R. The energetic basis of the urban heat islands. *Quart. J. Roy. Meteorol. Soc.* 108:1-24, 1982.
- PASCALE, A.J.; AZPIAZU, C. Régimen de horas de frío durante el invierno en Buenos Aires. *Rev. Fac. Agr. y Vet. de Buenos Aires* 16(II):63-82, 1965.
- PASCALE, A.J.; DAMARIO, E.A. Tendencia de la amplitud térmica diaria en la Argentina desde 1901 hasta 1990. *Rev. Facultad de Agronomía* 14(2):127-138, 1993/94.
- SIERRA, E.; BELTRAN, A.; MAIO, S.; BARNATAN, I. Cambios en el régimen de temperaturas mínimas de la ciudad de Buenos Aires (período 1906-1992). *Rev. Facultad de Agronomía* 13 (2-3):253-260, 1992.