

Comparación entre observaciones meteorológicas obtenidas de estaciones convencionales y automáticas a partir de la estimación de parámetros estadísticos

GATTINONI, N¹ ; BOCA, T^{1,2} ; REBELLA, C¹ y DI BELLA, C¹

RESUMEN

La información meteorológica resulta de gran utilidad en distintas disciplinas como la agronomía y la hidrología, entre otras. La observación de variables y fenómenos meteorológicos se lleva a cabo en Estaciones Meteorológicas Convencionales (EMC) asistidas por un observador capacitado. En los últimos años, el uso de Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA) ha experimentado un incremento significativo. La Organización Mundial Meteorológica las define como "las estaciones en las cuales las observaciones son realizadas y transmitidas automáticamente". El objetivo de este trabajo fue comparar la calidad de los datos provenientes de ambas estaciones a partir de la estimación de distintos parámetros estadísticos. El análisis comprendió los datos de temperatura del aire y precipitación registrados durante el año 2007 por tres estaciones meteorológicas (una convencional y dos automáticas) a escala diaria y mensual. Los estimadores de parámetros estadísticos resultaron similares entre las estaciones, especialmente los calculados a partir de los datos de temperatura. Los valores acumulados anuales y extremos de precipitación fueron los que mostraron mayores diferencias. Se destaca la importancia del intervalo de medición de precipitación utilizado en cada tipo de estación y el entorno en el que se encuentran las mismas. Se propone como un objetivo a futuro, extender el periodo de análisis para evaluar la generalidad y la significancia de los resultados encontrados.

Palabras clave: Estaciones Convencionales, Estaciones Automáticas, Comparación, Temperatura, Precipitación.

ABSTRACT

Meteorological information is useful in various disciplines such as agronomy or hydrology among others. The observation of meteorological variables and phenomena is carried in conventional meteorological stations assisted by a trained observer. In recent years, the use of automatic meteorological stations has experienced a significant increase. The World Meteorological Organization defines as "the stations at which

¹ Inst. Clima y Agua. CIRN INTA Castelar, Las Cabañas y Los Reseros s/n (1712), Castelar, Buenos Aires, Argentina. Correo: ngattinoni@cni.inta.gov.ar

² Dto. de Métodos Cuantitativos y Sistemas de Información, FAUBA.

Recibido 07 de septiembre de 2010// Aceptado 15 de diciembre de 2010// Publicado online 05 de enero

observations are made and transmitted automatically." The aim of this study was to compare the quality of data gathered from both stations from the estimation of various statistical parameters. The analysis included data of air temperature and precipitation throughout the year 2007 by three weather stations simultaneously (one conventional and two automatic) at daily and monthly scales. The different estimators were similar between the stations. The annual cumulative values of precipitation and extremes were those who showed greater differences. Is proposed as a future goal, extending the period of analysis to assess the generality and significance of the results.

Key words: *Conventional Stations, Automatic Stations, Comparison, Temperature, Precipitation.*

INTRODUCCIÓN

La información meteorológica resulta de gran utilidad para el análisis del estado del tiempo presente, preparación de pronósticos y alertas meteorológicas; estudios agroclimatológicos; preparación de operaciones dependientes del tiempo (e.g. trabajos en construcciones, aeródromos); aplicaciones en temáticas asociadas a la hidrología o la agronomía (Magrin *et.al.* 1991, Rebella *et.al.* 1984, Rebella *et.al.* 1999), etc.

Desde la fundación de la Oficina Meteorológica Argentina en el año 1872 hasta la actualidad, las observaciones de variables y fenómenos atmosféricos que caracterizan el estado del tiempo (temperatura, precipitación, nubosidad, tormentas, nieblas, etc.) se han llevado a cabo en estaciones meteorológicas convencionales (EMC). Las mismas se encuentran asistidas por personal capacitado (observador meteorológico) quien realiza las mediciones de: temperatura del aire, dirección y velocidad del viento, presión, precipitación, humedad del aire y radiación, etc. El observador cumple varias funciones: realización de observaciones meteorológicas; mantenimiento de los instrumentos y del sitio de observación de forma tal que resulten en buen orden, y cambio de fajas de los distintos instrumentos, entre otras (OMM, 2008).

De acuerdo a los objetivos y fines para los que fue implantada una estación meteorológica, existen diversos tipos de observaciones. Se pueden destacar aquellas que se efectúan para estudios climatológicos y para el análisis de la evolución meteorológica (sinópticas). Es importante que las observaciones sean sincrónicas y continuadas durante un lapso importante de tiempo de manera que puedan utilizarse en cualquier estudio o investigación.

La Organización Mundial Meteorológica (OMM) ha establecido horas fijas en las cuales las estaciones meteorológicas climáticas deben realizar las observaciones. Estas son: 12:00, 18:00 y 24:00 UTC (tiempo universal coordinado) y se caracterizan por ser obligatorias para de esta forma mantener la consistencia y la calidad de los datos que se incorporan a las bases históricas.

En los últimos años se aprecia un incremento en el uso de Estaciones Meteorológicas Automáticas (EMA), espe-

cialmente en el ámbito agrícola e hidrológico, donde algunas de las aplicaciones específicas son sistemas de alertas de heladas y de plagas; alerta temprana de crecida en distintos ríos, etc (Fernández *et.al.* 1987, Elinger 1990). La OMM (1992) las define como "las estaciones en las cuales las observaciones son realizadas y transmitidas automáticamente". A pesar de su automatización, se requiere que las EMA sean asistidas por personal para poder detectar, por ejemplo, fallas de comunicación, de instrumentación y para poder actuar de forma ágil de manera tal que no se produzcan pérdidas de registros extensos. Este tipo de estación está formada por instrumentos meteorológicos y por una unidad central de adquisición de datos, la cual permite realizar mediciones durante las 24 horas. Las características que debe cumplir el sitio en el cual se emplazarán las EMA son semejantes a las que se aplican para la EMC, OMM (1993). Según la OMM (2008), las EMA pueden ser utilizadas para incrementar el número de observaciones meteorológicas, aumentar la densidad de una red de estaciones ya existente para proveer datos ya sea desde nuevos sitios, como de lugares de difícil acceso; suplementar, en el caso de estaciones asistidas, los datos fuera de las horas de trabajo normales; mejorar la fiabilidad de las mediciones utilizando sofisticada y moderna tecnología y mediciones digitales; asegurar la homogeneidad de la red de estaciones, y satisfacer nuevas necesidades y requerimientos observacionales y reportes con alta frecuencia y continuidad (las 24 hs del día los 365 días del año).

Para establecer el uso de una EMA como alternativa equivalente a una EC, es necesario realizar previamente un estudio comparativo basado en una serie histórica de observaciones meteorológicas. La OMM (1989) propone como intervalo mínimo de tres años en el cual funcionen los dos sistemas en paralelo. La sustitución de los instrumentos del tipo manual por los automáticos debería efectuarse una vez que se haya realizado una evaluación simultánea de ambas series de datos; para que los nuevos valores registrados se acoplen a las series históricas.

En función de lo antes expuesto y en virtud del creciente incremento en el uso de EMA, se propuso como objetivo de este trabajo comparar la calidad de la información obtenida en forma simultánea por EMC y EMA, a través

de la estimación de distintos parámetros de posición, dispersión de datos y confiabilidad.

MATERIALES Y MÉTODOS

Datos

Para la realización de este trabajo se contó con series de datos de una EMC (Banco de datos agrometeorológicos del Instituto de Clima y Agua) y de dos EMA, debajo descriptas, que durante el año 2007 funcionaron simultáneamente en el Instituto de Clima y Agua del INTA Castelar. Se seleccionaron para este estudio aquellas variables de mayor demanda en las aplicaciones agrometeorológicas tales como la temperatura del aire y la precipitación. Se trabajó con valores medios, máximos y mínimos de temperatura y acumulados de precipitación mayores a 0 mm, en dos escalas temporales: diaria y mensual. Se consideraron sólo los datos medidos durante todo el año 2007 dado que en este periodo se solaparon las mediciones de las tres estaciones. Se buscaron datos erróneos y se contabilizó la cantidad de datos faltantes que no superaron el 10% del total (Buishand, 1982). Especialmente, los datos ausentes de las estaciones automáticas se observaron durante los meses de diciembre y enero y esto podría asociarse a la falta de mantenimiento durante esa temporada.

Características de las estaciones meteorológicas utilizadas

En el Observatorio de Castelar del INTA se realizan mediciones en tres horarios: 12:00, 18:00 y 24:00 horas. Se obtienen datos diarios y horarios de distintas variables, éstos últimos a partir de instrumentos registradores como Termohigrógrafo y Pluviógrafo. Los datos meteorológicos seleccionados para este estudio fueron: temperatura del aire a 150 cm. y precipitación (precisión de la medición de 0.1 mm). En este tipo de estación la precipitación diaria es obtenida a partir de la acumulación de agua caída en el pluviómetro desde las 9 hs de un día y las 9 hs del día siguiente asignando el valor registrado al primer día, a este lapso de tiempo se lo denomina: día pluviométrico. La información de la precipitación horaria se obtiene a partir de la faja del pluviógrafo permitiendo obtener el valor acumulado durante el periodo de 0-24 hs. Cabe destacar que en las EMC la principal medida de precipitación se realiza durante el día pluviométrico y esta es una característica que hace la diferencia con las demás estaciones, ya que las EMA efectúan los registros de precipitación diaria desde las 0 hs hasta las 24 hs. Esto último se relaciona con los intervalos de muestreo y almacenaje programados en cada EMA, permitiendo en algunos casos poder obtener el valor de precipitación acumulada durante el día pluviométrico.

La EMA marca Campbell fue puesta en funcionamiento en noviembre del año 2005 en un predio próximo al Instituto de Clima y Agua y en las inmediaciones del Observatorio, a través de un proyecto de investigación

conjunta llevado a cabo por investigadores del INTA y de la FAUBA. Las variables son registradas cada segundo y almacenadas en dos intervalos de tiempo: 15 minutos y 24 hs. Presenta el valor promedio de la temperatura para ambos intervalos y en cuanto a la precipitación se almacena sólo el valor acumulado entre las 0 hs y las 24 hs del día (precisión de la medición de 0.254 mm).

La EMA marca Davis funciona en el Instituto de Clima y Agua del INTA Castelar desde noviembre de 2006. Las variables son registradas cada segundo y presentadas en un intervalo de muestreo de 10 minutos, almacenándose los valores promedios de temperatura y el valor acumulado de la precipitación (precisión de la medición de 0.2 mm).

Dado que la lluvia es medida en distintos lapsos de tiempo, se tomó como criterio considerar sólo la lluvia acumulada durante el periodo de 0 a 24 hs, dado que este valor era presentado por las tres estaciones.

Análisis realizados

Se realizó un análisis descriptivo de las variables de cada una de las estaciones a través de gráficos y de la estimación de distintos parámetros de posición, dispersión y asociación.

Se incluyó también el cálculo del Coeficiente de Inconsistencia, definido por Colotti *et.al* (2003), quienes encontraron que este índice puede ser adecuado para evaluar la calidad de las mediciones simultáneas (automáticas y convencionales) de distintas variables meteorológicas.

El Coeficiente de Inconsistencia se expresa mediante la siguiente fórmula:

$$C_I = \frac{V(X - X^*)}{V(X) + V(X^*)}$$

donde "V" representa el operador estadístico-matemático de la varianza; X, el valor de la variable a partir de la medición automática y X* el valor de la variable a partir de la medición convencional.

Este coeficiente varía entre 0 (muestras linealmente dependientes o perfectamente consistentes) y 1 (muestras totalmente independientes), suponiendo que no existe correlación lineal entre los dos conjuntos de mediciones. Los autores extienden el concepto de inconsistencia incorporando el de consistencia entre los datos y para ello definen el Coeficiente de Consistencia como:

$$C_C = 1 - C_I$$

A tal efecto se realizaron comparaciones para cada mes del año de los registros provenientes de las EMA y de la EMC. En el caso de la precipitación, se consideraron aquellos días en los cuales ambas estaciones registraron valores mayores a 0 mm.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Análisis de las series de precipitación

En cuanto a la precipitación diaria, la mayor diferencia se apreció en la cantidad de días registrados por la EMA Davis (figura 1) entre los meses de abril y julio en los cuales la estación registró valores iguales a 0.2 mm y en cuyo caso las estaciones restantes presentaron 0 mm. Tal discrepancia se la podría atribuir al vuelco del balancín del pluviómetro luego de haber acumulado agua de rocío y/o a la precisión del instrumento.

En los valores diarios de precipitación se observó una diferencia máxima entre la EMC y la estación Campbell de 11.39 mm (5/10/2007) y de 17.3 mm (17/3/2007) entre la EMC y Davis. Mientras que en lo que se refiere al valor máximo diario registrado durante el año 2007, las estaciones automáticas coincidieron en el día de

ocurrencia del mismo, 9/10/2007, siendo los valores 49.02 mm en la EMA Campbell y 47.2 mm en la EMA Davis. El valor medido de precipitación en la EMC fue de 47.4 mm.

En el figura 2 se observan los datos diarios de precipitación. En general, los datos obtenidos en la estación Davis resultaron inferiores a los registrados en las estaciones restantes, a excepción de los casos nombrados en el primer párrafo. Esta observación se puede apreciar con detalle cuando se comparan las mediciones de ambas EMA.

Los estimadores de parámetros estadísticos para la variable en estudio (tabla 1), calculados para la EMA Davis resultaron menores que las estaciones restantes. El coeficiente de variación demostró una leve homogeneidad en los datos de las EMA comparado con el calculado para la EMC.

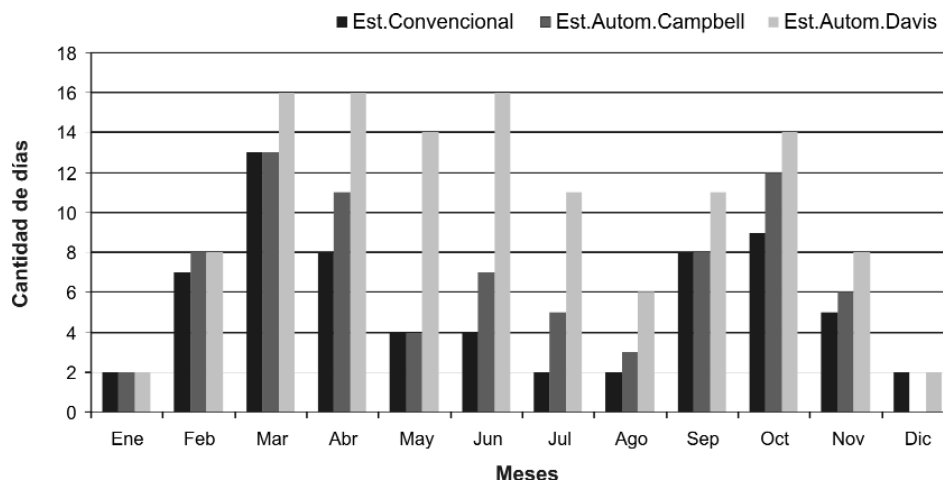


Figura 1: Cantidad de días con precipitación registrada en las tres estaciones para cada mes del año 2007.

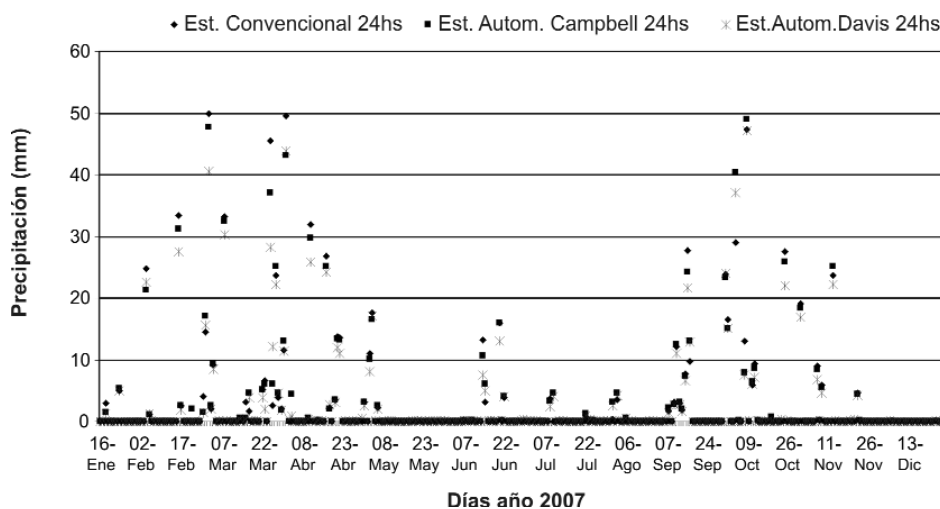


Figura 2: Datos de precipitación diaria durante el año 2007.

Los valores mínimos de las series se corresponden con la precisión de medición definido en cada estación a partir del instrumental utilizado. El valor máximo medido en la estación Davis se encontró en 2.8 mm por debajo de la medición máxima registrada en la estación convencional (tabla 1).

valor del coeficiente de correlación resultó levemente inferior para la correlación entre la estación automática Davis y la estación Convencional, encontrándose mayor dispersión para valores de precipitación mayores a 20 mm. Entre la estación marca Campbell y la convencional la mayor dispersión se observó para valores mayores a 30 mm.

Las correlaciones entre las series diarias de precipitación resultaron significativas al nivel del 5% (figura 3). El

El total anual de precipitación registrada por la EMC fue de 810.1 mm, mientras que las estaciones automáti-

	Estaciones		
	Convencional	Autom.Campbell	Autom.Davis
Media (mm)	2,57	2,57	2,35
Desvío estándar (mm)	7,80	7,53	6,89
Coef. Variación	3,03	2,93	2,93
Mínimo (mm)	0,10	0,25	0,20
Máximo (mm)	50,00	49,02	47,20

Tabla 1: Estimadores estadísticos de las series de precipitación diaria.

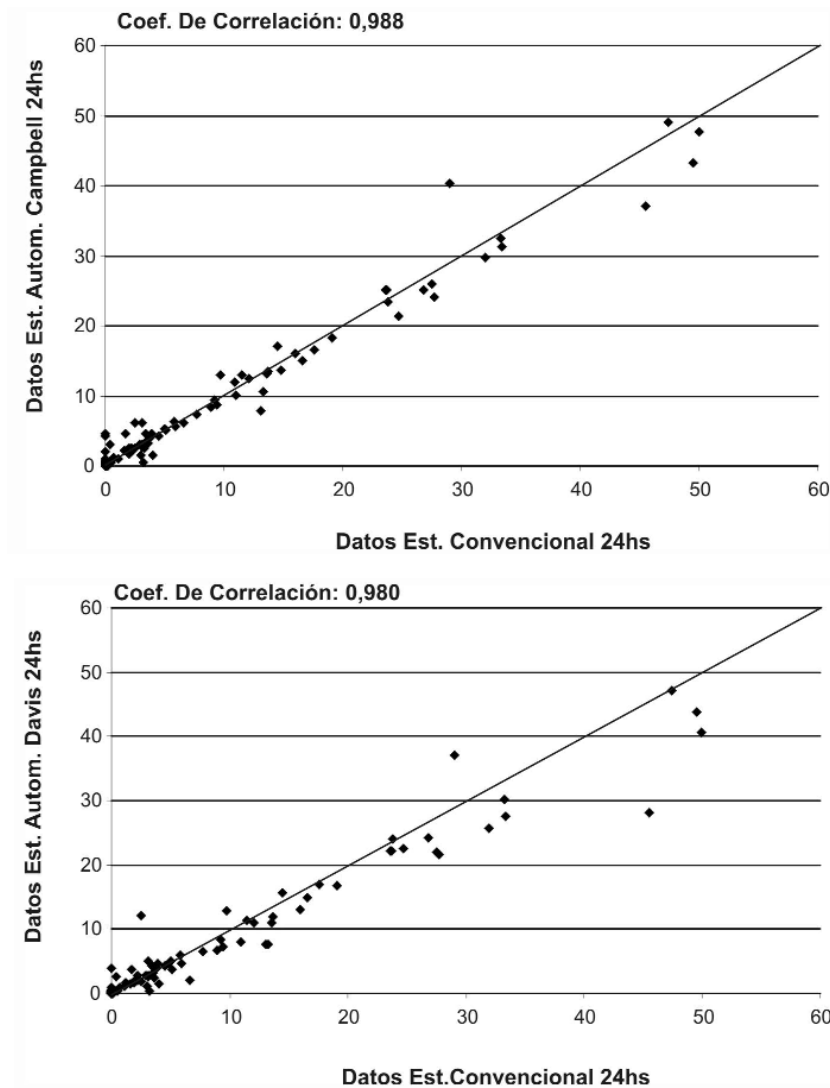


Figura 3: Correlaciones entre datos diarios de precipitación registrados por la estación convencional y las estaciones automáticas.

cas Campbell y Davis acumularon 810.3 mm y 741.0 mm, respectivamente. Estos valores reflejaron la tendencia, observada anteriormente, de la estación Davis en registrar datos inferiores a los registrados en las restantes estaciones.

En cuanto a la precipitación mensual (figura 4) se observa una distribución similar entre las tres estaciones. La ocurrencia de los valores máximos y mínimos se aprecia en meses coincidentes que concuerda con la distribución media anual de precipitación en la zona. A pesar de ellos, los valores mensuales de la estación Davis resultaron inferiores y las mayores diferencias con la estación convencional se encontraron durante los meses de febrero, marzo y abril. La mayor diferencia observada entre los valores registrados por la estación Campbell y la convencional fue en el mes de febrero.

En la tabla 2 se muestran los estimadores de los parámetros estadísticos de la precipitación mensual. En cuanto a los extremos, la estación Campbell presentó valores cercanos a los medidos por la estación conven-

cional. No fue el caso de la estación Davis la cual registró valores inferiores a las anteriores. El coeficiente de variación, al igual que en el caso de los datos diarios, reflejó una leve homogeneidad en los datos mensuales de las estaciones automáticas.

Finalmente, se presentan los Coeficientes de Inconsistencia y de Consistencia que resultaron de la comparación de la lluvia diaria entre las estaciones automáticas y la estación convencional (tabla 3). Se observa que los valores de los Coeficientes de Consistencia fueron menores cuando se comparó la estación convencional con la Davis, salvo para los meses de agosto y octubre. Para la estación Campbell, los valores de dicho coeficiente oscilaron entre 80,76% en el mes de agosto y 99,54% en mayo, con lo cual, este coeficiente permite pensar que existe una consistencia medianamente alta entre las mediciones registradas simultáneamente por ambos equipos, en especial entre la estación Campbell y la convencional. Sería necesario contar con series de datos más largas para comprobar este comportamiento en todas las situaciones posibles.

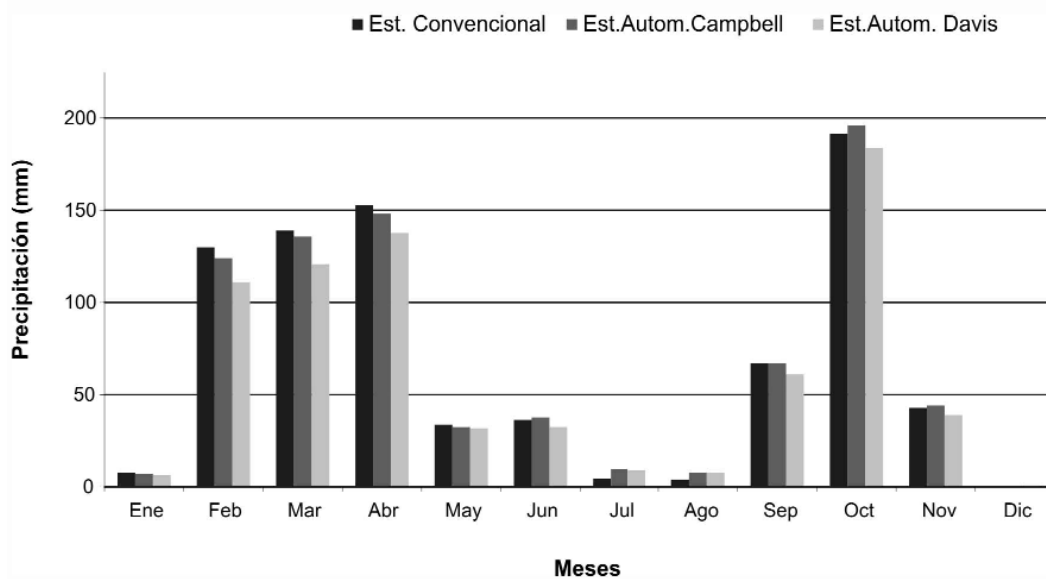


Figura 4: Precipitación Acumulada mensual durante el año 2007.

	Estaciones		
	Convencional	Autom. Campbell	Autom. Davis
Media (mm)	67,51	67,52	61,75
Mediana (mm)	39,60	40,77	35,50
Desvío estándar. (mm)	67,82	66,60	61,36
Coef. Variación	1,00	0,99	0,99
Mínimo (mm)	0,30	0,00	0,40
Máximo (mm)	191,70	196,10	184,00

Tabla 2: Estimadores estadísticos de las distribuciones mensuales de precipitación

a)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Días de Lluvia	2	7	13	8	4	4
Coef de Inconsistencia	0,1769	0,0064	0,0236	0,0123	0,0046	0,0742
Coef de Consistencia	0,8231	0,9936	0,9764	0,9877	0,9954	0,9258
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días de Lluvia	2	2	8	9	5	2
Coef de Inconsistencia	0,0601	0,1924	0,0252	0,0546	0,0039	10,000
Coef de Consistencia	0,9399	0,8076	0,9748	0,9454	0,9961	0,0000

b)	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun
Días de Lluvia	2	7	13	8	4	4
Coef de Inconsistencia	0,1757	0,0235	0,1081	0,0142	0,0166	0,1924
Coef de Consistencia	0,8243	0,9765	0,8919	0,9858	0,9834	0,8076
	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Días de Lluvia	2	2	8	9	5	2
Coef de Inconsistencia	0,2170	0,1696	0,0503	0,0450	0,0052	0,2000
Coef de Consistencia	0,7830	0,8304	0,9497	0,9550	0,9948	0,8000

Tabla 3: Coeficientes de Inconsistencia y de Consistencia resultantes de la comparación de la estación convencional y la estación Campbell (a) y la estación Davis (b)

Análisis de las series de temperatura

En segundo lugar, se analizaron las series datos diarios y mensuales de temperatura media, máxima y mínima de las tres estaciones involucradas en el estudio.

El comportamiento de los valores diarios de las EMA resultó consistente con el observado en la EC (figura 5). A pesar de ello, existieron algunos días en los cua-

les las diferencias entre los valores de las EMA y la EC rondaron los 3,0°C.

En lo que respecta a la variación mensual, la estación automática Campbell presentó una diferencia de 0,6°C con respecto al valor registrado en la EC en el mes de marzo. En los meses restantes las diferencias no excedieron los 0,2°C. La mayor discrepancia entre el valor de temperatura media registrada por la EMA Davis y la EC se observó en el mes de junio (0,7°C).

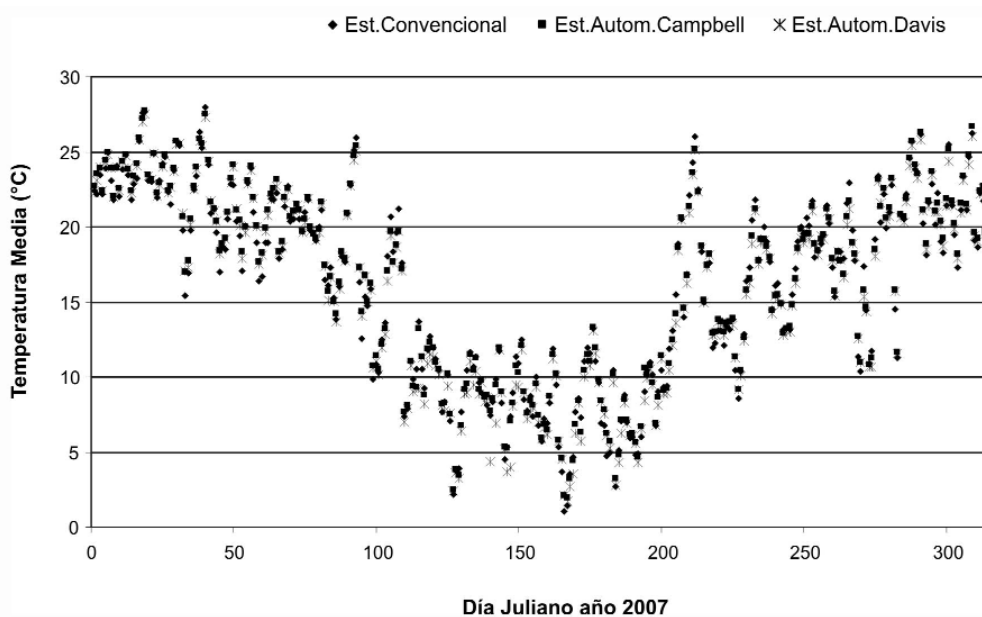


Figura 5a

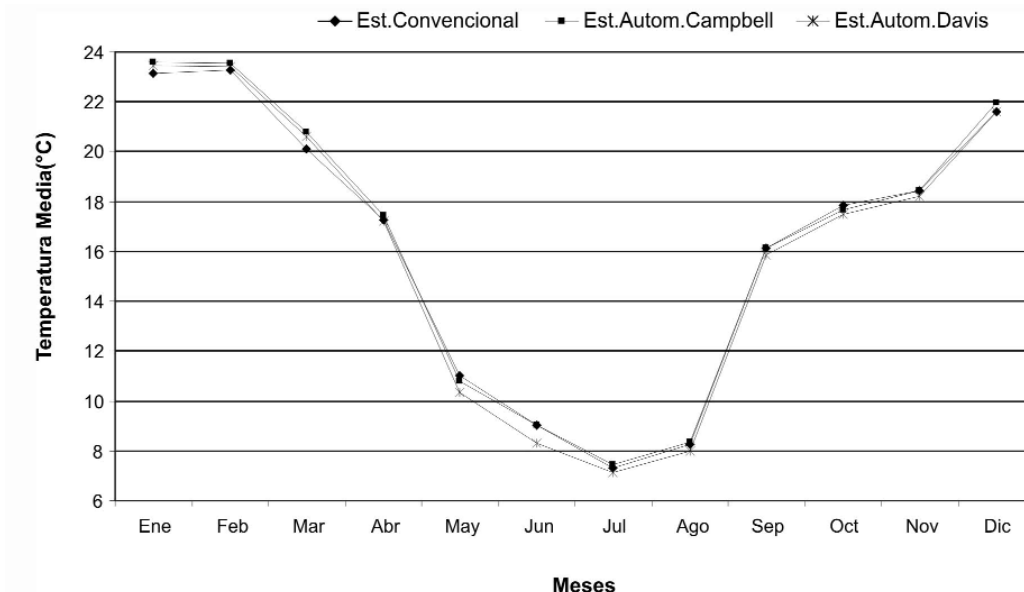


Figura 5b

Figura 5: a) Temperatura media diaria y b) Temperatura media mensual para las estaciones. Est. Convencional (rombo), Est. Autom. Campbell (cuadrado) y Est. Autom. Davis (estrella).

Los valores de los estimadores de los parámetros estadísticos de cada serie de temperatura diaria (tabla 4) resultaron semejantes entre las tres estaciones.

Para complementar el estudio se analizaron los valores del Coeficiente de Consistencia mensuales (no se muestran), los mismos oscilaron entre 91,961% y 98,624% para la estación Campbell y entre 87,414% y 98,674% para la Davis, es decir, que existió una consistencia medianamente alta entre las mediciones registradas simultáneamente por los instrumentos convencionales y los automáticos.

En las figuras 6 y 7 se observa que las series de temperatura máxima como la mínima presentan similar comportamiento.

Esta característica se aprecia también en los estimadores de los parámetros estadísticos (tabla 5). En cuanto a los datos de temperatura máxima mensual, la estación Campbell presentó una diferencia máxima de 0,8°C con respecto al valor registrado en la EC.

Al igual que con los datos de temperatura media se calcularon los coeficientes de consistencia para cada mes, se obtuvieron valores mayores al 95%. Sin embargo, se hallaron algunos valores menores a este porcentaje en algunos meses especialmente en los Coeficientes de consistencia de la temperatura mínima. Por ejemplo, entre los meses de mayo y agosto en la estación Davis el Coeficiente calculado presentó valores entre 82,587% y 93,481%.

	Estaciones		
	Convencional	Autom. Campbell	Autom. Davis
Media (°C)	16,1	16,3	15,9
Mediana (°C)	17,6	17,8	17,8
Desvío estándar (°C)	6,3	6,3	6,4
Coef. Variación	2,5	2,6	2,5
Mínimo (°C)	1,1	1,9	1,7
Máximo (°C)	27,9	27,8	27,5

Tabla 4: Parámetros estadísticos de las series diarias de temperatura media

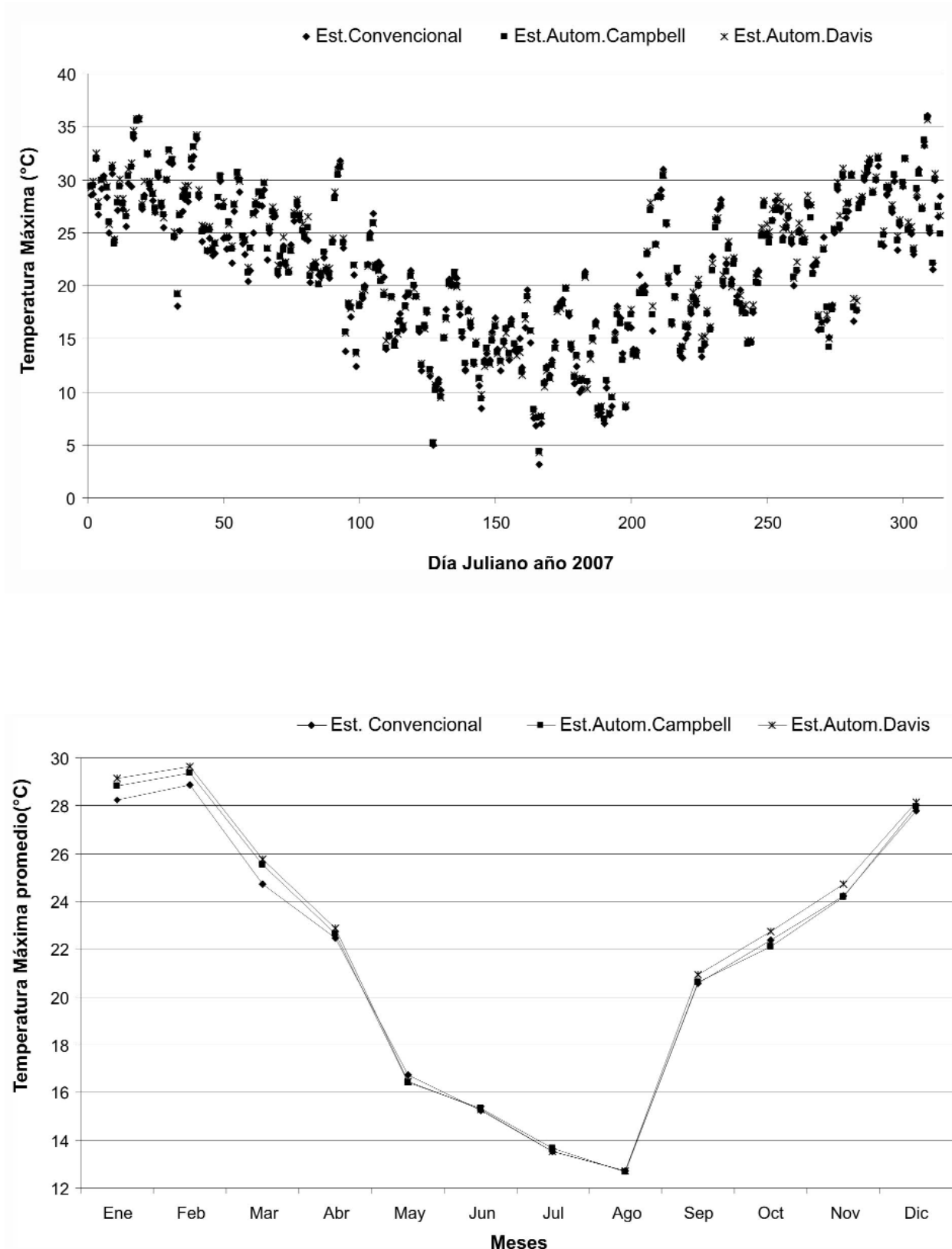


Figura 6: Idem Figura 5 para la Temperatura Máxima.

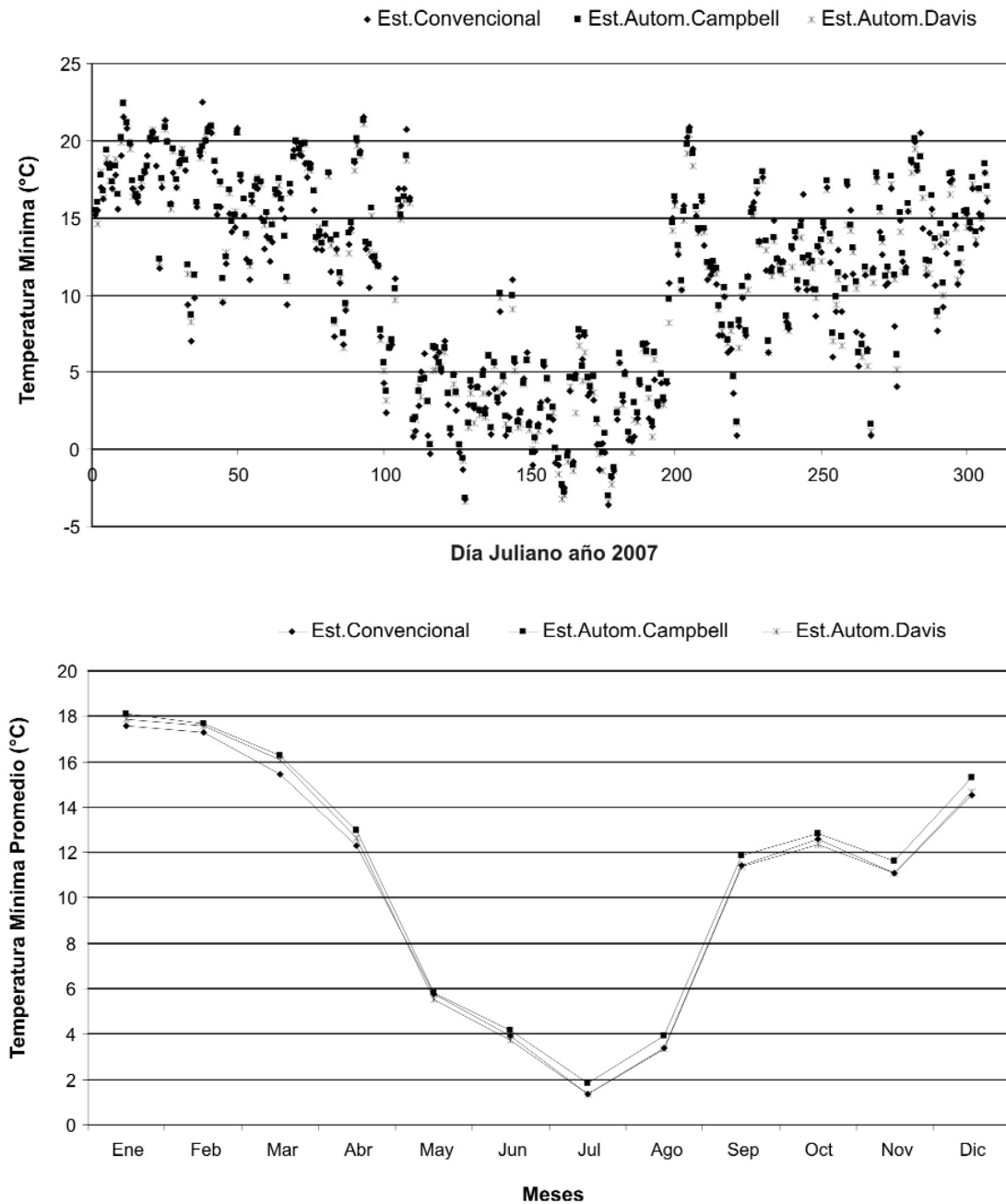


Figura 7: Idem Figura 5 para la Temperatura Mínima.

a)	Estaciones		
	Convencional	Autom.Campbell	Autom.Davis
Media (°C)	21,5	21,7	21,9
Mediana (°C)	22,0	21,7	22,0
Desvío estándar (°C)	6,6	6,6	6,8
Coef. Variación	0,3	0,3	0,3
Mínimo (°C)	3,1	4,4	4,3
Máximo (°C)	36,0	35,8	35,7

Tabla 5a

b)	Estaciones		
	Convencional	Autom. Campbell	Autom. Davis
Media (°C)	10,7	11,2	10,8
Mediana (°C)	11,7	12,3	11,8
Desvío estándar (°C)	6,5	6,4	6,4
Coef. Variación	0,6	0,6	0,6
Mínimo (°C)	-3,6	-3,2	-3,4
Máximo (°C)	22,5	22,4	22,4

Tabla 5b

Tabla 5: Parámetros estadísticos de las series de temperaturas máximas (a) y mínimas diarias (b).

CONCLUSIONES

En este trabajo se compararon las series de temperatura y precipitación diaria y mensual registradas por la estación meteorológica convencional y las estaciones automáticas, provenientes de distintos fabricantes y situadas en un predio del INTA Castelar.

A partir de los diferentes análisis estadísticos descriptivos se observaron similitudes en las series de precipitación, especialmente entre la estación convencional y la de marca Campbell. Los valores acumulados anuales y extremos fueron los que mostraron mayores diferencias. Las diferencias encontradas especialmente en los valores de precipitación se las podría asociar al instrumental utilizado y al entorno de cada estación. El análisis sólo se realizó en una serie acotada de información dado que las estaciones automáticas son de instalación reciente, con lo cual se mostraron las tendencias para este caso, siendo necesario contar con series más amplias para validar las diferencias y poder inferirlas al comportamiento general de las estaciones en otras fechas y situaciones. Se destaca la importancia del intervalo de medición utilizado en cada tipo de estación y que dicho intervalo debe tenerse en cuenta para cualquier comparación simultánea de las series. De igual manera, es necesario prestar atención a la precisión de cada instrumento dado que dicho valor puede originar diferencias entre las mediciones y remarcar la importancia del mantenimiento de las estaciones automáticas que en algunos casos puede producir interrupción de las variables medidas.

En cuanto a las series de temperatura diaria y mensual, los valores del coeficiente de consistencia junto con el análisis estadístico realizado permitieron obtener observaciones similares en el comportamiento de dichas variables.

BIBLIOGRAFÍA

BUISHAND, T.A., 1982. Some methods for testing the homogeneity of rainfall records. *Journal of Hydrology*, (58), 11-27.

COLOTTI E., BLANCO A. Y RODRÍGUEZ J. 2003. Aplicación del coeficiente de inconsistencia como criterio

de comparación entre mediciones de estaciones convencionales y automáticas de lluvia diaria. *Terra Nueva Etapa*, XVIII-XIX (27-28), Venezuela, 85-101.

ELINGER, M. 1990. Sistema de información y alerta hidrológico para la cuenca del Río de la Plata: una experiencia en cooperación regional. Buenos Aires, Centro de Investigaciones Hidrológicas Ezeiza.

FERNÁNDEZ, P; ROBY, H; FORNERO, L; MAZA, J. 1987. Red hidrometeorológica telemétrica en Mendoza-Argentina: un año de experiencias e investigaciones. Centro Regional Andino, Mendoza.

MAGRIN, G.O.; DÍAZ, R.A.; REBELLA, C.M.; DEL SANTO, C. Y RODRÍGUEZ, R. 1991. Simulación del Crecimiento y Desarrollo del trigo en la Argentina y la necesidad de Información Meteorológica de Entrada. CONGREGMET. Septiembre, Buenos Aires, Argentina.

REBELLA, C.M. Y DÍAZ, R. 1984. Tendencia de lluvias y rendimiento de maíz en el área maicera típica argentina. III Congreso Nacional del Maíz, Pergamino.

REBELLA, C., CARBALLO S., HARTMANN T., MERCURI P. 1999. Evento NIÑO 1997-98. Utilización de información satelital en la evaluación del impacto de las inundaciones sobre las producciones agropecuarias y forestales. Información espacial para la evaluación de las inundaciones del Evento Niño 97/98, Fascículo #2 de la serie: "La CONAE y el aprovechamiento de la información espacial"

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. 2008. Guide to meteorological instruments and methods observations. (8) (7.º ed.), Génova.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. 1993. Guide on the global data-processing system, (305), Génova.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. 1992. International meteorological vocabulary, (182) (2.º ed.), Génova.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. 1989. Guide on the global observing system. (488), Génova.