

Control de calidad de las mediciones de temperatura seca y humedad relativa en la estación meteorológica Sancti Spíritus

Nélida-Varela-Ledesma^(1*), Yasmar-Díaz-Pereira⁽²⁾ e Ismael-Pomares-Ponce⁽³⁾

(1) *Ministerio de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, Delegación provincial. Raúl Lamar # 56 Esq. Cisneros, Camagüey, Cuba*

(2) *Centro Meteorológico Provincial de Sancti Spíritus. Comandante Fajardo final s/n Olivos, Sancti Spíritus, Cuba*

(3) *Centro Meteorológico Provincial de Camagüey. Carretera a Nuevitas km 7½, Camagüey, Camagüey, Cuba*

Recibido: noviembre 20, 2013	Aceptado: diciembre 10, 2014
------------------------------	------------------------------

Resumen

Se presenta un estudio sobre el control de calidad de datos de temperatura y humedad relativa, a partir de la información básica obtenida de las estaciones meteorológicas de Sancti Spíritus y El Jíbaro, con el objetivo de establecer una metodología para la reconstrucción de series mensuales de temperatura seca y humedad relativa. Se aprovechan las facilidades del software AnClim, una aplicación particularmente dirigida al análisis de series de tiempo. El método consta de dos fases, relleno de datos perdidos y comprobación de la estabilidad de las series, mediante pruebas de homogeneidad. El análisis de la calidad de la información mostró que existen valores atípicos de temperatura seca y humedad relativa que no fueron oportunamente detectados mediante los métodos tradicionales. Se obtuvieron nuevas series históricas completas y estables para las variables estudiadas; estas bases de datos homogéneas aumentan la confianza en su uso para la evaluación de la variabilidad climática.

Palabras clave: Control de calidad, homogeneidad, reconstrucción, series de tiempo.

Coontrol of quality on mensurations of dry temperature and relative humidity in the meteorological station Sancti Spíritus

Abstract

A study is presented about the quality control of the dry temperature and relative humidity from the basic information obtained by meteorological stations of Sancti Spíritus and El Jíbaro, with the goal to establish a methodology to reconstruct monthly series of those climatic variables. It takes into account the advantages that AnClim offers, an application particularly dedicated to the time series analysis. The method is conformed by two phases, the filler of lost data and the confirmation of the stability of the series by means of tests of homogeneity. The analysis of the quality of the information showed that there are atypical values of dry temperature and relative humidity that appropriately were not detected by means of the traditional methods. New complete and stable historical series were obtained for the studied variables. These homogeneous databases increase the trust in their use for the evaluation of the climatic variability.

Key words: Control of quality, homogeneity, reconstruction, series of time.

1. Introducción

Durante los últimos años, en Cuba se ha venido trabajando en la obtención de bases de datos de perfil meteorológico con procesamiento intrínseco para mejorar la calidad del producto final (Báez et al., 2007). A pesar de los logros alcanzados por el sistema meteorológico cubano, se encuentran vulnerabilidades en los protocolos de revisión de

observaciones meteorológicas, por lo que se hace necesaria la aplicación de técnicas de control de calidad que faciliten la evaluación de los datos medidos.

La calidad del dato climático está relacionada con la ubicación de la estación meteorológica, la calibración de sus instrumentos de medición, la experticia del operador que realiza las observaciones entre otros. La mayoría de los errores se pueden verificar en el momento de la elaboración y archivado de los datos; sin embargo, persisten debilidades en los protocolos de revisión de observaciones meteorológicas de origen humano. Además, pueden existir datos faltantes, valores extraños que no cumplen con el comportamiento acostumbrado de la variable meteorológica. Jones y colaboradores en 1997 plantearon que los datos sospechosos pueden deberse a errores realizados durante la digitalización de los datos, errores sistemáticos por mala calibración o reemplazo de los instrumentos, cambio de ubicación de la estación o cambio de observador, aunque también podrían ser registros verídicos de la ocurrencia de eventos extremos.

A nivel internacional se ha comprobado que datos erróneos pasan inadvertidos cuando no se aplican programas especializados para el control de calidad (Araya, 2007), sobre todo aquellos valores atípicos infiltrados que afectan la homogeneidad y análisis espacio-temporal de las series, con consecuencias negativas en la generación de productos operativos (pronóstico del tiempo) y de investigación.

Por lo anterior, se requiere cada vez más de la implementación de metodologías de control de calidad y homogeneización de las series climáticas. En climatología se entiende que una serie de datos temporales es homogénea cuando sus variaciones proceden de la dinámica natural, sin la intervención humana. Las bases de datos climáticas con calidad permiten no sólo el estudio de la distribución de la variabilidad climática regional, sino avanzar además en su modelación y en la valoración de los impactos del cambio climático a escala nacional y regional. Diversos métodos se han venido desarrollando para la homogeneización de series climáticas, que pretenden separar el factor climático de cualquier otra señal. Síntesis de estas metodologías se pueden encontrar en los trabajos llevados a cabo en 1998 por Peterson y colaboradores.

La experiencia indica que en nuestro país, los Centros Meteorológicos Provinciales (CMP) históricamente han utilizado una metodología abierta para el control de la calidad del dato meteorológico. Los procesos tradicionales son: valor promedio, amplitud, normales, normales climatológicas reglamentarias, resumen climatológico, registro climatológico, medias de los períodos. Por ello, un Sistema Automatizado de Revisión de las Observaciones Meteorológicas (SAROM), elaborado por Elio Núñez Mata y Dárvel Cuba Loforte, se aprobó por la red de estaciones para su uso en todas las provincias; que de manera estable ha sido utilizado desde 1998 y actualmente se encuentra generalizado en la red nacional de estaciones meteorológicas, en los Centros Meteorológicos Provinciales y en Centro Nacional del Clima del Instituto de Meteorología (CENCLIM).

En este trabajo se expone una metodología de control de calidad de las mediciones de las variables meteorológicas que proporciona mejoras en la integridad de la información archivada en la estación, mediante la reconstrucción de series climatológicas estables y fiables.

2. Materiales y métodos

2.1 Selección de la muestra

En la provincia de Sancti Spíritus comenzó la introducción de datos por el programa SAROM para el proyecto de rescate de datos climáticos en enero del 2005. En los inicios se presentaron algunas dificultades relacionadas con el manejo del utilitario; pero incidía fundamentalmente la no detección de errores del programa, por lo que había que recurrir a criterios de expertos, situación que perdura en la actualidad.

Los errores se encuentran en datos de todas las variables meteorológicas; este trabajo hace referencia solamente a los correspondientes a las mediciones de las variables temperatura seca y humedad relativa, sobre todo por la cantidad preponderante de errores encontrados en ambas series. En un análisis exhaustivo preliminar la frecuencia de errores subsanados por los especialistas de la red de estaciones del Centro Meteorológico Provincial (CMP) Sancti Spíritus durante el período 1981-1990 se mantuvo en el rango de 70 a 220, para ambas variables. El sistema de revisión automatizado indicado por el Instituto Nacional de Meteorología (INSMET) para todo el país no detectó estas fallas, lo que evidencia el papel determinante del observador meteorológico, independientemente de las garantías del software de evaluación de compatibilidad.

De las estaciones meteorológicas de Sancti Spíritus y El Jíbaro, se seleccionaron 36 años de promedios mensuales de temperatura seca y humedad relativa correspondientes al período 1977-2012 para un total de 432 datos de temperatura seca y de humedad relativa. De acuerdo a la Guía de Prácticas Climatológicas aprobada por la Organización Meteorológica Mundial (OMM) y utilizada en Cuba, para determinar las tendencias del clima se necesitan más de 30 años de datos homogéneos.

2.2 Metodología para el control de calidad del dato climático

El primer paso en estas aplicaciones de control de calidad es la representación gráfica de los datos, de mucha utilidad para detectar asimetrías, heterogeneidad y datos atípicos (Peña, 2002). Se decidió hacer uso de una revisión descriptiva de la información usando esquemas como: histogramas de frecuencias relativas y series de tiempo de los saltos, de las anomalías y de los valores de temperatura y humedad relativa en general.

2.2.1 Homogeneidad en series climatológicas

La homogeneización de series temporales es un paso previo y necesario a cualquier análisis climático. En climatología una serie es homogénea cuando sus variaciones provienen exclusivamente de la dinámica natural y no han sido originadas por la intervención humana. Una serie de datos climáticos no homogénea presupone que cualquier resultado que obtengamos de su análisis no será fiable; por ello, para analizar las bases de datos mensuales reconstruidas lo primero es estimar su calidad, su homogeneidad y su estabilidad.

El estudio de la homogeneidad de una serie implica la comparación de la misma con una serie de referencia. A juicio de los autores, por la experiencia en el manejo del dato meteorológico, es conveniente a los efectos de esta investigación emplear una serie próxima de reconocida calidad y previamente efectuar chequeo de errores e inhomogeneidades.

En este trabajo, la comprobación de la homogeneidad de las series reconstruidas se realizan con el programa AnClim (Štěpánek, 2003) por medio de la prueba Standard Normal Homogeneity Test (SNHT) de (Alexandersson, 1986); y como contraste la prueba de EP (Easterling & Peterson, 1995).

El conjunto de las series mensuales no homogéneas se coteja con una serie de referencia completa y homogénea. La comparación se realiza estudiando las diferencias entre ambas series, a la manera de (Aguilar et al., 1999), con la garantía de que los cocientes no tengan problemas en caso tal de que en la serie divisora existan valores nulos.

Evaluada la existencia de una ruptura significativa, la corrección de la serie se realiza según el valor de la diferencia de medias entre los dos períodos definidos por el año donde se produce la ruptura, aplicada al conjunto de años anteriores a esta. La asunción fundamental es que los años finales de la serie se prolongarán eventualmente al futuro y en principio debemos aceptar la bondad de sus registros.

Los métodos estadístico-matemáticos empleados en AnClim han sido aprobados por la Comisión de Aplicaciones Especiales de Meteorología y Climatología de la OMM. Al utilizarse series de diferencias se reduce la probabilidad de que la serie de la estación meteorológica candidata y la serie de referencia compartan las mismas inhomogeneidades. Usualmente, las series de referencia se obtienen a partir de una o varias series de estaciones próximas o que estén bien correlacionadas con la serie objeto de estudio y la elevada correlación entre la serie candidata y la serie de referencia puede afectar y suprimir la aleatoriedad en la serie de diferencias empleada para el cálculo de inhomogeneidades.

2.3 Software AnClim

AnClim es un programa informático para analizar series temporales, creado específicamente con propósitos climáticos. El programa ha sido diseñado y desarrollado por (Štěpánek, 2003), cuando era estudiante de la Universidad Masaryk, Facultad de Ciencias, Departamento de Geografía y Cartografía; actualmente, miembro del servicio Hidrometeorológico de la República Checa. La aplicación se dirige particularmente al análisis de series de tiempo que reconoce discontinuidades no naturales en las observaciones, y procede a la correspondiente corrección de las mismas. El software usa numerosos gráficos para apoyar el rendimiento de funciones.

Para introducir las series de datos en el software AnClim es necesario convertir los archivos en formato (*.txt), independientemente de la fuente que provengan. Generalmente, esta aplicación trabaja con datos mensuales; de ahí que, en la primera columna deben aparecer los años y así, consecutivamente, en el resto de las columnas los valores mensuales correspondientes, para un total de 13 datos por cada fila, separados por espacio o tabulación. Se puede cambiar la configuración para la captación de datos inexistentes, pero generalmente donde no aparecen observaciones se escribe “-999”.

2.3.1 Estudio de la homogeneidad de las series

Una vez construidas las series de referencia (distancia máx. 35 Km., correlaciones que superan determinado umbral) mediante las opciones que brinda el software AnClim, la homogeneidad de cada serie original se contrasta con su serie de referencia; se procede a la búsqueda de valores extremos y relleno de datos ausentes. Para encontrar valores sospechosos el procedimiento intrínseco de la aplicación usa límites derivados de los rangos intercuartílicos. Se estudian las diferencias entre ambas series (ecuación 1). El relleno de datos ausentes o reconstrucción de lagunas de las series mensuales se debe apoyar en las observaciones de estaciones meteorológicas vecinas cuyas correlaciones superen un determinado umbral. El cálculo intrínseco de la aplicación parte de un código que promedia mensualmente cada serie durante el período; los valores perdidos se reemplazan por el valor de la serie de referencia sumado al promedio de la serie candidata y se le resta el promedio de la estación de referencia. Para ajustar datos se utilizan series de referencia teniendo en cuenta las correlaciones.

$$Q_i = Y_i - \left\{ \sum_{j=1}^k P_j^2 [X_{ji} - \bar{X}_j + \bar{Y}] \right\} / \sum_{j=1}^k P_j^2 \quad (1)$$

Donde:

Y_i : cada valor mensual de la serie candidata;

X_j : cada valor mensual de la serie de referencia;

P_j : coeficiente de correlación entre la serie candidata y la de referencia (debe ser positivo).

Es importante señalar que el método SNHT estandariza la serie de acuerdo a lo recomendado por (Alexandersson & Moberg, 1997) (ecuación 2).

$$Z_i = (Q_i - \bar{Q}) / \sigma_Q \quad (2)$$

Donde:

Q_i : cada valor mensual de la serie;

\bar{Q} : media aritmética de la serie;

σ : Desviación estándar de la serie.

Para llegar hasta la homogeneización el software cuenta con la prueba Easterling & Peterson (detecta cambios en la media de una serie de tiempo), que trabaja con la prueba t de Student; se van obteniendo resultados cada vez, sobre la base de las salidas gráficas y visualización de anomalías para datos originales y estimados.

En el ajuste de series una de las pruebas más importante del AnClim es la no paramétrica Mann-Whitney-Pettit (Pettit, 1979) para detectar dónde se encuentra el punto de cambio al estimar si las variables en dos muestras siguen la misma ley de probabilidad. La prueba calcula el llamado estadístico U_k mediante la ecuación (3).

$$U_k = 2 \sum_{i=0}^n m_i - k(n+1) \quad (3)$$

Donde:

m_i es la observación i-ésima;

k toma valores desde 1 hasta n en orden ascendente.

En la ecuación (4) se define el punto de cambio estadístico.

$$K = \text{máx} |U_k| \quad \text{para } 1 \leq k \leq n \quad (4)$$

Cuando U_k logra el máximo valor de K entonces en la serie ocurre un punto de cambio. El valor crítico se obtiene por la ecuación (5).

$$K_\alpha = [-1n\alpha(n^3 + n^2)/6]^{1/2} \quad (5)$$

Donde:

n es el número de observaciones;

α nivel de significación para determinar valor crítico.

3. Resultado y discusión

3.1 Propuesta del sistema de control

El algoritmo de control propone los siguientes pasos: la búsqueda, comprobación y corrección de valores extremos y datos sospechosos (quizá posibles errores), la creación de la serie de referencia, la comprobación de la homogeneidad de cada serie, el ajuste de las inhomogeneidades detectadas, el relleno de los datos perdidos y por último se facilita el análisis de los datos de la serie homogeneizada (Fig. 1).

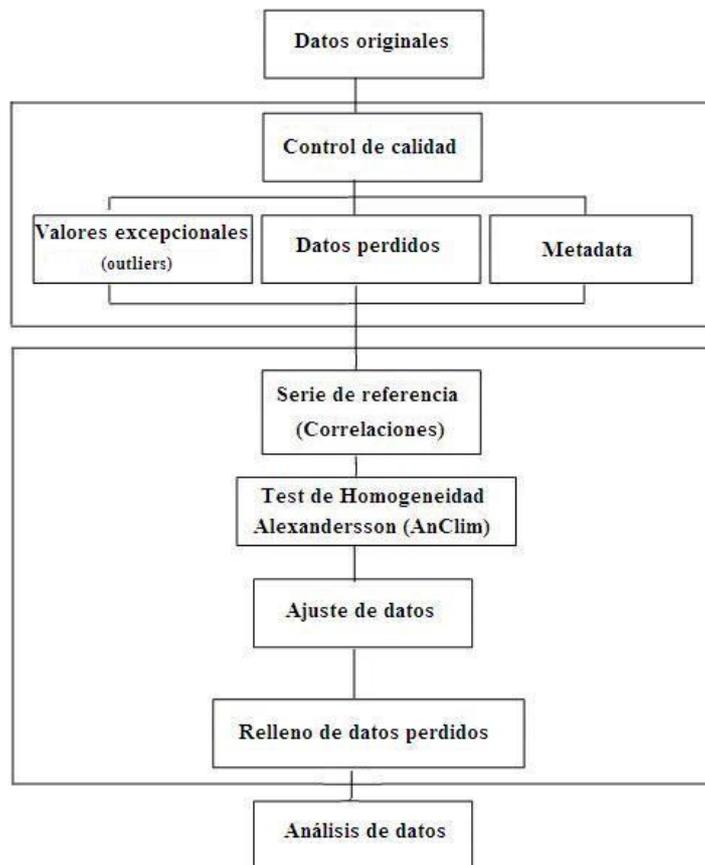


Fig. 1. Algoritmo del sistema de control propuesto.

3.2 Control de calidad

Como paso previo al estudio de homogeneidad de las series se comprobó la presencia de sucesos extremos y datos sospechosos en los libros de registro anual, y en caso de discrepancias en los propios archivos.

De acuerdo a la experiencia de los revisores de la red de estaciones de la provincia cubana Sancti Spíritus, la estación “El Jíbaro” cumple con estas expectativas; además, tiene las series de datos más limpias de errores operacionales en los 36 años comunes; de cualquier manera, se procede al chequeo de homogeneidad para cada serie de dicha estación.

Se realizó primero la prueba no paramétrica Mann-Whitney-Pettit (Pettit, 1979) para cada uno de los meses, excluyendo los valores extremos. Se fueron definiendo los puntos de cambio estadísticos y los valores críticos.

El mejor resultado tiende a obtenerse al usar el ajuste por cuartiles, que es el empleado en este trabajo en lugar de la media, porque disminuye la sensibilidad a los outliers o a los errores gruesos en los datos (WMO, 2011). El umbral para identificar un valor como extremo se estimó mediante: $q_{0.25} - coef * (q_{0.75} - q_{0.25})$, $q_{0.75} + coef * (q_{0.75} - q_{0.25})$, donde $q_{0.25}$ y $q_{0.75}$ son cuartiles. El valor del coeficiente a utilizar se definió por (Alexandersson, 1986); se empleó la constante $coef = 1.5$ para datos extraordinarios (outliers) y 3.0 en el caso de datos sospechosos (extremos).

Por requisito, el período tiene que ser común. Se tomó en cuenta el rango de observaciones más completo con que cuentan todas las estaciones espirituanas (1977-2012); es decir, 36 años. La prueba Easterling & Peterson (regresión de dos fases) aportó los puntos de cambios mes tras mes y la correlación entre las series de referencia y candidata para calcular el factor de correlación con la diferencia entre el antes y después del momento en que se identifica una ruptura (Mann-Whitney-Pettit); más en detalles, se calculan los promedios antes de y después del punto de ruptura definido y la diferencia (la proporción) de las dos partes se usa como un factor de ajuste.

Se procede al análisis de la homogeneidad de las series, considerando en cada caso la serie de referencia. Se trabaja individualmente para cada variable y cada estación meteorológica. Primero se fusionan las dos series, la de referencia y la candidata, previamente abiertas mediante la ventana “Series controller” del AnClim; se selecciona del cuadro Series la opción “Merged...”.

Posteriormente se rellenan las lagunas o datos perdidos de la serie candidata; los meses sin datos, bien por tratarse de un “outlier” (extremo) o bien porque no había registro alguno, se rellenan a partir de la serie de referencia; la ayuda que acompaña el software informa que se interpola el 0.45% de todos los valores mensuales; las correlaciones superan los valores umbrales definidos entre $r = 0.7$ y $r = 0.8$ (Vincent & Gullet, 1999).

Para visualizar todo el comportamiento de la serie, se reorganizaron los valores de los 12 meses en un archivo de una sola columna en la que se suceden anualmente los meses de modo consecutivo. Este archivo permite visualizar toda la amplitud de la serie y apreciar su comportamiento de manera más global. El proceso automático relleno las lagunas de datos y corrigió los errores puntuales. Se decidió no contemplar la corrección automática de saltos en la media y tendencias.

3.3 Resultados del proceso de homogeneización de datos de la estación meteorológica Sancti Spíritus

La calidad y estabilidad de las series mensuales obtenidas se evalúan durante el proceso de reconstrucción por medio del análisis de su homogeneidad. En la Fig. 2 se visualiza el resultado de homogeneización para la serie de temperatura seca de la estación Sancti Spíritus y en la Fig. 3 se muestra en conjunto los datos de la serie homogeneizada y los de la serie de referencia.

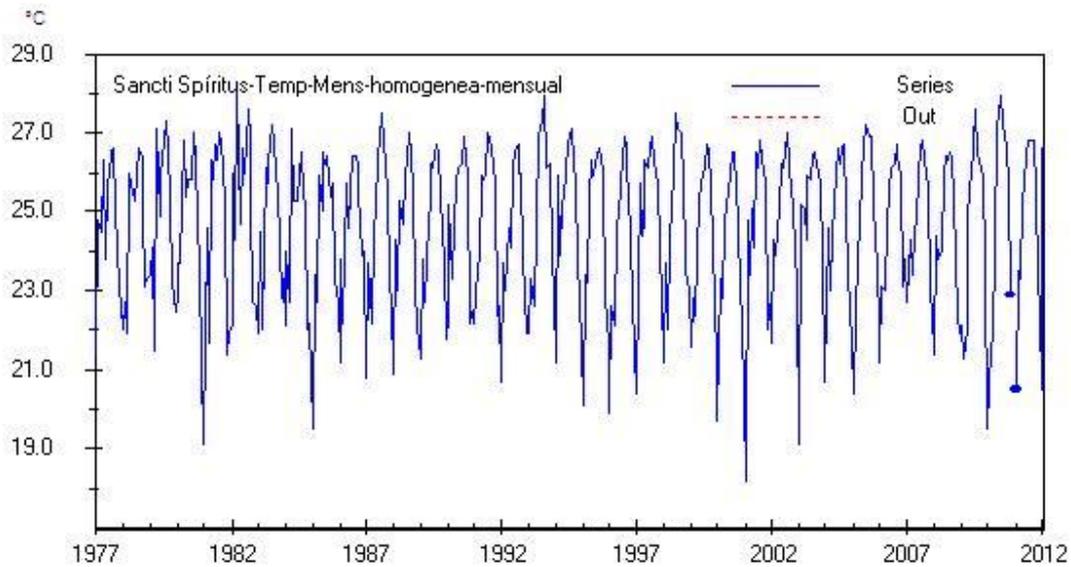


Fig. 2. Serie de temperatura seca homogeneizada. Estación meteorológica Sancti Spíritus. Período 1977-2012.

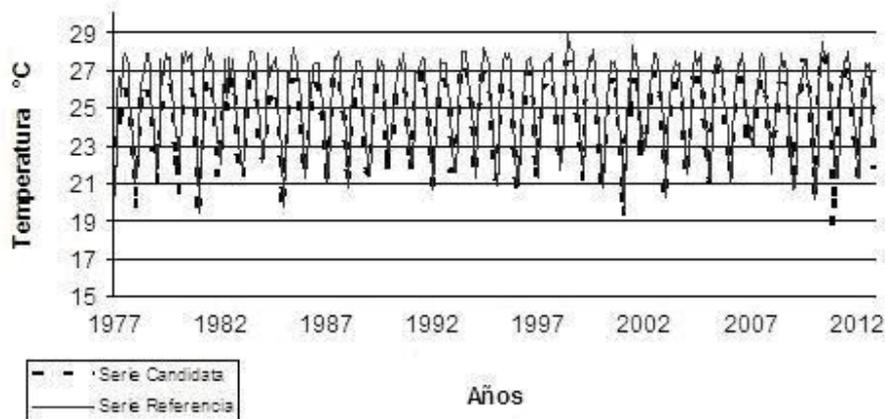


Fig. 3. Serie de temperatura seca de la estación Sancti Spíritus (candidata) homogeneizada con la serie de referencia de la estación El Jíbaro.

Análisis de datos

En las estaciones estudiadas, tanto en la de referencia como en la candidata, existe una tendencia estadísticamente significativa. Los valores más elevados se corresponden con el mes de agosto y los más bajos con el mes de enero (Fig. 4). Mediante las Figs. 5 y 6 se pueden apreciar momentos del proceso de ajuste de la variable temperatura seca; se seleccionaron los meses con valores prominentes.

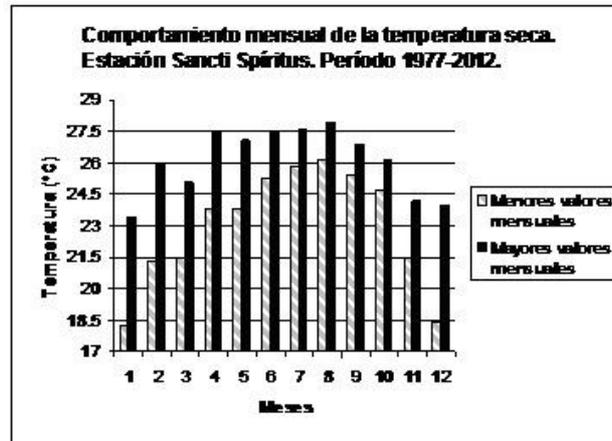


Fig. 4. Extremos mensuales de temperatura seca.

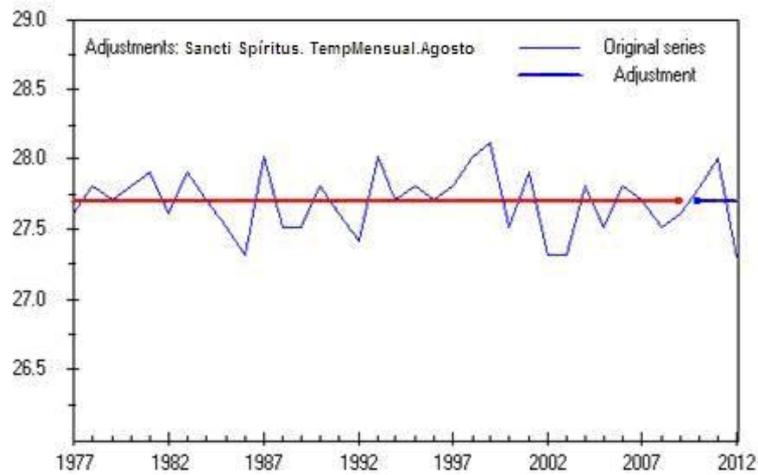


Fig. 5. Proceso de ajuste de la temperatura seca en el mes de agosto. Estación Sancti Spiritus.

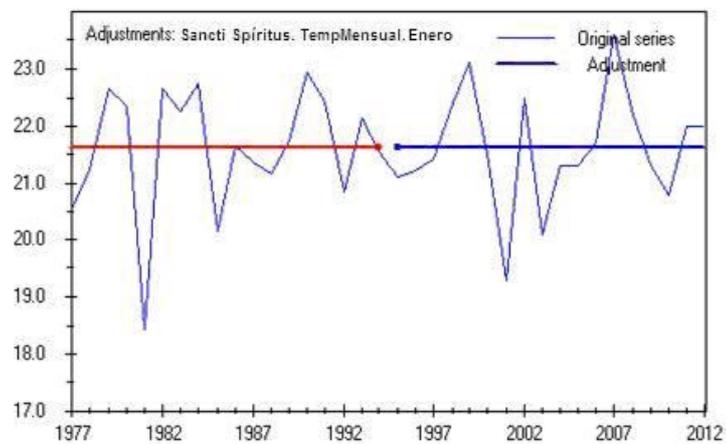


Fig. 6. Proceso de ajuste de la temperatura seca en el mes de enero. Estación El Jíbaro.

El procesamiento de las series de Humedad relativa sigue el mismo procedimiento. En la Fig. 7 se muestra la serie de humedad relativa de la estación de Sancti Spíritus homogeneizada con respecto a la de referencia (El Jíbaro).

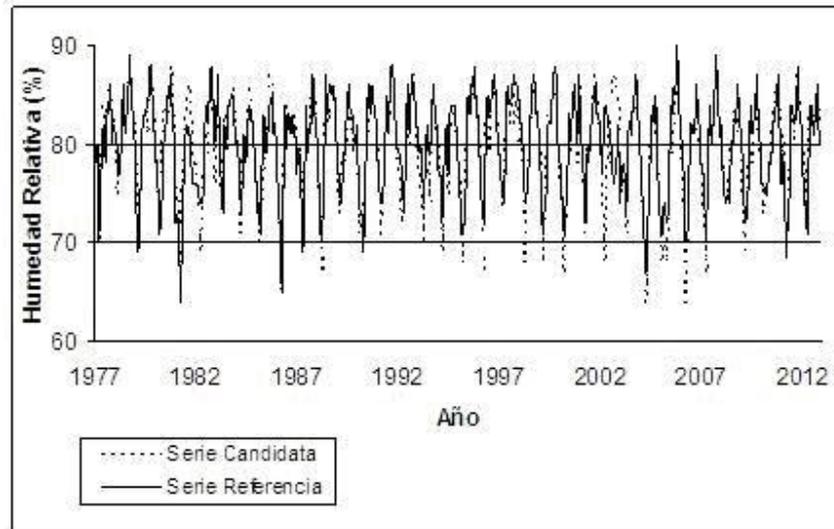


Fig. 7. Conjunto de datos de humedad relativa de la serie homogeneizada y la de referencia.

Cuando se analizan los resultados del análisis de los datos de humedad relativa ya homogeneizados se observa en Fig. 8 que en el mes de septiembre hay una tendencia a altos valores de humedad relativa; en cambio, la tendencia a valores bajos sucede en el bimestre marzo-abril. En las Fig. 9 se muestran resultados parciales del proceso de ajuste realizado para la variable humedad relativa de un mes determinado.

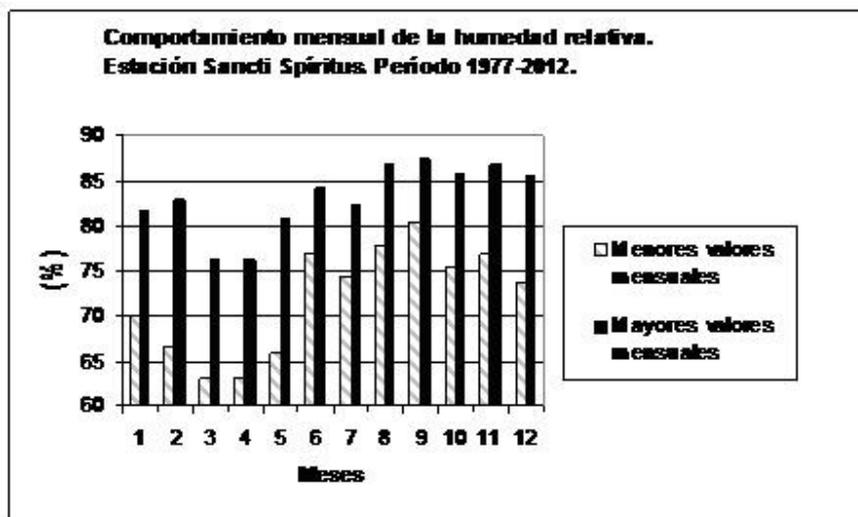


Fig. 8. Extremos mensuales de humedad relativa.

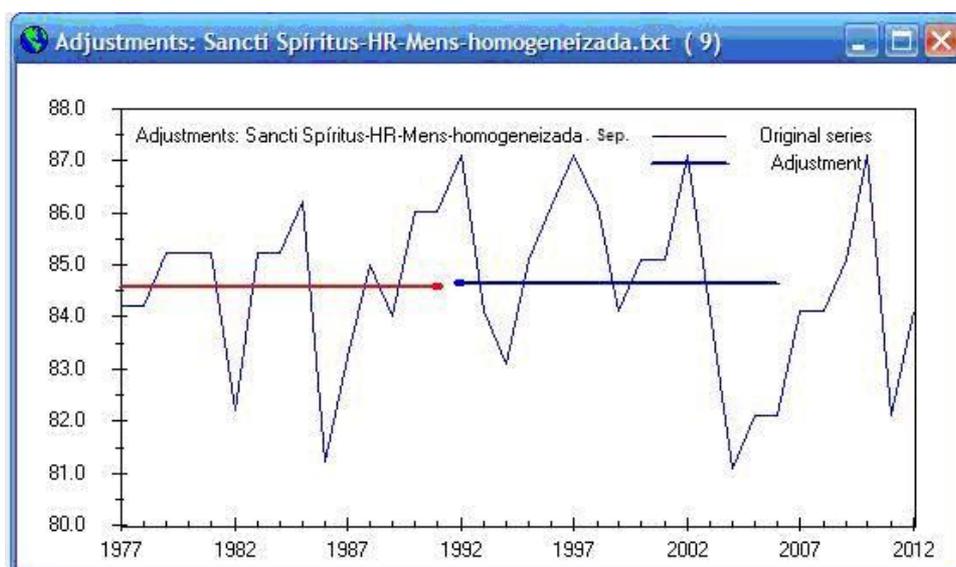


Fig. 9. Proceso de ajuste de la humedad relativa en el mes de septiembre. Estación Sancti Spíritus.

Conclusiones

En este trabajo se ha presentado el proceso de control de calidad de la temperatura media y humedad relativa media mensual de la estación meteorológica Sancti Spíritus durante el período 1977-2012. Se demostró que la versatilidad, facilidad de uso y permanente actualización del programa AnClim, disponible libre en internet, lo configuran como una poderosa herramienta en el proceso de homogeneización.

Con la metodología diseñada para el control de calidad de los datos se lograron nuevas series históricas completas y estables para las variables temperatura seca y humedad relativa en la estación meteorológica Sancti Spíritus.

Se recomienda que la serie de referencia utilizada en esta investigación pueda ser la estándar general para todas las estaciones pertenecientes al Centro Meteorológico Provincial de Sancti Spíritus.

Referencias

- Aguilar Anfrons, E., López, J. M., Brunet, M., Saladie, O., Sigró, F.J. y López, D. 1999. Control de calidad y proceso de homogeneización de series térmicas catalanas. *En: Raso, J.M. y Martín-Vide, J. (eds.) La Climatología española en los albores del siglo XXI*. España: AEC.
- Alexandersson, H. 1986. A homogeneity test applied to precipitation data. *Journal of Climatology*, 6, 661-675.
- Alexandersson, H. & Moberg, A. 1997. Homogenization of swedish temperature data. Part I: homogeneity test for linear trends. *Journal of Climatology*, 17, 25-34.
- Araya Quesada, J. L. 2007. *Algoritmos de Control de Calidad de Datos en Estaciones Meteorológicas Automáticas*. Tesis licenciatura, Universidad de Costa Rica.
- Báez Altamirano, R., Rodríguez, A., Masó, N., Santana, M., Pérez, R. 2007. Sistema de administración de datos climáticos. *IV Congreso Cubano de Meteorología*. La Habana, Cuba.
- Easterling, D. R. & Peterson, T. C. 1995. A new method for detecting and adjusting for undocumented discontinuities in climatological time series. *Journal of Climatology*, 15, 369-377.
- Jones, P. D., Osborn, T. J. & Briffa, K. R. 1997. Estimating sampling errors in large-scale temperature averages. *Journal of Climatology*, 10, 2548-2568.
- Peña, D. 2002. *Análisis de Datos Multivariantes*, U.S.A, Mc Graw Hill.
- Peterson, T. C., Karl, T. R., Jamason, P. F., Knight, R. & Easterling, D. R. 1998. *First difference method: Maximum station density for the calculation of longterm global temperature change*. U.S.A, J. Geophys.
- Pettit, A. N. 1979. A non-parametric approach to the change-point problem. *App. Statistic*, 28,126-135.

- Stupánek, P. 2003. AnClim - software for time series analysis (for Windows). Dept. of Geography, Fac.of Natural Sciences, MU, Brno. 1.47 MB.
- Vincent, L. & Gullet, D. 1999. Canadian historical and homogeneous temperature datasets for climate changes analyses. *International Journal of Climatology*, 9, 1375-1388.
- W.M.O. 2011. *Guide to Climatological Practices*, Geneva, W.M.O.

Acerca de los autores:

Nélida Varela Ledesma. Licenciada en Cibernética Matemática de la Universidad Central de Las Villas, año 1989. Máster en Informática Aplicada (Facultad de Informática de la Universidad de Camagüey, año 2008). Profesora Asistente (Universidad de Camagüey, año 2010). Miembro del departamento de Meteorología Aplicada del Centro Meteorológico Provincial de Camagüey. Ocupa la plaza de Especialista en Ciencias Informáticas y es la coordinadora provincial de los estudios de peligro, vulnerabilidad y riesgo ante intensa sequía. Tiene en su haber numerosas publicaciones; ha participado en eventos de carácter nacional e internacional y ha sido tutora de varias tesis de diploma.

Yasmar Díaz Pereira. Licenciado en Meteorología, graduado en el 2013 del Instituto Superior de Tecnologías y Ciencias Aplicadas, La Habana. Trabajador del Centro Meteorológico de Sancti Spiritus, con 15 años de experiencia en la actividad. Ha recibido cursos de mantenimiento eléctrico industrial, observador meteorológico, mantenimiento de las estaciones meteorológicas automáticas MAWS de Vaisala. Participó en la capacitación de observadores meteorológicos y en el montaje de siete estaciones meteorológicas automáticas portátiles y fijas que se han emplazado en territorios de su provincia.

Ismael Pomares Ponce. Labora en el departamento de Física de la Atmósfera del Centro Meteorológico Provincial de Camagüey, donde se desempeña como Investigador Agregado. En el 2007 obtiene el título de Máster en Ciencias Meteorológicas. Actualmente se encuentra trabajando en temas relacionados con el incremento artificial de las precipitaciones, interacción aerosol-nubes y radiación solar. Ha publicado varios trabajos sobre estos temas.