

OBSERVACIONES METEOROLÓGICAS SUPERFICIALES DE BUQUES EN NAVEGACIÓN EN EL ATLÁNTICO SUDOCCIDENTAL: CONTROL DE CALIDAD ESTADÍSTICOVirginia Palastanga^{1,5}, Elisa C. Nuré², Estela A. Collini^{2,4}, Olga C. Penalba^{3,5}¹ Departamento Oceanografía, Servicio de Hidrografía Naval, Argentina² Departamento Meteorología, Servicio de Hidrografía Naval, Argentina³ Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires, Argentina.⁴ Servicio Meteorológico Nacional, Argentina⁵ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, Argentina

(Manuscrito recibido el 23 de diciembre de 2015, en su versión final el 19 de mayo de 2016)

RESUMEN

Las observaciones meteorológicas marinas de buques en navegación en el Océano Atlántico Sudoccidental son recopiladas históricamente por el Departamento Meteorología del Servicio de Hidrografía Naval (DMSHN), institución responsable del Servicio Público de Seguridad Náutica en las zonas de interés nacional de la República Argentina, generándose una base de datos que abarca desde el año 1950 hasta la fecha. Debido a la relevancia de esta información a escala regional, el DMSHN lleva a cabo un control de calidad (QC) estricto de los datos siguiendo las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) referentes a la climatología marina. En este trabajo se describe el procedimiento de QC estadístico desarrollado e implementado para algunas de las variables en esta base de datos, como complemento al proceso de QC realizado a la fecha. El método presentado consiste en definir los límites estadísticos superior e inferior para cada variable considerada con lo cual aquellos valores que no queden comprendidos en dicho rango son marcados como valores atípicos, y filtrados de la base de datos a procesar para fines climatológicos. Aquí se analiza la sensibilidad de los resultados frente a la definición de los límites estadísticos de QC cuando se consideran diferentes períodos climáticos, resolución espacial y criterios estadísticos. Finalmente, las climatologías estacionales de la temperatura superficial del mar y la presión a nivel del mar obtenidas son comparadas con las de conjuntos globales pertenecientes a otras instituciones.

Palabras clave: : base de datos, control de calidad, climatología, temperatura superficial del mar, presión a nivel del mar

SURFACE METEOROLOGICAL OBSERVATIONS FROM SHIPS IN THE SOUTHWESTERN ATLANTIC OCEAN: AN STATISTICAL QUALITY CONTROL**ABSTRACT**

Surface marine meteorological observations made on board ships that navigate in the Southwestern Atlantic Ocean are regularly collected and verified at the

Meteorological Department of the Naval Hydrographic Service of Argentina (DMSHN). The database that contains this information spans from 1950 to present. Due to the importance of these data at the regional scale, a strict quality control (QC) is applied following the recommendations of the World Meteorological Organization (WMO) for marine climatology. The aim of this paper is to describe the development and implementation of an additional QC (statistical). By this technique individual observations that fall out of the statistical limits defined for each selected variable and grid box are trimmed from the database, after which a database suitable for climatological purposes is generated. The sensitivity of the results to the definition of the statistical limits upon different climatic periods, grid spatial resolution and statistical criteria is analyzed. Finally, the resulting seasonal mean values of sea surface temperature and sea level pressure are compared to those obtained with global marine databases.

Keywords: dataset, quality control, climatology, sea surface temperature, sea level pressure

1. INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la climatología marina de variables fundamentales como la temperatura superficial del mar, la temperatura del aire y los vientos en superficie, es esencial para investigar la variabilidad del sistema acoplado mar-atmósfera y el impacto del cambio climático. La importancia de esta información queda planteada desde el Segundo Informe del Panel Intergubernamental de Cambio Climático (IPCC, 1996). El océano Atlántico Sur se ha caracterizado en general por una escasa cobertura espacial y temporal de observaciones marinas in situ, por lo cual se requieren de esfuerzos para generar, a partir de la información disponible regionalmente, bases de datos confiables y útiles a propósitos climatológicos.

En las últimas décadas, el advenimiento de la información satelital permitió inferir observaciones de la temperatura y el viento sobre la superficie del mar, mejorando ampliamente la cobertura espacial de ambas variables. Esto, a su vez, dio como resultado la aparición de climatologías globales y regionales a partir de los análisis de diversa resolución que combinan datos in situ y satelitales (Reynolds y otros, 2002; Mesias y otros, 2007; Risien y Chelton, 2008). Aun así, las observaciones in situ

continúan siendo críticas para la construcción de dichas climatologías, tanto para la validación y calibración de las observaciones satelitales, como para proporcionar información que los satélites no pueden detectar (Reynolds y otros, 2005).

Particularmente, en el océano Atlántico al sur de los 35°S los buques realizan observaciones atmosféricas y oceanográficas de visibilidad, nubosidad, viento, temperatura superficial del aire, temperatura superficial del mar (TSM), presión atmosférica a nivel del mar (PNM), estado del tiempo, olas de viento y mar de fondo en su ruta de navegación. El Departamento Meteorología del Servicio de Hidrografía Naval (DMSHN) recopila estos datos desde el año 1950. Esta información, permanentemente actualizada, es sometida a un control de calidad (QC) a partir de las recomendaciones de la Organización Meteorológica Mundial (OMM), el cual asigna contenido a campos de control de calidad del registro, a partir de la verificación de valores, tanto de rangos permitidos como de relaciones entre variables de una misma observación, o sucesivas. Adicionalmente, los datos son procesados estadísticamente con el fin de obtener parámetros básicos para la navegación -valores medios, frecuencias relativas- como sus valores extremos, en un dominio sobre el Atlántico Sur (35° S a 60° S y de 70° W a 20° W). Una descripción detallada de esta información y su

distribución espacial, utilizando un Sistema de Información Geográfica (SIG), es descripta en Nuré y Collini (2011).

Esta información climatológica, necesaria para la navegación, es asimismo útil para fines científicos, como por ejemplo especificar las condiciones de borde superficial en los modelos de circulación general, así como evaluar la asimilación de datos en estos modelos y validar los reanálisis producidos por los mismos. Además, el conocimiento de la TSM es crucial en estudios ambientales y de modelado, ya que ésta influye significativamente en los intercambios entre el mar y la atmósfera, y por lo tanto resulta de gran importancia para la estimación de los flujos y balance de calor.

El objetivo de este trabajo es discutir el desarrollo y aplicación de un nuevo control de calidad para las observaciones meteorológicas marinas superficiales de la base de datos del DMSHN. Este procedimiento se basa en definir por variable y punto de la retícula seleccionada, un rango estadístico mediante el cual aquellas observaciones que no estén comprendidas en dicho rango son marcadas y descartadas del cálculo de los valores medios (Woodruff y otros, 2011). Se encontró que la implementación del nuevo QC estadístico mejora notablemente los valores medios de la TSM y PNM en el Atlántico Sudoccidental. Sin embargo, es de notar que en amplias zonas del dominio, sobre el océano abierto, el QC estadístico aún está limitado por la escasez de datos. La información climática resultante de este procedimiento proporciona por un lado, un valioso aporte para la seguridad marítima y por el otro, permite avanzar en el conocimiento de la variabilidad del sistema climático, temática importante para la modelización como para la vigilancia del cambio climático.

La organización de este trabajo incluye una Sección 2 de datos donde se describe la información utilizada, una Sección 3 donde se describen las técnicas de QC aplicadas, una Sección 4 donde se discute la sensibilidad de

los resultados a la técnica de QC estadístico y se presentan las climatologías estacionales de la TSM y PNM derivadas a partir de la media aritmética de las observaciones mensuales, y finalmente una Sección 5 de conclusiones y recomendaciones.

2. DATOS

La base de observaciones meteorológicas marinas (superficiales) del DMSHN contiene observaciones de la TSM, PNM, temperatura superficial del aire (TA), velocidad del viento en superficie (FF) y su dirección, visibilidad, nubosidad, tiempo presente (WW), altura de la ola de viento (HW), entre otras, abarcando el período 1950 – al presente. Esta información, actualizada permanentemente, es codificada en registros de 97 campos, de los cuales 61 corresponden a las observaciones originales y diversos indicadores, y 36 a los campos resultantes del QC definidos en base a las Recomendaciones y Normas de la OMM y del Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut (KNMI) (KNMI, 1991; WMO, 2004). Además de las observaciones individuales, en el DMSHN se generan resúmenes mensuales de todas las variables, tanto para el período total como por cada década del mismo que son visualizados mediante aplicaciones de SIG.

La Figura 1 muestra la evolución temporal del número total de observaciones anuales sobre el dominio de estudio (35° S a 60° S; 70° W a 20° W) desde el año 1950 para variables seleccionadas (TSM, TA, PNM, y FF). Se observa que el número de observaciones en la década de 1950 fue mínimo, con un salto abrupto en el número de observaciones a comienzos de 1962 que persiste hasta 1971, resultando ser éste el período con el mayor número de observaciones. Luego se observa una tendencia decreciente en el número de observaciones hasta llegar a un período de mayor estabilidad en la década de 1980, con máximos aislados a fines de 1970 y entre 1985-1987. En los últimos 5 años del período analizado se observan máximos, especialmente en el número de observaciones de la PNM, de

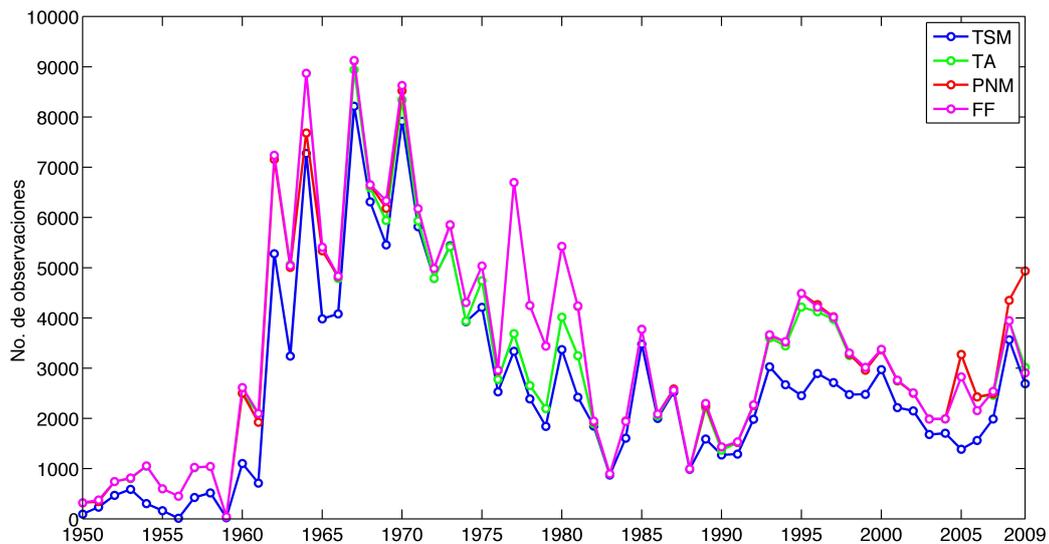


Figura 1: Número total de observaciones anuales de la TSM, TA, PNM y FF sobre el dominio de estudio para el período 1950-2009.

magnitud comparable a los de la década de 1970. Esta variabilidad temporal se ve también afectada en el dominio espacial, dependiendo de las rutas de navegación. La distribución espacial de las observaciones está dada por una alta densidad sobre el Mar Argentino, y en zonas del océano abierto que coinciden con las rutas de navegación, mientras que la densidad disminuye notablemente hacia el sector central y este del dominio (ver p.e. Figura 1 en Nuré y Collini, 2011).

A modo de resumen, en la Tabla I se presenta el número total de observaciones de todas las variables, calculadas para cada década del período 1951-2010. La variabilidad temporal observada en la Figura 1 se refleja en los totales decadales y en todas las variables. Si se tiene en cuenta la distribución espacial de las observaciones, se observa que para las décadas que registran el mayor número de observaciones, éstas se concentran principalmente en la zona de la plataforma continental argentina (Tabla II). En particular, el extraordinario aumento observado entre 1962 y 1971 (Figura 1) ocurre en áreas localizadas del interior de la plataforma continental argentina. Por otro lado, en las

últimas dos décadas, si bien el número total de observaciones disminuye, se observa un aumento del número de observaciones sobre el océano abierto (Tabla II).

Adicionalmente, el número de observaciones dependerá de la época del año. Este análisis indica que en las tres primeras décadas, en general, el máximo de observaciones se da en otoño (marzo, abril y mayo), y el mínimo en verano (diciembre, enero, y febrero), mientras que en las últimas tres décadas esta tendencia se mantiene pero con mayor variabilidad, pudiendo variar localmente. Por ejemplo, en la Figura 2 se muestran los totales decadales para cada mes en una caja de $5^\circ \times 5^\circ$ centrada en $65^\circ \text{W } 45^\circ \text{S}$, y $50^\circ \text{W } 45^\circ \text{S}$, sobre una zona del Mar Argentino y una zona del océano abierto, respectivamente. Ambas regiones presentan una variación estacional similar en el número de observaciones en la última década, cuando también se observa un aumento en el número de observaciones sobre el océano abierto. Por otra parte, la baja densidad de datos en la zona de océano abierto indica que un análisis de alta resolución en esta región es de validez limitada.

Décadas	TSM	TA	PNM	FF	DIRECC. VIENTO	WW	HW	VISIBILI- DAD	NUBO- SIDAD
1951-	3839	8625	8622	8759	8743	8622	2503	8624	7625
1961-	52458	63192	62407	64240	64193	63585	36708	63599	59725
1971-	37650	40158	49117	49138	49130	49136	30715	49144	47704
1981-	18496	20693	21889	21920	15477	6108	16454	21781	14044
1991-	25044	32878	33446	33495	33479	11138	26193	33648	27853
2001-	20964	26931	29428	26162	26182	10337	17309	21250	14442

Tabla I: Número de observaciones totales por década sobre el dominio de estudio.

Décadas	TSM	TA	PNM	FF	DIRECC. VIENTO	WW	HW	VISIBILI- DAD	NUBO- SIDAD
1951-	79.6	77	77	77.4	77.4	77	72.5	77	76.5
1961-	97.1	95	94.9	95	95	95.6	98.6	95.6	95.9
1971-	98.4	97.4	96.3	96.3	96.3	96.3	95.4	96.3	96.6
1981-	94.7	94.9	94.3	94.3	92.7	90.2	94.8	94.3	92.8
1991-	71	75.9	76.2	76.2	76.2	51	72.5	76.3	76.7
2001-	57	57.4	56.2	57.9	57.8	41.5	63.1	63.9	67

Tabla II: Porcentaje de observaciones (relativo al total, Tabla I) en la zona del dominio con profundidades menores a los 200 m, y por cada década del período total.

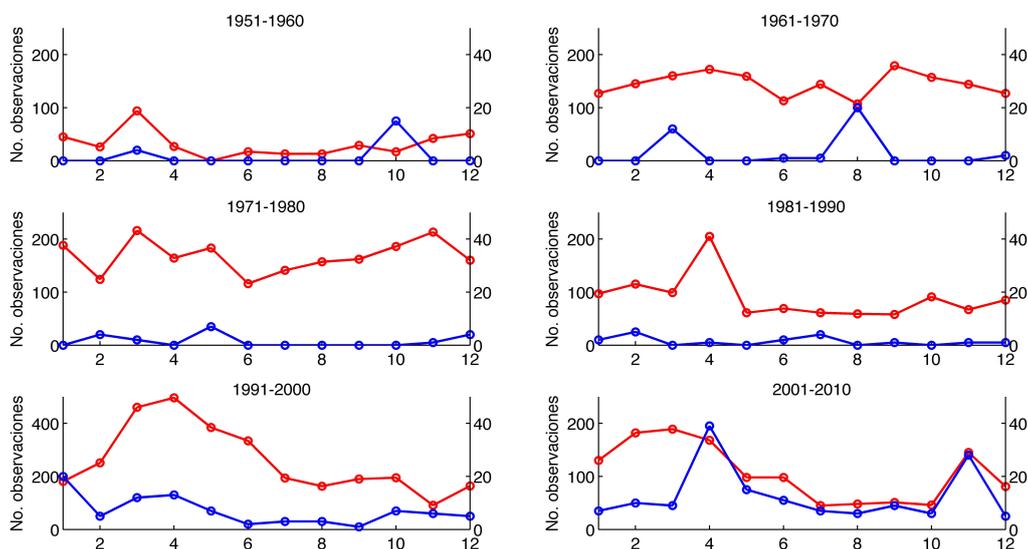


Figura 2: Número de observaciones mensuales de la PNM en una caja de 5° x 5° sobre la plataforma continental argentina centrada en 65°W 45°S (línea roja, eje-y izquierdo) y en una caja de 5° x 5° sobre el Atlántico Sur centrada en 50°W 45°S (línea azul, eje-y derecho). Los paneles muestran cada una de las décadas del período 1951-2010.

3. MÉTODO DE QC

Hasta el año 2013, el QC aplicado en el DMSHN a las observaciones meteorológicas marinas comprendía cinco niveles de análisis: registros duplicados (nivel I - repeticiones), rangos de parámetros (nivel II - campo), verificaciones de coherencia entre parámetros de la observación (nivel III - registro), verificaciones de coherencia entre parámetros de observaciones sucesivas hasta 6 horas de diferencia entre sí, cuyos valores sean correctos según el resultado de los chequeos de los niveles II y III (nivel IV - temporal), y un control de calidad geográfico de los datos a través de la visualización de la información (derrota del barco) en una aplicación de SIG (nivel V - espacial) (para más detalle ver Nuré y Collini, 2011). Los resultados de estas verificaciones quedan representados en los valores de los campos de QC de cada registro. Los datos entrantes al DMSHN se actualizan en forma continua en un archivo temporario sobre el cual, en forma mensual, se realizan estos controles.

A fin de generar una base de datos útil a fines climatológicos, se incorporó un nuevo paso al final del procedimiento integral de QC, es decir, se definió el último nivel (nivel VI – estadístico). La técnica de QC estadístico se basa en definir los límites estadísticos superior e inferior de las variables seleccionadas, para cada mes y punto de retícula, de modo que si una observación individual no está comprendida en el rango estimado alrededor de la mediana, o si los límites estadísticos no están definidos en el punto considerado, esa observación es marcada como inválida y “filtrada” del conjunto de datos usado para definir las medias mensuales (Slutz y otros, 1985). Esta técnica, conocida como “recorte” (trimming en inglés), tiene por objetivo filtrar aquellos datos atípicos pero que, por su carácter de extremos, pueden afectar significativamente el cálculo de los valores medios. Debe remarcarse que la técnica de recorte presenta limitaciones que pueden resultar tanto en la eliminación de valores extremos válidos (error de tipo I) o en la conservación de valores atípicos en la base de datos (error de tipo II) (Woodruff y otros, 2011).

Es por ello que, a fin de minimizar estos errores, es necesario evaluar cuidadosamente la definición de los límites de recorte previo su aplicación para el QC de la base de datos.

A continuación, se describe en detalle el procedimiento para el cálculo de los límites estadísticos de QC para la base de datos del DMSHN, y luego se discuten los resultados de su aplicación cuando se consideran diferentes criterios para la definición de dichos límites (Sección 4).

3.1. Cálculo de los límites estadísticos de QC

La nueva técnica de QC estadístico implementada para la presente base de datos se basa esencialmente en la metodología de QC estadístico utilizada por ICOADS (por sus siglas en inglés, International Comprehensive Ocean Atmosphere Data Set, Woodruff y otros, 2011). Para realizar el QC estadístico, primero se deben generar los resúmenes mensuales y/o estacionales de las observaciones individuales de las variables seleccionadas para una retícula elegida, y por cada década del período considerado. Luego, estos resúmenes son utilizados para calcular los límites estadísticos de cada variable, en cada caja de la retícula. Las suposiciones previas que se realizan para aplicar esta metodología son las siguientes:

- Los límites estadísticos del QC se calculan únicamente para las variables TSM, TA, PNM y FF, es decir, el QC estadístico no se aplica actualmente a las variables nubosidad, visibilidad, WW, HW y dirección del viento.
- Debido a que el número total de observaciones reveló un aumento a partir del año 1981 sobre el océano abierto (Tabla II), que conlleva a una mejor representación en la distribución espacial de los datos respecto al período total, se consideraron dos posibles períodos para calcular los límites estadísticos, 1951 – 2009 y 1981 – 2009, a fin de evaluar la posible

influencia del cambio sistemático en el número de observaciones en la definición de los límites estadísticos.

- Debido a que el patrón de las observaciones sobre el dominio de estudio está dado por una alta densidad sobre la región del Mar Argentino (en todas las décadas), y una distribución sobre el océano abierto asociada a las rutas de navegación, se utilizaron retículas de resolución variable (de 1° a 5°) para calcular los límites estadísticos.

A continuación se detallan los pasos a seguir para el cálculo de los límites estadísticos de QC para cada mes y punto de retícula:

- i En primer lugar, a partir de los resúmenes mensuales de las observaciones por cada década del período elegido, se calculan los sextiles s_1 , s_3 , y s_5 , en cada caja de la retícula y mes seleccionados, así como para el mes anterior y posterior al mismo. Estos estadísticos son utilizados en lugar de la media y desviación estándar ordinaria alrededor de la media, debido a que son medidas estadísticas más robustas para detectar valores atípicos entre los datos (Slutz y otros, 1985). Debido al escaso número de observaciones en algunas cajas, la mediana se calcula siempre que haya al menos una observación en la caja considerada, mientras que para el cálculo de s_1 y s_5 se requieren al menos tres observaciones.
- ii En segundo lugar, se construyen los “cubos decadales” en cada caja de la retícula. Éstos consisten en agrupar para cada década del período elegido, las estimaciones de los sextiles en las cajas contiguas espacialmente y las correspondientes al mes anterior y posterior al mes considerado, formando así un cubo en latitud, longitud y mes. Por lo tanto, un “cubo decadal” centrado en una caja determinada, contiene 27 conjuntos posibles de s_3 y de las desviaciones estándar respecto a la mediana, definidas como $(s_3 - s_1)$ y $(s_5 - s_3)$.
- iii En tercer lugar, se calcula la mediana de todos los valores (M) de s_3 (a la que se

denomina g) y de todos los valores (N) de $(s_3 - s_1)$ y $(s_5 - s_3)$ (a los que se denomina v_1 y v_5 , respectivamente) encontrados en todos los cubos decadales correspondientes a la caja seleccionada, con la condición de que $M > 4$ y $N > 4$ dada por Slutz y otros (1985). Por lo tanto, el valor máximo de M y N es 27 por el número de décadas consideradas. Sin embargo, M y N pueden diferir entre sí, debido por un lado, a la condición más estricta para el cálculo de s_1 y s_5 , y por otro lado, dado que para preservar los gradientes espaciales y temporales centrados en un cubo decadal de una caja particular, los pares simétricos se incluyen sólo cuando ambos miembros del par se encuentran definidos.

- iv Se realiza un QC adicional de los mapas resultantes de g , v_1 y v_5 de acuerdo a las siguientes condiciones:

- a) Criterio de corte para la mediana g
Cualquier valor de g que esté por debajo del valor de corte inferior o por arriba del valor de corte superior se declara como dato faltante. Los valores de corte están dados por variable y por rango latitudinal, de acuerdo a la Tabla III (Slutz y otros, 1985).
- b) Criterio de remplazo para las desviaciones
Para computar los límites estadísticos, los valores obtenidos de v_1 y v_5 se multiplican por un factor λ igual a 3.5. Este factor es elegido a fin de rechazar el menor número posible de datos válidos, pero aun así poder detectar datos erróneos entre las observaciones, para luego poder “marcarlos” como inválidos. En caso de una distribución normal, los límites de recorte calculados como $\pm 3,5v$ alrededor de la mediana descartarían 1 observación entre 2500. El criterio para las desviaciones verifica que en caso de que λv sea mayor o menor que el valor de la desviación límite de cada variable (D_{sup} y D_{inf} , respectivamente) y detallado en la Tabla IV (por Slutz y otros, 1985), éste es remplazado por el valor límite establecido. Es decir,

$$\lambda v_1 = \max(\min(\lambda v_1, D_{sup}), D_{inf})$$

$$\lambda v_5 = \max(\min(\lambda v_5, D_{sup}), D_{inf})$$

	TSM	TA	FF	PNM
Latitud				
$60^\circ < y \leq 90^\circ$	-3 20	-45 25	0 15	950 1050
$30^\circ < y \leq 60^\circ$	-3 30	-15 35	0 15	950 1050
$0^\circ \leq y \leq 30^\circ$	10 35	10 40	0 15	950 1050
Unidades	°C	°C	ms ⁻¹	hPa

Tabla III: Valores de corte para la mediana g .

- v Se calculan los límites estadísticos inferior (L_i) y superior (L_s) siempre que g , v_1 , y v_5 están todos definidos; es decir, en caso de no existir observaciones suficientes para calcular los límites, éstos se definen como faltantes. En este paso se verifica además que los valores obtenidos tanto de g , como de L_i y L_s no superen los valores extremos de cada variable de acuerdo a la Tabla V, según lo establecido por Slutz y otros (1985) y considerando los valores permitidos de las desviaciones de acuerdo a la Tabla IV. Como resultado,

$$g = \max(\min(g, X_{min} - D_{inf}), X_{min} + D_{inf})$$

$$L_i = \max(g - 3,5v_1, X_{min})$$

$$L_s = \max(g - 3,5v_5, X_{max})$$

- vi Se realiza un suavizado zonal no-recursivo de tipo 1-2-1 a los valores resultantes de g , L_i y L_s . Es decir, si los tres valores adyacentes en longitud se encuentran definidos, el valor central se calcula como la media de los tres, dándole el doble de peso al valor central. En caso de que alguno de los tres valores se encontrara faltante o cayera en tierra, el valor central no es modificado.
- vii Por último, se realiza una interpolación zonal de los valores de g , L_i y L_s a aquellas cajas sin dato. Se fijó un umbral de manera que dada una fila de datos faltantes de hasta 6° de longitud, se realiza una interpolación lineal de los valores entre las cajas adyacentes con dato. En particular, se decidió no realizar extrapolación alguna a cajas sin datos, ya que éstas se encuentran en su mayoría en zonas del océano abierto con muy escasas observaciones.

	TSM	TA	FF	PNM
Latitud				
$60^\circ < y \leq 90^\circ$	1.5 15	3 30	5 40	10 70
$30^\circ < y \leq 60^\circ$	1.5 15	3 30	5 40	11 70
$0^\circ \leq y \leq 30^\circ$	1.5 15	3 30	2 30	5 40
Unidades	°C	°C	ms ⁻¹	hPa

Tabla IV: Cota inferior y superior para las desviaciones (D_{inf} y D_{sup}) de variables seleccionadas.

	TSM	TA	FF	PNM
Latitud				
$0^\circ < y \leq 90^\circ$	-3 40	-50 50	0 50	920 1060
Unidades	°C	°C	ms ⁻¹	hPa

Tabla V: Rango de valores extremos de (X_{min} y X_{max}) de variables seleccionadas.

A través del procedimiento detallado se calcularon los límites estadísticos de QC con los que luego se aplicó el último nivel de QC estadístico a las observaciones mensuales de la TSM, TA, PNM, y FF. Ello genera un nuevo conjunto de datos o “base de datos filtrada” que es utilizada para calcular los promedios mensuales y estacionales de dichas variables. Debido a la gran cantidad de casos analizados para el cálculo de los límites estadísticos (ver Anexo), en la siguiente Sección se describen, mediante algunos ejemplos, los resultados más relevantes de la aplicación del QC estadístico.

4. RESULTADOS

4.1. Sensibilidad al QC estadístico

A continuación se presentan como ejemplo, los valores medios de la TSM, TA, PNM, y FF para el mes de noviembre, calculados a partir de los datos del período total, para un caso sin la aplicación del QC estadístico y para tres casos con el QC estadístico, tomando distintas definiciones de los límites, todos sobre una grilla de $1^\circ \times 1^\circ$ (Figuras 3-6). En general, se observa que el QC estadístico resulta crítico para el filtrado de las observaciones en el cuadrante noreste del dominio. Por otro lado, el efecto de la

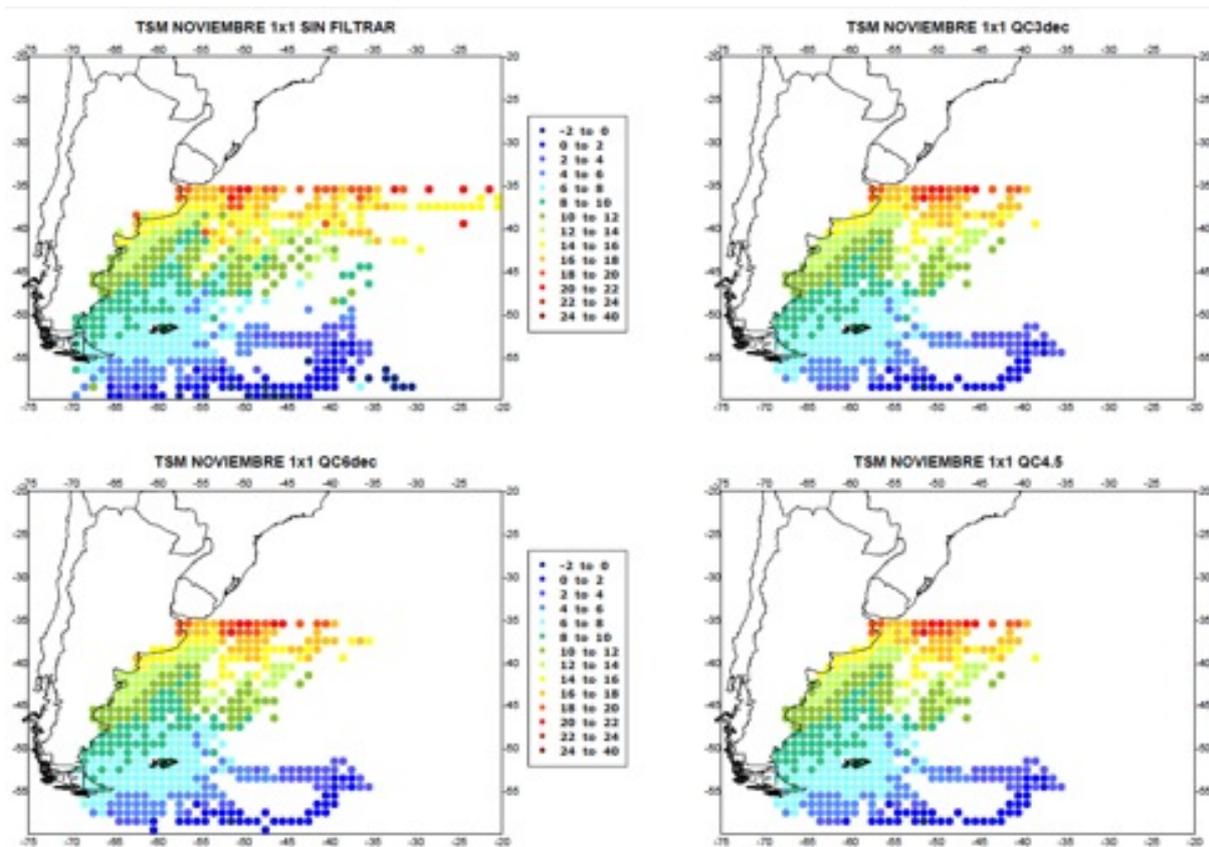


Figura 3: TSM media del mes noviembre calculada con las observaciones sin el QC estadístico (caso “SIN FILTRAR”) y las observaciones luego de aplicar el QC estadístico para los casos QC3DEC, QC6DEC, y QC4.5.

aplicación del QC estadístico sobre la definición de los valores medios es más notorio en el caso de la PNM y FF (Figuras 5-6), en comparación con la TSM y TA; éstas últimas presentan además tendencias espaciales similares en todos los casos (Figuras 3-4). En particular, la FF es la variable que presenta una mayor amplitud en el rango de valores medios obtenidos cuando no se aplica ningún QC estadístico (Figura 6).

La técnica de QC estadístico definida con los límites de QC calculados con todas las observaciones del período 1981 – 2009 se denominó QC3DEC. Al aplicar esta técnica el porcentaje de observaciones que son filtradas varía de acuerdo a la variable y la resolución de la retícula seleccionada. Se encontró que el porcentaje de datos filtrados disminuye a medida que disminuye la resolución (ver Tablas A-C

en el Anexo). Ello se debe a que a medida que aumenta el área de promedio para el cálculo de los límites, el rango comprendido por dichos límites se amplía y consecuentemente menos observaciones son rechazadas. Para todos los casos analizados, el mes con mayor número de observaciones filtradas es Junio, y las variables con el porcentaje más alto de observaciones filtradas resultan ser la TSM y TA. La TSM, y en segundo lugar la TA, son las variables que presentan el menor número de observaciones totales sobre el dominio en todos los meses, lo que en la técnica de QC estadístico parece reflejarse en un porcentaje más alto de recorte.

Para el caso en que los límites de QC son calculados con las observaciones del período total, 1951 – 2009 (denominado QC6DEC), el porcentaje de observaciones filtradas por variable

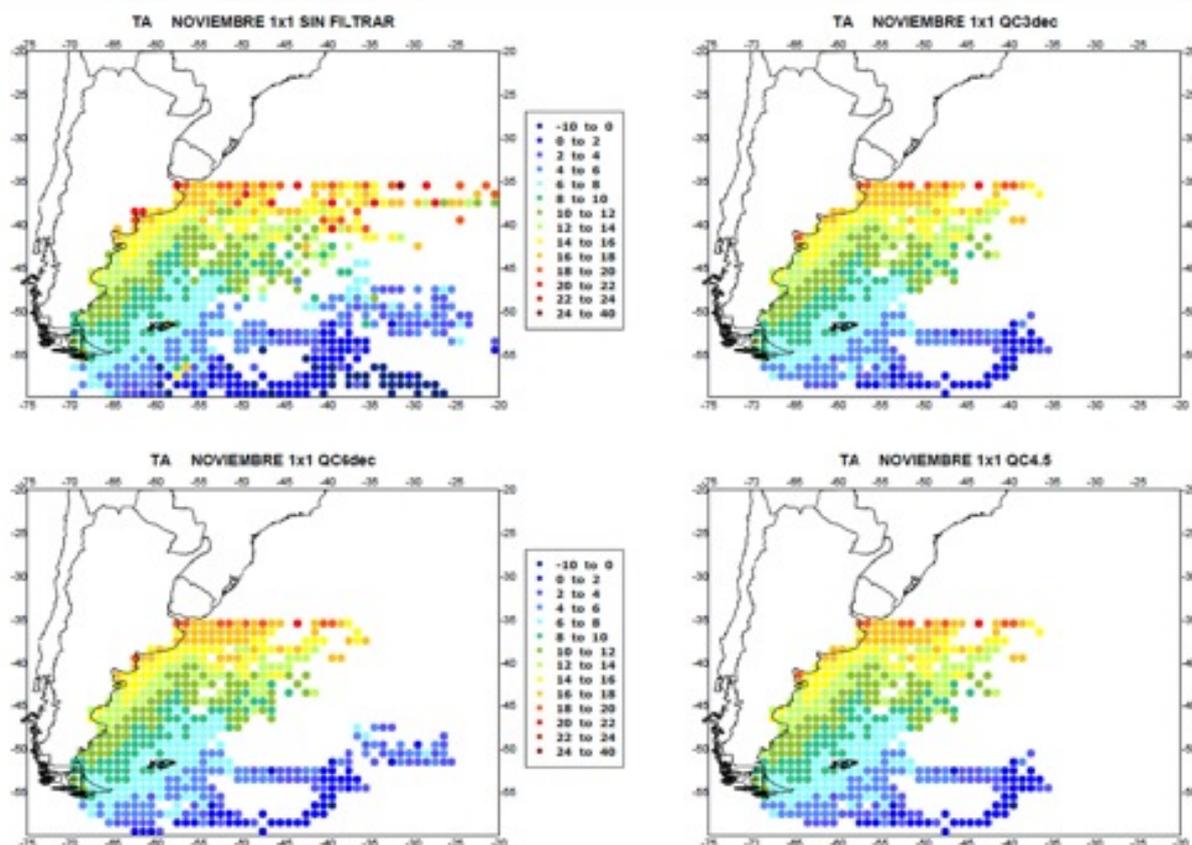


Figura 4: Ídem Figura 3 pero para la TA.

resulta menor que en el caso QC3DEC (entre un 0.2 y 1.9%, ver Tabla D en el Anexo). Si bien la diferencia de recorte entre ambos métodos es pequeña, la metodología QC6DEC permite, por ejemplo, la determinación de valores medios en el sector este del océano abierto (ver Figuras 5 a 7). Sin embargo algunas de estas estimaciones son de carácter dudoso, es decir, los valores medios caen en el extremo del rango observado sobre el dominio y/o regiones cercanas, y en algunos casos resultan en estimaciones puntuales aisladas espacialmente, particularmente en zonas del océano abierto. En conclusión, si bien los límites de QC6DEC representan un menor filtrado de las observaciones originales, al definir los valores medios, dependiendo de la variable y el mes considerado, las diferencias con QC3DEC aparecen mayormente en el sector central y este del dominio, que está a su vez caracterizado por una escasez en el número de datos y densidad de la información.

Por otro lado, se consideró un caso en que los límites estadísticos se definen de acuerdo a $\pm 4,5\sigma$ respecto a la mediana, por lo que resultan menos restrictivos, y donde se utilizan las observaciones del período 1981 – 2009 (denominado QC4.5). El porcentaje de datos filtrados disminuye muy poco en comparación al caso QC3DEC (Tabla E en el Anexo). En promedio, la diferencia del porcentaje de datos marcados inválidos entre ambos procedimientos resulta ser del 1%, y las variables que presentan las mayores diferencias son la TSM y TA. Sin embargo, los patrones de los valores medios calculados con las observaciones procesadas con un método u otro son muy similares (ver p.e. los casos QC3DEC y QC4.5 en la Figuras 3 a 6), lo cual sugiere que para el cálculo de los valores medios ambos criterios estadísticos son igualmente válidos.

Finalmente, se analizó un caso en que los límites estadísticos del caso QC3DEC fueron sometidos

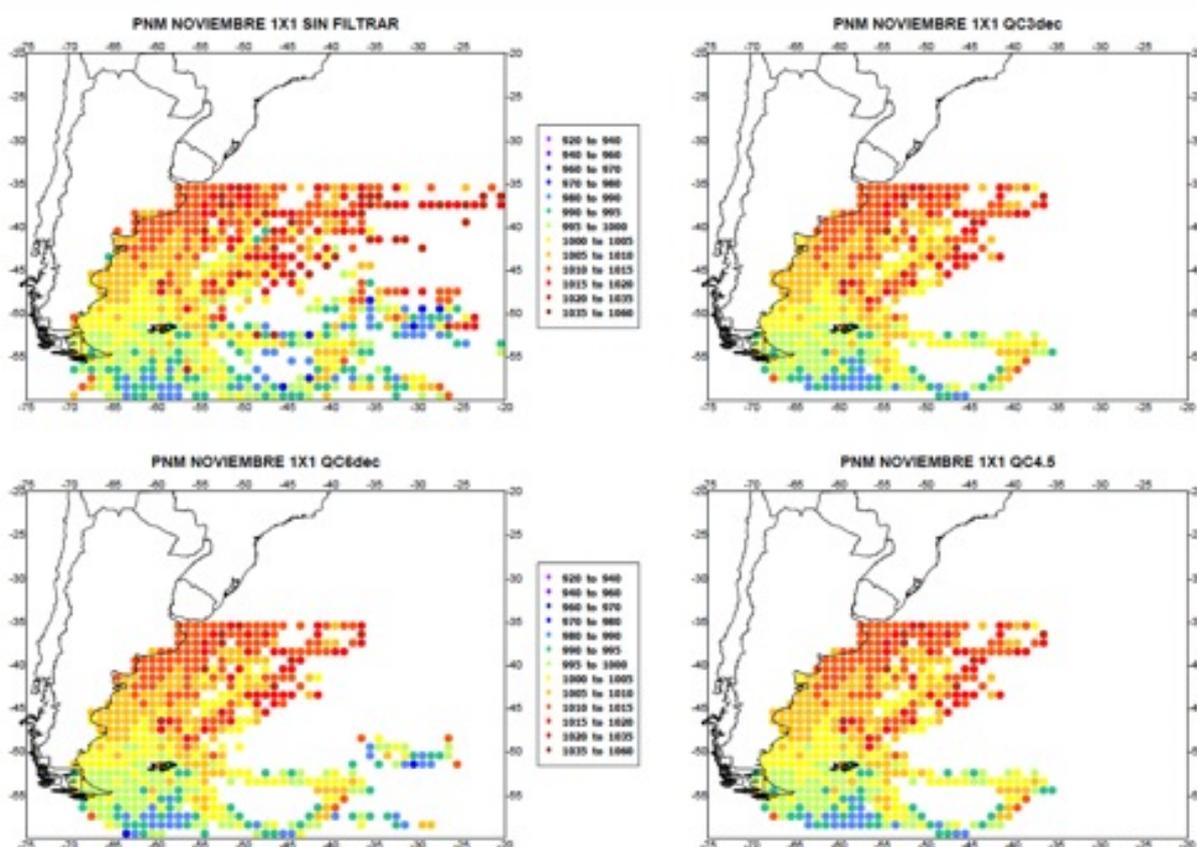


Figura 5: Ídem Figura 3 pero para la PNM.

a un suavizado zonal extra (no mostrado), con lo cual los límites de recorte son relajados aun más que en el caso QC4.5. Si bien este procedimiento conserva un número mayor de observaciones, los valores medios mensuales resultantes especialmente de la PNM y la FF presentan un mayor número de casos en los extremos del rango observado sobre el dominio. Por lo tanto, se descartó usar este criterio como QC estadístico.

4.2. Comparación de los valores medios de la TSM y PNM

El análisis de los resultados de la aplicación del QC estadístico revela que la base de datos del DMSHN es un conjunto de datos consolidado y factible de utilizar como referente climatológico para los estudios en los que se aplique. A modo de ilustración, en esta Sección se comparan los valores medios estacionales

de la TSM y PNM calculados con la base de datos filtrada con el método QC3DEC, con los patrones respectivos del National Center for Environmental Prediction (NCEP). Para los primeros se utilizan mapas de clases, ya que se observó que el análisis de mapas de isolíneas es consistente con los mapas de clases en áreas y/o meses del año con alta densidad de observaciones, pero es dudoso en regiones con muy pocas o nulas observaciones (p.e. principalmente en los meses de invierno y al este de 40° W ó 50° W).

La Figura 7 muestra el valor medio estacional de la TSM, junto con la media estacional obtenida a partir de las medias mensuales del Reanálisis del NCEP, ambas sobre el período 1950–2009 (datos y análisis disponibles en <http://www.esrl.noaa.gov/psd/>). La TSM en verano muestra la intrusión de aguas relativamente frías a lo largo del borde de la plataforma continental argentina (PCA), que corresponde al flujo hacia

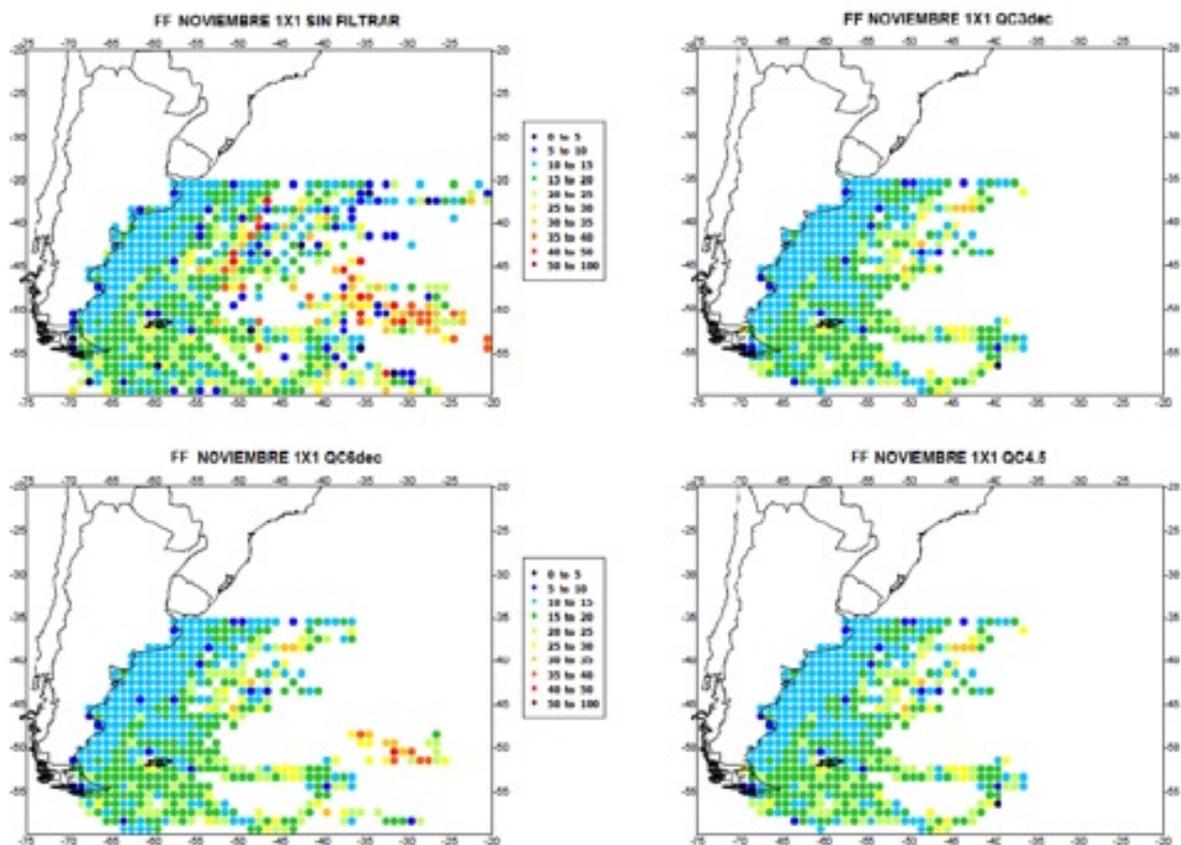


Figura 6: Ídem Figura 3 pero para la FF.

el norte de las aguas frías y subantárticas de la corriente de Malvinas (CM). Una banda de temperaturas entre 12-14°C se deflecta hacia el norte hasta aproximadamente 41° S, 57° W, región donde la CM se encuentra con el flujo hacia el sur de las aguas cálidas y subtropicales de la corriente de Brasil (CB), en la llamada Confluencia Brasil-Malvinas (CBM). Los patrones correspondientes de NCEP muestran una deflexión más suave de las isotermas de 10-14°C hacia el norte, y de 14-16°C hacia el sur asociadas a los flujos de la CM y CB, respectivamente, mientras que sobre el océano abierto las isotermas tienen un marcado carácter zonal. Por otro lado, ambos conjuntos de datos muestran características muy similares en la zona sur del dominio, donde las isotermas, asociadas a la presencia de los frentes Subtropical y Subantártico, presentan una inclinación en la dirección SW-NE.

Por otro lado, el valor medio de la TSM en otoño muestra un patrón similar al del NCEP, reflejado en particular en una mayor intrusión de las aguas de la CM hasta aproximadamente 38-39° S (Figura 8). Además, ambos conjuntos muestran valores máximos (18-20°C) alrededor de 35° S, 50° W. En invierno, la TSM muestra una variación de 2°C a 12°C sobre la PCA y de 0°C a 18°C sobre el océano abierto, y una máxima extensión hacia el norte (aproximadamente 38° S) de las aguas frías y subantárticas de la CM (8-10°C). En este caso el patrón de NCEP muestra valores de TSM más bajos en la PCA sur y el ingreso de las aguas frías de la CM alcanza los 39° S.

En resumen, los patrones estacionales de la TSM en la presente base de datos muestran características muy similares a los obtenidos con los datos del Reanálisis de NCEP. Se observa que las medias estacionales de NCEP muestran

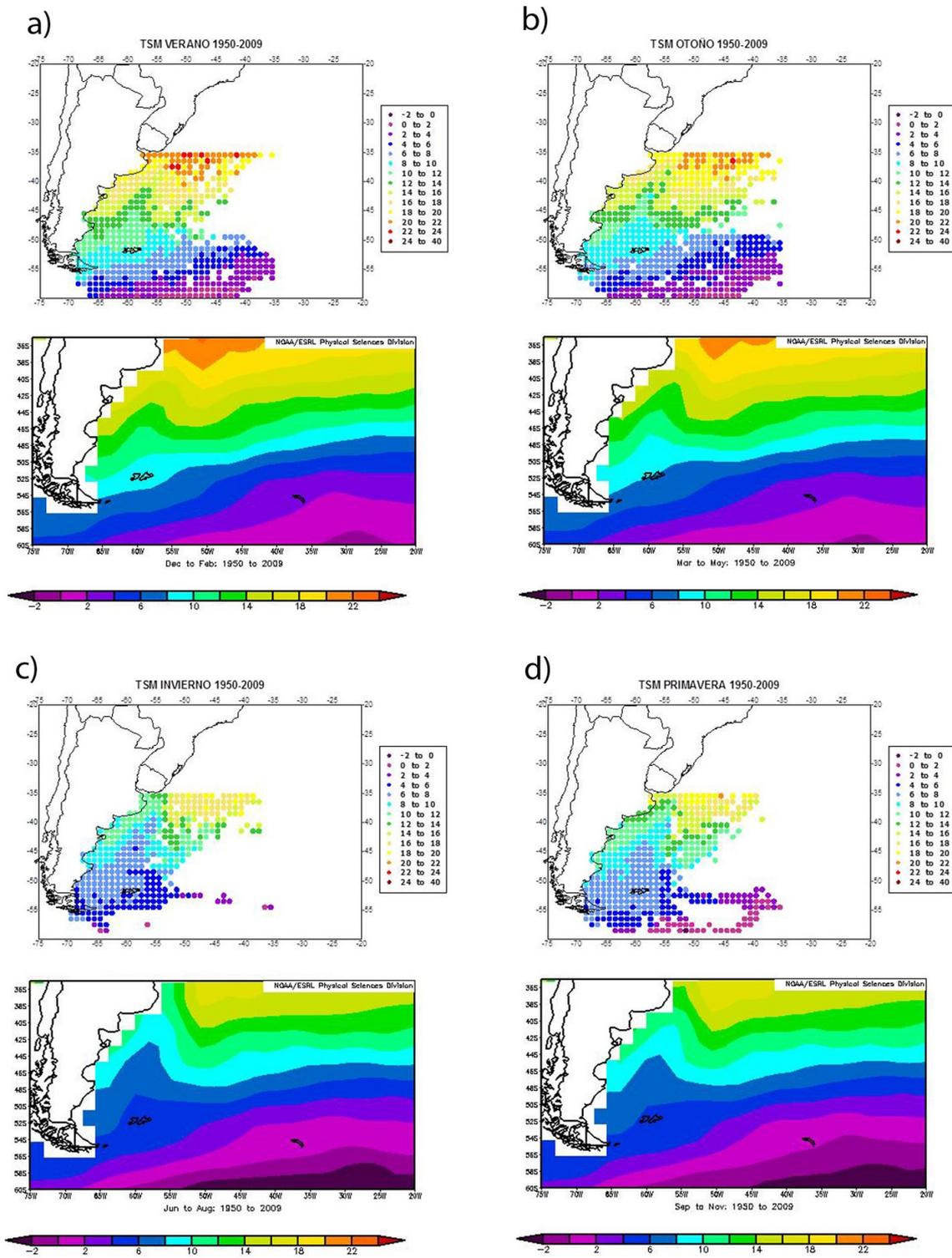


Figura 7: Valor medio de la TSM para (a) verano, (b) otoño, (c) invierno, y (d) primavera, calculado con las observaciones de la base de datos del DMSHN, luego de aplicar el QC estadístico QC3DEC. Debajo de cada gráfico se muestra el patrón correspondiente del Reanálisis de NCEP. Unidades en $^{\circ}\text{C}$.

una clara deflexión hacia el sur de las isothermas asociadas a la intrusión de la CB, mientras que en los valores medios aquí calculados se observa una clara intrusión de aguas frías de la CM sobre el exterior de la PCA, pero no se registra en todas las estaciones la deflexión de las isothermas asociada a la CB en la zona norte del dominio.

En la Figura 8 se presenta el valor medio estacional de la PNM calculada con la base de datos del DMSHN, junto con el del Reanálisis de NCEP. La PNM en verano muestra una variación promedio de 990 hPa a 1015 hPa de sur a norte, similar al rango de variación mostrado por NCEP. Por otro lado, la presencia de valores máximos de la PNM (1015-1025 hPa) sobre la región noreste del dominio es consistente con la influencia del anticiclón del Atlántico Sur, como también ilustra el patrón de NCEP.

En otoño, el gradiente de la PNM sobre la PCA refleja el comienzo de la fase de intensificación del anticiclón, con la consecuente extensión hacia el sur de la faja de bajas presiones; sobre el océano abierto esta tendencia es menos clara, y en particular allí se observan algunos valores medios de la PNM muy bajos (p.e. entre 972-976 hPa alrededor 56°S, 50°W y 985-992 hPa alrededor de 45°S, 50°W), que pueden responder a la influencia de la escasez de datos. El patrón de la PNM en invierno refleja el máximo en la fase de intensificación del anticiclón, con una predominancia de valores altos de la PNM (entre 1015-1025 hPa) en la zona norte del dominio y hasta 41° S. La PNM en primavera marca la transición hacia la fase débil del anticiclón; en ambos conjuntos se observa la persistencia de valores altos en la región subtropical, con una extensión hacia el norte de las bajas presiones.

En resumen, los valores medios estacionales de la PNM aquí calculados muestran una variabilidad consistente con las tendencias mostradas en las climatologías de NCEP, en particular existe un buen acuerdo en los gradientes de la PNM sobre la PCA entre ambos conjuntos. Cabe destacar que para la base de datos del DMSHN los valores medios de la TSM (y TA, no mostrado) muestran

gradientes espaciales más uniformes que los de la PNM (y FF, no mostrado), es decir, la PNM y el viento presentan variaciones en escalas espaciales pequeñas superpuestas a las tendencias dominantes sobre el dominio.

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En este trabajo se describe un nuevo método de QC estadístico, como parte integral del QC aplicado a las observaciones meteorológicas superficiales realizadas a bordo de los buques en navegación en el Atlántico Sudoccidental. Esta información está contenida en la base de datos que recopila el DMSHN, y que abarca el período 1950 a la fecha.

El análisis de los valores medios de la TSM, TA, PNM, y FF calculados con los datos originales, y luego de aplicar el QC estadístico, muestra que esta técnica de QC mejora notablemente la representación espacial de los valores medios sobre el dominio, especialmente, para la PNM y FF. Por otra parte, la técnica de QC estadístico induce una pérdida importante de los datos al este de los 45°W. De esta forma, la información resultante proporciona una mayor robustez en los resúmenes mensuales marítimos para los buques que navegan en estas regiones.

Para la definición de los límites de QC estadístico de las observaciones se analizaron diferentes casos. Para ello, se tomaron dos períodos distintos (1950-2009, caso QC6DEC vs. 1981-2009, caso QC3DEC) y se consideraron desviaciones de $\pm 3,5v$ (QC3DEC) y $\pm 4,5v$ (QC4.5) respecto a la mediana. Tanto en el caso QC6DEC como QC4.5 los límites de QC resultan menos restrictivos que en QC3DEC, aunque la diferencia en el porcentaje de datos recortados en todos los casos es pequeña (1%). La sensibilidad de la definición de los valores medios frente a los límites de QC3DEC y QC6DEC está acotada principalmente a las estimaciones en regiones del océano abierto, en el centro y este del dominio, caracterizadas por una muy baja densidad de observaciones en comparación al sector del

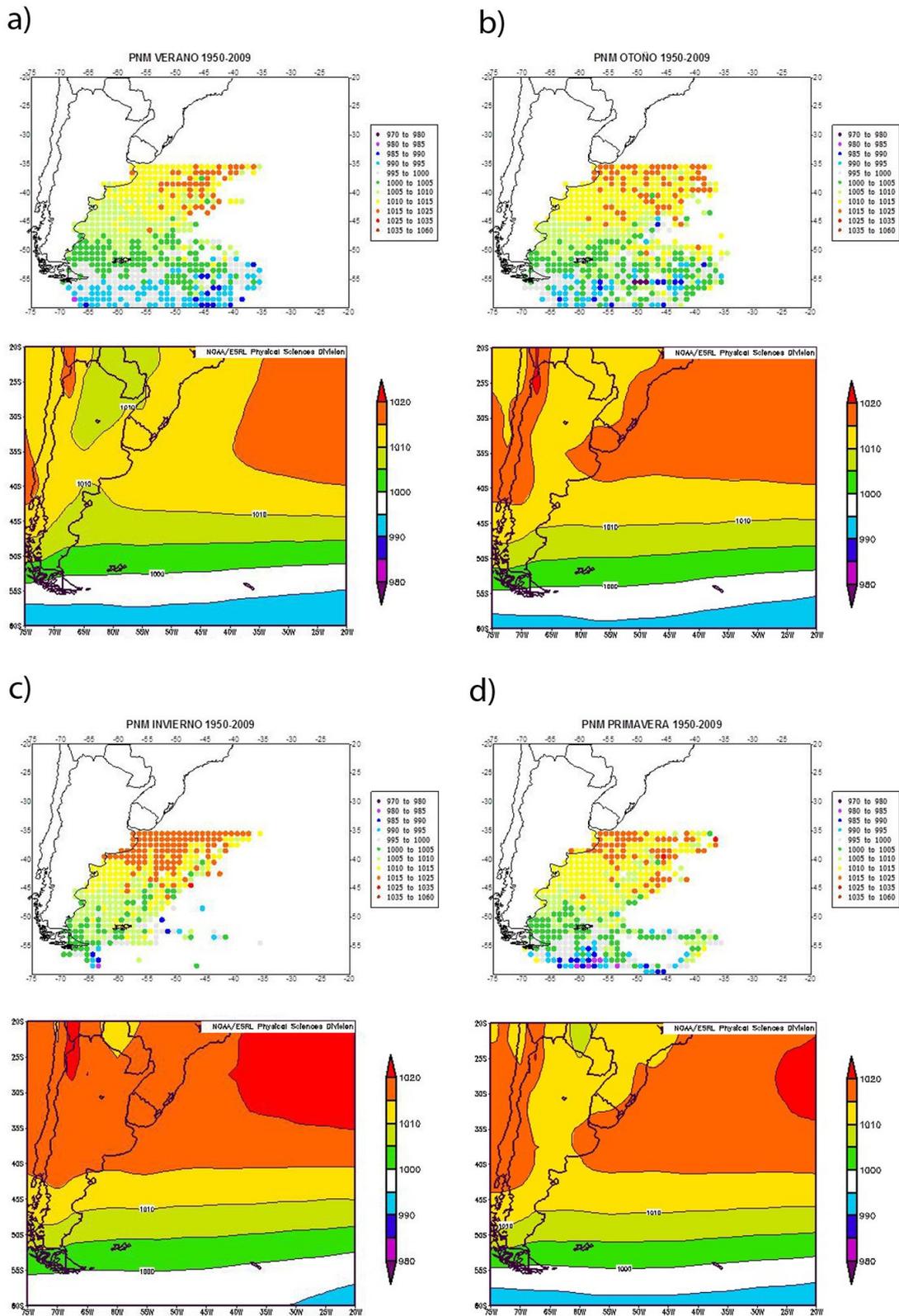


Figura 8: Valor medio de la PNM para (a) verano, (b) otoño, (c) invierno, y (d) primavera, calculado con las observaciones de la base de datos del DMSHN, luego de aplicar el QC estadístico QC3DEC. Debajo de gráfico se muestra el patrón correspondiente del Reanálisis de NCEP. Unidades en hPa.

Atlántico Sudoeste. Por lo tanto, los valores medios tienden a estar mejor representados con la técnica QC3DEC. Por otro lado, el uso de límites estadísticos de QC4.5 no genera diferencias en los patrones de los valores medios en comparación a QC3DEC. En conclusión, para la implementación y actualización del QC estadístico de esta base de datos, se recomienda utilizar las observaciones del período 1981-2009 y usar límites estadísticos de recorte definidos como $\pm 3,5v$ respecto a la mediana. Es de esperar que la futura actualización de la base de datos, incorporando un mayor volumen de información sobre el océano abierto, permitirá realizar nuevos análisis de la definición de los límites de QC estadístico.

Con la incorporación de la técnica de QC estadístico, podemos afirmar que la base de datos resultante es de alta calidad. La misma permitirá llevar a cabo una variedad de estudios climáticos, tales como evaluación de los cambios observados en los eventos extremos en un dominio espacial no explorado aún, como es el Mar Argentino. Además, proveerá información muy sensible para una eventual asimilación de dichos datos en modelos regionales así como para la validación de los mismos. Por último, cabe destacar que aún después de aplicar el nivel estadístico de QC, algunos valores atípicos pueden permanecer en la base de datos, especialmente en zonas del océano abierto con pocas observaciones.

Agradecimientos: Este trabajo ha sido realizado en el marco del Proyecto PIDDEF 045/10 "Sistema Integrado Meteorológico-Climático de procesamiento con control de calidad de observaciones meteorológicas y de hielos marinos provenientes de buques en navegación y estaciones antárticas - Implementación en el Departamento Meteorología para la visualización en tiempo real de los datos y de los resúmenes climáticos marinos y de bases antárticas" (Palastanga y Nuré, 2013). Programa de Investigación y Desarrollo para la Defensa (PIDDEF), Subsecretaría de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico, Secretaría

de Planeamiento, Ministerio de Defensa.

REFERENCIAS

- IPCC, 1996: Climate Change 1995: The Science of Climate Change. En: Houghton, J.T., L.G. Meira Filho, B.A. Callander, N. Harris, A. Kattenberg, and K. Maskell, Eds., Contribution of Working Group I to the Second Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 572 pp.
- KNMI, 1991. Revised Quality Control Procedures of Marine Climatological Data collected from Dutch Voluntary Observing Ships and Bureau Marine Affairs. Ing.Stam, MEMO KD-89-01.
- Mesías, J. M., Bisagni, J. J. y Brunner, A., 2007. A high resolution satellite derived sea surface temperature climatology for the western North Atlantic Ocean. *Cont. Shelf Res.*, 27, 191-207.
- Nuré, E., y Collini E., 2011. Aplicación de la Tecnología SIG para la representación de información climática marina en el Atlántico Sur. *Meteorológica*, Vol. 36, N°1, 49-56.
- Palastanga, V., y Nuré, E., 2013. PROYECTO PIDDEF 0045/10/SHN. Observaciones meteorológicas de buques en navegación. Descripción de la metodología para el control de calidad estadístico y cómputo de valores medios. CEBA-IT 01/13.
- Reynolds, R. W., Rayner, N. A., Smith, T. M., Stokes, D. C., y Wang, W., 2002. An improved in situ and satellite SST analysis for climate. *J. Climate*, 15, 1609-1625.
- Reynolds, R. W., Zhang, H., Smith, T. M., Gentemann, C. L., y Wentz, F., 2005. Impacts of in situ and additional satellite data on the accuracy of a sea surface temperature analysis for climate. *Int. J. of Climatology*, 25, 857-864.
- Risien, C.M., y Chelton, D.B., 2008. A global climatology of surface wind and wind stress fields from eight years of QuikSCAT scatterometer data. *J. Phys. Oceanogr.*, 38, 2379-2413.

- Slutz, R.J., Lubker, S.J., Hiscox, J.D., Woodruff, S.D., Jenne, R.L., Joseph, D.H., Steurer, P.M., y Elms, J.D., 1985. Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set Release 1, NOAA Environmental Research Laboratories, Climate Research Program, Boulder, CO, 268 pp.
- WMO, 2004. Minimum quality control standards, MQCS. Version V. Annex 2 to Recommendation 9 (JCOMM-I). Joint WMO/IOC Technical Commission for Oceanography and Marine Meteorology (JCOMM).
- Woodruff, S. D., Worley, S.J., Lubker, S.J., Ji, Z., Freeman, E., Berry, D.I., Brohan, P., Kent, E.C., Reynolds, R.W., Smith, S.R. y Wilkinson, C., 2011. ICOADS Release 2.5: Extensions and Enhancements to the Surface Marine Meteorological Archive. *Int. J. Climatol.*, 31, 951-967.

Este es un artículo de acceso abierto distribuido bajo la licencia Creative Commons, que permite el uso ilimitado, distribución y reproducción en cualquier medio, siempre que la obra original sea debidamente citada.

MES	Variable	FF		Variable	TA		Variable	PNM		Variable	TSM	
	ref	QC3DEC	%									
Enero	16279	15427	5.2	15502	14789	4.6	16622	15825	4.8	12769	11771	7.8
Febrero	15112	14303	5.4	14098	13518	4.1	15501	14683	5.3	11648	10938	6.1
Marzo	18956	17828	6.0	17484	16526	5.5	19368	18243	5.8	13718	12580	8.3
Abril	19219	18247	5.1	18094	17197	5.0	19531	18452	5.5	15158	14288	5.7
Mayo	18447	17562	4.8	17375	16451	5.3	18468	17604	4.7	14442	13420	7.1
Junio	16279	15182	6.7	15494	14382	7.2	16184	15085	6.8	12928	11709	9.4
Julio	14630	13999	4.3	13798	13216	4.2	14367	13771	4.1	11364	10631	6.5
Agosto	16303	15416	5.4	15417	14667	4.9	15916	15116	5.0	13031	12060	7.5
Septiembre	16375	15487	5.4	15431	14585	5.5	16115	15223	5.5	12908	11902	7.8
Octubre	16644	15785	5.2	15645	14791	5.5	16582	15693	5.4	12782	12123	5.2
Noviembre	17575	16476	6.3	16935	15975	5.7	17917	16892	5.7	13724	12783	6.9
Diciembre	15835	15035	5.1	15075	14226	5.6	16083	15111	6.0	12092	11260	6.9
Verano	47226	45997	2.6	44675	43069	3.6	48206	47076	2.3	36509	35178	3.6
Otoño	56622	55146	2.6	52953	51403	2.9	57367	56001	2.4	43318	41950	3.2
Invierno	47212	46263	2.0	44709	43405	2.9	46467	45545	2.0	37323	36034	3.5
Primavera	50594	49250	2.7	48011	46523	3.1	50614	49163	2.9	39414	38021	3.5

Tabla A: Número total de observaciones sin filtrar (ref) y filtradas (QC3DEC), y el porcentaje de observaciones filtradas con el método QC3DEC (%), en una retícula de 1°x1°.

MES	Variable	FF		Variable	TA		Variable	PNM		Variable	TSM	
	ref	QC3DEC	%									
Enero	16279	15969	1.9	15502	15243	1.7	16622	16398	1.3	12769	12356	3.2
Febrero	15112	14896	1.4	14098	13888	1.5	15501	15310	1.2	11648	11371	2.4
Marzo	18956	18600	1.9	17484	17140	2.0	19368	19031	1.7	13718	13334	2.8
Abril	19219	19012	1.1	18094	17840	1.4	19531	19247	1.5	15158	14915	1.6
Mayo	18447	18106	1.8	17375	17037	1.9	18468	18146	1.7	14442	14083	2.5
Junio	16279	15905	2.3	15494	14999	3.2	16184	15774	2.5	12928	12291	4.9
Julio	14630	14480	1.0	13798	13591	1.5	14367	14208	1.1	11364	11114	2.2
Agosto	16303	16080	1.4	15417	15137	1.8	15916	15701	1.4	13031	12671	2.8
Septiembre	16375	16125	1.5	15431	15101	2.1	16115	15844	1.7	12908	12570	2.6
Octubre	16644	16379	1.6	15645	15332	2.0	16582	16296	1.7	12782	12570	1.7
Noviembre	17575	17223	2.0	16935	16473	2.7	17917	17537	2.1	13724	13387	2.5
Diciembre	15835	15572	1.7	15075	14810	1.8	16083	15826	1.6	12092	11811	2.3
Verano	47226	46810	0.9	44675	43979	1.6	48206	47814	0.8	36509	35931	1.6
Otoño	56622	56032	1.0	52953	52292	1.2	57367	56930	0.8	43318	42718	1.4
Invierno	47212	46894	0.7	44709	44079	1.4	46467	46221	0.5	37323	36740	1.6
Primavera	50594	50064	1.0	48011	47281	1.5	50614	50056	1.1	39414	38941	1.2

Tabla B: Número total de observaciones sin filtrar (ref) y filtradas (QC3DEC), y el porcentaje de observaciones filtradas con el método QC3DEC (%), en una retícula de 3°x3°.

MES	Variable			Variable			Variable			Variable		
	ref	QC3DEC	%									
Enero	16279	16101	1.1	15502	15321	1.2	16622	16448	1.0	12769	12506	2.1
Febrero	15112	14967	1.0	14098	13985	0.8	15501	15364	0.9	11648	11467	1.6
Marzo	18956	18728	1.2	17484	17238	1.4	19368	19227	0.7	13718	13481	1.7
Abril	19219	19012	1.1	18094	17855	1.3	19531	19368	0.8	15158	15012	1.0
Mayo	18447	18242	1.1	17375	16990	2.2	18468	18264	1.1	14442	14027	2.9
Junio	16279	16042	1.5	15494	15078	2.7	16184	15889	1.8	12928	12379	4.2
Julio	14630	14513	0.8	13798	13620	1.3	14367	14253	0.8	11364	11195	1.5
Agosto	16303	16183	0.7	15417	15235	1.2	15916	15813	0.6	13031	12747	2.2
Septiembre	16375	16213	1.0	15431	15104	2.1	16115	15878	1.5	12908	12662	1.9
Octubre	16644	16423	1.3	15645	15382	1.7	16582	16351	1.4	12782	12583	1.6
Noviembre	17575	17293	1.6	16935	16567	2.2	17917	17666	1.4	13724	13502	1.6
Diciembre	15835	15650	1.2	15075	14879	1.3	16083	15890	1.2	12092	11923	1.4
Verano	47226	46841	0.8	44675	44019	1.5	48206	47861	0.7	36509	36023	1.3
Otoño	56622	56231	0.7	52953	52445	1.0	57367	57080	0.5	43318	42817	1.2
Invierno	47212	47028	0.4	44709	44228	1.1	46467	46357	0.2	37323	36855	1.3
Primavera	50594	50278	0.6	48011	47490	1.1	50614	50270	0.7	39414	39013	1.0

Tabla C: Número total de observaciones sin filtrar (ref) y filtradas (QC3DEC), y el porcentaje de observaciones filtradas con el método QC3DEC (%), en una retícula de 5°x5°.

MES	Variable			Variable			Variable			Variable		
	ref	%3D	%6D									
Enero	16279	5.2	3.7	15502	4.6	3.4	16622	4.8	3.5	12769	7.8	7.4
Febrero	15112	5.4	4.1	14098	4.1	3.5	15501	5.3	4.2	11648	6.1	5.8
Marzo	18956	6.0	5.1	17484	5.5	4.5	19368	5.8	4.8	13718	8.3	7.3
Abril	19219	5.1	4.2	18094	5.0	4.2	19531	5.5	4.7	15158	5.7	5.5
Mayo	18447	4.8	4.2	17375	5.3	4.5	18468	4.7	4.3	14442	7.1	6.1
Junio	16279	6.7	6.2	15494	7.2	6.5	16184	6.8	6.2	12928	9.4	9.4
Julio	14630	4.3	3.8	13798	4.2	3.8	14367	4.1	3.4	11364	6.5	5.9
Agosto	16303	5.4	3.7	15417	4.9	4.2	15916	5.0	3.9	13031	7.5	7.4
Septiembre	16375	5.4	3.6	15431	5.5	4.2	16115	5.5	4.4	12908	7.8	6.5
Octubre	16644	5.2	4.2	15645	5.5	4.5	16582	5.4	4.4	12782	5.2	4.7
Noviembre	17575	6.3	4.4	16935	5.7	4.6	17917	5.7	4.7	13724	6.9	6.1
Diciembre	15835	5.1	3.9	15075	5.6	4.7	16083	6.0	5.1	12092	6.9	6.3

Tabla D: Número total de observaciones sin filtrar (ref) y porcentaje de observaciones filtradas con los métodos QC3DEC (%3D) y QC6DEC (%6D) en una retícula de 1°x1°.

MES	Variable	FF		Variable	TA		Variable	PNM		Variable	TSM	
	ref	%3DEC	%4.5									
Enero	16279	5.2	4.5	15502	4.6	3.5	16622	4.8	3.9	12769	7.8	6.2
Febrero	15112	5.4	4.5	14098	4.1	3.0	15501	5.3	4.3	11648	6.1	5.0
Marzo	18956	6.0	5.1	17484	5.5	4.2	19368	5.8	4.8	13718	8.3	6.3
Abril	19219	5.1	4.2	18094	5.0	3.8	19531	5.5	4.6	15158	5.7	4.8
Mayo	18447	4.8	4.3	17375	5.3	4.4	18468	4.7	4.1	14442	7.1	5.8
Junio	16279	6.7	6.2	15494	7.2	6.2	16184	6.8	6.2	12928	9.4	8.4
Julio	14630	4.3	3.5	13798	4.2	3.2	14367	4.1	3.4	11364	6.5	5.4
Agosto	16303	5.4	4.7	15417	4.9	3.9	15916	5.0	4.5	13031	7.5	5.9
Septiembre	16375	5.4	4.3	15431	5.5	4.4	16115	5.5	4.2	12908	7.8	6.4
Octubre	16644	5.2	4.3	15645	5.5	4.2	16582	5.4	4.5	12782	5.2	4.1
Noviembre	17575	6.3	5.3	16935	5.7	4.7	17917	5.7	5.1	13724	6.9	5.7
Diciembre	15835	5.1	4.1	15075	5.6	4.2	16083	6.0	4.6	12092	6.9	5.6

Tabla E: Número total de observaciones sin filtrar (ref) y porcentaje de observaciones filtradas con los métodos QC3DEC (%3DEC) y QC4.5 (%4.5) en una retícula de $1^{\circ} \times 1^{\circ}$.