

ACRE AR: Data Rescue para el estudio del clima en Argentina ACRE AR: Data Rescue for climate studies in Argentina

Autores

Pablo O. Canziani
S. Gabriela Lakkis
Joaquín O. Rodríguez
Adrián E. Yuchechen

Contacto

pocanziani@gmail.com

Institución

Unidad de Investigación y Desarrollo de las Ingenierías (UIDI) - Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Buenos Aires y CONICET, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, República Argentina.

Resumen

Se presenta el proyecto ACRE AR, integrante del programa internacional ACRE (Atmospheric Circulation Reconstruction over the Earth), cuyo fin es implementar y concretar el Data Rescue (rescate de datos) de observaciones meteorológicas realizadas en el territorio nacional y en buques de bandera argentina anteriores a 1960 (para los buques anteriores a 1971). El programa ACRE define protocolos para la toma de imágenes de documentos impresos y escritos y los procesos de digitalización de datos en base al sistema de voluntariado o ciudadanos científicos. Aquí se explica la necesidad e importancia de concretar estas tareas de Data Rescue. Se presentan las tareas en curso de ACRE AR con ejemplos de documentos impresos y libros de navegación manuscritos pertenecientes a buques de la Armada Argentina. Se presentan también el análisis preliminar de observaciones realizadas en la Ciudad de Buenos Aires entre 1821 y 1823 y 1829 y 1830, comparándolas con medias climáticas actuales pertenecientes al Observatorio Central Buenos Aires, del Servicio Meteorológico Nacional.

Palabras Clave: Data Rescue, observaciones meteorológicas, Argentina, Antártida, Atlántico Sur

Abstract

The ACRE AR project, part of the international program ACRE (Atmospheric Circulation Reconstructions over the Earth), is introduced. Its aim is to implement a Data Rescue effort to recover weather records carried out in the Argentine territories, prior to 1960 and in Argentine flag ships prior to 1971. The ACRE program defines protocols for the imaging of printed and handwritten documents and data digitization processes, based on volunteers, referred to as citizen scientists. The necessity of such a Data Rescue project is addressed. Current activities in ACRE AR are presented with examples from printed documents and hand written logbooks from Argentina Navy vessels. Preliminary analyses for observations carried out in Buenos Aires between 1821 and 1823 and 1829 and 1939 are presented, as well as the comparison with current climatology from the Observatorio Central Buenos Aires, Servicio Meteorológico Nacional.

Keywords: Data Rescue, weather observations, Argentina, Antarctica, South Atlantic.

1. Introducción

El estudio del sistema climático requiere la identificación de su variabilidad, tendencia y cambios. Para poder determinar y entender estos procesos es necesario contar con la mayor cantidad de datos posibles, lo más extendidos en el tiempo. A este fin se utilizan distintas fuentes de datos. En tiempos recientes se recurren a observaciones directas e indirectas, considerando la temperatura y presión en superficie como variables núcleo esenciales. En el periodo histórico, previo a la modernidad se consideran registros históricos de origen fenológico, por ej., fechas de brotación y/o inicio de cosechas en viñedos y de otros cultivos (cita), rindes anuales, tiempos de navegación, por ej., de los galeones españoles entre Filipinas y Panamá, cuadernos de navegación con descripciones meteorológicas, relatos de desastres climáticos y estado del tiempo durante eventos históricos, por ej., batallas. El tercer conjunto de datos proviene de los llamados datos proxy, datos por inferencia, obtenidos especialmente a partir de hielos polares y glaciares, sedimentos lacustres, anillos en secciones de troncos de diversos árboles sensibles a la precipitación y/o temperatura. En el mejor de los casos estos datos representan comportamientos medios anuales. A medida que se retrocede en el tiempo la información paleoclimática a partir de hielos y sobre todo sedimentos y especies fósiles se vuelve más difusa, con resoluciones temporales de décadas y siglos.

Dado que los datos proxy sólo proveen una perspectiva parcial sobre el estado del clima, es necesario recuperar la mayor cantidad de observaciones meteorológicas hacia atrás a partir de mediados del Siglo XX y hasta el Renacimiento tardío. Un hito en Occidente es la invención del barómetro por Torricelli en 1643, bajo el mecenazgo de Fernando II de Médici. Anteriormente Galileo Galilei había inventado el termoscopio en 1609 y en años siguientes Santorio incorporó una escala al mismo, construyendo el primer ancestro del termómetro moderno. El ingeniero alemán Fahrenheit presentó en 1724 la primera escala de medición de la temperatura, hoy conocida como grados Fahrenheit. Estas dos fechas definen el inicio del periodo observacional de la atmósfera y del clima. Recientemente se han recuperado las

observaciones diarias realizadas por Torricelli en Florencia y otras diez estaciones durante varios años en la primera red meteorológica del mundo, conocida como la red meteorológica de los Medici entre 1654 y 1670 y en 1694 en Modena, París y Essex [1,2].

Durante el Iluminismo varios científicos profesionales y amateurs comenzaron a registrar diariamente o inclusive varias veces por día observaciones de temperatura y de presión, inclusive descripciones del estado del tiempo y el estudio de la atmósfera como disciplina científica comienza. En 1787 el abate Bertholon, con aprobación de Luis XVI de Francia, publica uno de los primeros libros de la historia de las ciencias de la atmósfera en la historia, analizando las observaciones de tormentas y electricidad atmosférica, incluidas las de Benjamin Franklin.

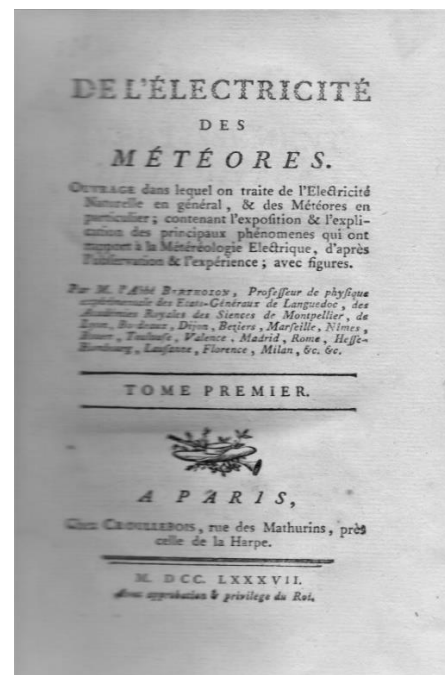


Figura 1. Portada del primer tomo del libro del Abate Bertholon (colección del autor)

El siguiente hito histórico es el primer pronóstico meteorológico, concretado por Robert FitzRoy, capitán del H.M.S. Beagle. En el transcurso de sus viajes, junto con Charles Darwin realizó observaciones meteorológicas y estableció las primeras relaciones entre presión y las tormentas en el mar. En 1854 fue nombrado director de la proto-oficina meteorológica del Reino Unido, que devino en la Royal Met Office. Definió la necesidad de redes de instrumentos meteorológicos, barómetros,

termómetros y anemómetros, características de las estaciones meteorológicas y los criterios de observación para poder determinar el estado del tiempo. Con estos datos, la transmisión de datos en tiempo real mediante el telégrafo y la experiencia del H.M.S. Beagle desarrolló en 1861 el primer pronóstico del tiempo. FitzRoy también logró la obligatoriedad de registros meteorológicos y oceánicos horarios en los buques de la Royal Navy. Los tres primeros servicios u oficinas meteorológicas del mundo se establecieron en Hungría, 1870, E.E.U.U., 1872, y Argentina, 1872. La Armada de la República Argentina comenzó a registrar datos meteorológicos y oceánicos en los libros de navegación de sus buques hacia 1894-1895.

Existe por lo tanto una enorme cantidad de información meteorológica en el mundo, que está en riesgo de perderse, porque la mayoría está en soporte papel, en pésimas condiciones de almacenamiento/archivado que sería de gran utilidad para diversos estudios no sólo climáticos, sino históricos y socio-económicos y políticos. Desde la perspectiva de las ciencias atmosféricas y del clima la información meteorológica histórica permite obtener series de observaciones más largas, cuyo análisis estadístico y estudio permiten detectar variabilidad, saltos climáticos y tendencias climáticas con mayor definición y certeza. Estos datos recuperados e incorporados en las bases internacionales de datos atmosféricos gestionadas por varios países en colaboración con la Organización Meteorológica Mundial (OMM), son utilizados en la extensión por lo menos, hasta el inicio del Siglo XX, de reanálisis (modelos numérico-estadísticos) de circulación atmosférica, como el 20th Century Reanalysis en E.E.U.U. [3] y el ERA20C de la Unión Europea [4], con resolución temporal sub-diaria, en zonas donde se han recuperado datos históricos. Estas técnicas se han aplicado también para entender el rol del tiempo en batallas famosas, como por ej., Waterloo (1815), Passchendaele, 1917, Día-D (1944) y el estado del clima durante el año sin verano 1815-1816 debido a la mega erupción del Volcán Tambora en Indonesia y los episodios de las grandes sequías como las que afectaron al mundo durante la Gran Depresión. Finalmente, estos estudios y reanálisis se utilizan para validar modelos climáticos de circulación general que buscan simular la circulación atmosférica y el clima en la etapa pre-siglo XX con el fin de identificar mejor el sistema climático antes del crecimiento exponencial de las

emisiones de gases de efecto invernadero durante el Siglo XX [5,6].

A este fin la OMM, junto con la International Environmental Data Rescue Organization (IEDRO), el Programa Mundial de Investigación del Clima (WCRP), la Comisión Internacional de los Océanos (IOC) y CitizenScience.org han lanzado llamados a la recuperación de datos meteorológicos y oceánicos.

El programa Atmospheric Circulation Reconstruction over the Earth (ACRE, www.met-acre.org) con base operativa en la Royal Met Office (actualmente transferida a la University of Maynooth University, Irlanda), y con apoyo económico de la Unión Europea es uno de los programas abocados a concretar la recuperación de datos históricos, conocido como Data Rescue. ACRE cuenta con varias decenas de proyectos nacionales e institucionales, en todos los continentes, que trabajan en red, en base a las buenas técnicas y protocolos estrictos de toma de imágenes de documentación y digitalización de datos. Una parte importante de ACRE es el voluntariado para la digitalización de los datos contenidos en la documentación. Debido a la gran cantidad de información y por lo tanto horas-persona de trabajo, el costo del proyecto no sería viable sin los voluntarios, hoy conocidos como ciudadanos científicos.

ACRE AR es el proyecto argentino que integra ACRE. Se estableció en 2017 en la UTN-FRBA en la Unidad de Investigación y Desarrollo de las Ingenierías (UIDI)

2. Metodología

Las tareas que lleva adelante todo proyecto vinculado a ACRE son las siguientes:

1. Detección y ubicación de documentación conteniendo observaciones meteorológicas históricas diarias o sub-diarias.
2. Toma de imágenes de la documentación mediante escaneo o fotografía digital.
3. Registro de información sobre los datos: ubicación geográfica, persona responsable, instrumental utilizado y su calibración (si fuera realizado), tipo de registro, o sea variable atmosférica y frecuencia de toma de dato, periodo de observación (inicio y fin de las observaciones). Este conjunto de datos se conoce como metadata.
4. Creación y mantenimiento de la página de proyecto en el sitio Zooniverse.org,

dependiente de CitizenScience.org, para vincular el proyecto con los voluntarios o ciudadanos científicos.

5. Preparación de imágenes para el proceso de digitalización. Incluye posibles mejoras de la calidad de la imagen para facilitar la lectura, fraccionamiento de la imagen para simplificar la tarea de los ciudadanos científicos.
6. Reconstrucción de las planillas de datos a partir de las observaciones digitalizadas y revisión/verificación de los resultados de la digitalización por los ciudadanos científicos. Por lo general se requiere que cada documento sea digitalizado de manera independiente por al menos 3 ciudadanos científicos, en particular si son documentos manuscritos, con el fin de garantizar la calidad del dato. Estas 3 o más digitalizaciones son consolidadas en planillas únicas para cada conjunto de observaciones.
7. Conversión de las planillas de datos y los metadatos correspondientes al formato único internacional establecido por la comisión de observaciones meteorológicas de la OMM para su incorporación a las bases internacionales de observaciones meteorológicas.
8. Realización de estudios meteorológicos y climatológicos básicos, con los datos recuperados que permiten en primera instancia, identificar “outliers” o potenciales errores en los datos originales, que no dependen del proceso de digitalización. Otra actividad es la validación de reanálisis históricos pre y post incorporación de datos recuperados.

Mayores detalles sobre la cuestión del Data Rescue de datos meteorológicos puede encontrarse en [7]Thorne y otros (2017).

3. Actividades y resultados de ACRE AR

ACRE AR inicia formalmente sus actividades en 2017 mediante carta de intención entre la UTN-FRBA y la dirección del programa ACRE. Como primera tarea se dedicó a la búsqueda de documentación con datos meteorológicos de la República Argentina realizadas en el siglo XIX y la primera mitad del siglo XX. Al

mismo tiempo se establece un convenio marco de cooperación con la Armada Argentina en temas de CyT y un convenio marco específico para las actividades de ACRE AR. Este convenio tiene por fin colaborar con la Armada en la toma de imágenes total de los libros de navegación a partir de la fecha de inicio de la toma regular de observaciones meteorológicas y oceánicas/hidrológicas de la Armada hasta 1970, la digitalización de los datos encontrados y su utilización conjunta para la investigación. Dicho convenio sufrió atrasos en su firma e inicio de actividades debido a la trágica pérdida del submarino ARA San Juan. Por otra parte, la Universidad de Giessen en Alemania, institución integrante de ACRE, colabora con ACRE AR en la digitalización de datos en cuadernillos de observaciones publicados por el Servicio Meteorológico Nacional hasta 1958, archivados en imágenes por la Royal Met Office del Reino Unido. También se colabora con el Servicio Meteorológico Nacional, institución que recibirá una copia de todas las observaciones históricas recuperadas por ACRE AR.

La búsqueda de documentación permitió ubicar en el archivo digital de la Biblioteca Nacional, la colección completa de la publicación periódica política, literaria, cultural y científica “*La Abeja Argentina*” publicada por la Imprenta de la Independencia, Buenos Aires, entre abril de 1822 y julio de 1823. Esta revista, la primera en su género en el Río de la Plata contiene artículos de actualidad política nacional e internacional, poesía y literarios, así como descubrimientos científicos. Entre el material científico se encontraron datos de temperatura y presión de Buenos Aires para algunos meses de 1801, así como las observaciones meteorológicas realizadas por un periodo prolongado por el Dr. Manuel Moreno, hermano de Mariano Moreno, y también de otros científicos de Italia y EEUU en 1830 y 1850, respectivamente.

También se encontraron en la Biblioteca Nacional los volúmenes del Censo Estadístico de la Provincia de Buenos Aires de 1852, conteniendo parte de los datos meteorológicos publicados en “*La Abeja Argentina*” así como diversos periodos de observaciones en los años 1830 y 1850. También contiene los registros llevados adelante por los rectores del Colegio San Carlos, hoy Nacional Buenos Aires, correspondientes a la sede central cercana a Plaza de Mayo (CABA), así como a la Chacarita de los Colegiales (CABA).

La Oficina Meteorológica Argentina (OMA), establecida por el Presidente Domingo Faustino Sarmiento en 1872 en Córdoba, coordinó y concretó en pocos años la primera red meteorológica nacional con más de quince estaciones distribuidas desde Tierra del Fuego (inicialmente Puerto Harberton, luego Ushuaia) hasta Salta. Hacia 1895 la cantidad de estaciones meteorológicas se acercaba a la treintena. Varias de estas fueron operadas por personas que luego pasaron a integrar por diversos motivos la historia nacional y/o local, como por ej., Thomas Bridges en Tierra del Fuego, Enrique Dewey en ChosMalal, los rectores del Colegio San Carlos antes mencionados, el Comandante Francisco Villarino en San Juan de Salvamento, más recientemente Robert Mossman en la Base Orcadas, entre otros. Inclusive la OMA instaló y operó estaciones meteorológicas en Paraguay y Uruguay.

Las estaciones fueron abastecidas con instrumental de primer nivel, que era enviado a KewGardens, Reino Unido, por aquél entonces principal centro mundial de calibración de instrumental meteorológico.

de cada una de ellas, así como análisis de las observaciones, mapas con las condiciones medias del territorio nacional, etc. La estación de Córdoba, siendo la estación central de la OMA incluye además observaciones diarias/subdiarias de temperatura y humedad del suelo en varias profundidades. Gracias al programa ACRE fue posible acceder a las versiones en imágenes de la mayoría de estas publicaciones, que se encuentran en el exterior y que son difíciles de encontrar en el país. Recientemente el nuevo inventario de la Biblioteca Meteorológica del SMN ha incluido a toda esta colección en papel.

Tabla 1. Principales observatorios meteorológicos del Siglo XIX y principios del Siglo XX en el territorio nacional.

| Principales Estaciones | Año Inicio | Lat. | Lon. |
|------------------------|------------|---------|---------|
| Buenos Aires | 1853 | 34.6°S | 58.37°O |
| Tucumán | 1856 | 26.82°S | 65.21°O |
| Bahia Blanca | 1860 | 38.75°S | 62.25°O |
| Pilciao/Aconquija | 1865 | 27.45°S | 66.2°O |
| Mendoza | 1866 | 32.55°S | 68.51°O |
| San Juan | 1870 | 31.54°S | 68.5°O |
| Córdoba | 1872 | 31.67°S | 63.56°O |
| Salta | 1873 | 24.51°S | 65.29°O |
| Corrientes | 1873 | 27.28°S | 58.49°O |
| Santiago del Estero | 1873 | 30.02°S | 64.18°O |
| San Luis | 1874 | 33.16°S | 66.21°O |
| La Rioja | 1875 | 29.41°S | 66.86°O |
| Rio Cuarto | 1875 | 33.07°S | 64.14°O |
| Rosario | 1875 | 32.55°S | 60.47°O |
| Paraná | 1875 | 31.73°S | 60.53°O |
| Concordia | 1875 | 31.23°S | 58.02°O |
| Goya | 1876 | 29.14°S | 59.27°O |
| Carcaraña | 1876 | 32.5°S | 61.15°O |
| Tandil | 1876 | 37.3°S | 59.13°O |
| Villa Hernandarias | 1877 | 31.22°S | 59.98°O |
| Harberton | 1877 | 54.87°S | 67.33°O |
| Formosa | 1879 | 26.11°S | 58.13°O |
| San Antonio de Areco | 1879 | 34.25°S | 59.47°O |
| Catamarca | 1881 | 28.47°S | 65.78°O |
| Bell Ville | 1882 | 32.38°S | 62.41°O |
| Paramillo de Uspallata | 1886 | 32.47°S | 69.13°O |
| Villa María | 1886 | 32.41°S | 63.24°O |
| San Juan de | 1886 | 54.71°S | 63.85°O |

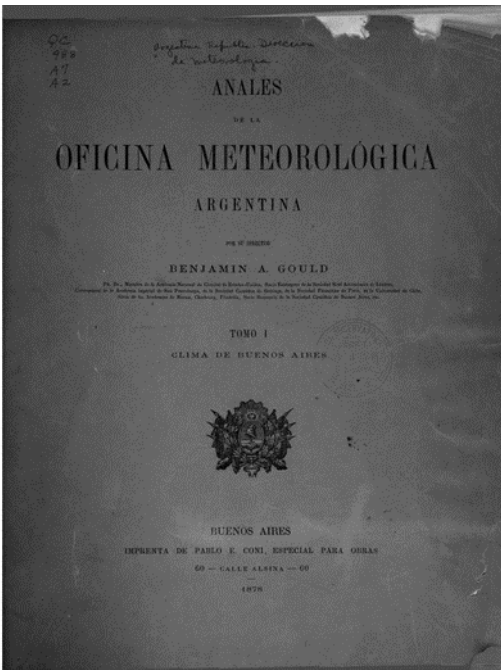


Figura 2. Portada del primer tomo de los Anales de la Oficina meteorológica Argentina, 1878.

La OMA publicó entre 1878 y 1912 quince tomos, algunos de ellos en dos volúmenes, conteniendo la mayoría de las observaciones realizadas por esta red de estaciones, con toda la información de metadata

| | | | |
|-------------------------------|------|---------|---------|
| Salvamento Is. de los Estados | | | |
| San Antonio Oeste | 1888 | 40.44°S | 64.57°O |
| Colonia Chubut/Sarmiento | 1888 | 45.60°S | 69.08°O |
| ChosMalal | 1892 | 37.23°S | 70.17°O |
| Ingenio Ledesma | 1895 | 23.47°S | 64.49°O |
| Esquina | 1895 | 30.02°S | 59.32°O |
| Andalgalá | 1895 | 27.60°S | 66.30°O |
| Colonia Ceres | 1896 | 29.53°S | 61.57°O |
| Guaileguay | 1897 | 33.06°S | 59.16°O |
| Patagones | 1898 | 40.48°S | 62.59°O |
| Jujuy | 1899 | 24.11°S | 65.18 |
| Paso de los Libres | 1900 | 29.43°S | 57.06 |
| Esperanza | 1900 | 31.26°S | 60.56 |
| Azul | 1900 | 36.45°S | 59.50 |
| Base Orcadas | 1903 | 60.73°S | 44.77 |

importante. En el periodo 1894 a 1910 se observa cómo los libros de navegación fueron cambiando de formato para mejorar el registro de la información meteorológica y oceánica, que debiera ser registrada cada hora, aunque no siempre fue el caso. La tarea se está llevando adelante por buque.

Dos buques de particular interés en esta etapa inicial de la actividad son el ARA 1ro de Mayo, buque de transporte y tareas oceanográficas, adquirido en 1894 para el relevamiento geográfico de las costas patagónicas, Estrecho de Magallanes y Tierra del Fuego, para las negociaciones de límites entre Argentina y Chile de los años 1890, y la corbeta ARA Uruguay, buque señero en el desarrollo de la Antártida Argentina.

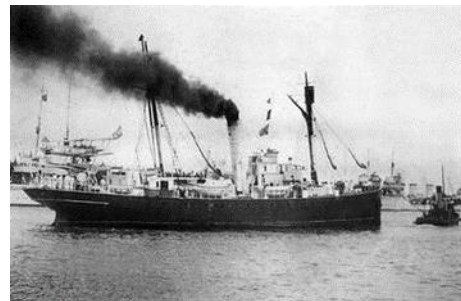


Figura 4. ARA 1ro de Mayo (1894), construido en los astilleros Dutruhsdorf, Kiel, Alemania.

OBSERVACIONES EN LA ISLA DE LOS ESTADOS

RESULTADOS DE LAS OBSERVACIONES HECHAS EN LA ISLA DE LOS ESTADOS

EN EL MES DE JULIO DE 1886

Bajo la direccion del Comandante D. Francisco G. Villarino

| FECHA | TEMPERATURA DEL AIRE | | | TEMPERATURA DEL MAR | | | HUMEDAD RELATIVA | | | VIENTO | | | NIEBLA, GRANIZO, NIEVE | | | PRESION Y FUERZA DEL VIENTO | | |
|-------|----------------------|------|------|---------------------|------|------|------------------|------|------|--------|------|------|------------------------|------|------|-----------------------------|------|------|
| | T.m. | T.n. | T.s. | T.m. | T.n. | T.s. | T.m. | T.n. | T.s. | T.m. | T.n. | T.s. | T.m. | T.n. | T.s. | T.m. | T.n. | T.s. |
| 1 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 2 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 3 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 4 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 5 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 6 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 7 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 8 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 9 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 10 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 11 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 12 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 13 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 14 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 15 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 16 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 17 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 18 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 19 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 20 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 21 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 22 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 23 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 24 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 25 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 26 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 27 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 28 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 29 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 30 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 31 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 32 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 33 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 34 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 35 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 36 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 37 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 38 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 39 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 40 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 41 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 42 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 43 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 44 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 45 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 46 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 47 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 48 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 49 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 50 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 51 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 52 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 53 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 54 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 55 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 56 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 57 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 58 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 59 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 60 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 61 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 62 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 63 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 64 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 65 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 66 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 67 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 68 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 69 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | 10 | 10 | 10 | 0 | 0 | 0 | 1010 | 1010 | 1010 |
| 70 | 20.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 18.5 | 75 | 75 | 75 | | | | | | | | | |



Figura 5 Imagen de 2 páginas del libro de navegación del ARA 1ro de Mayo, del 19 al 20 de marzo de 1899, navegando frente a la Isla de los Estados.

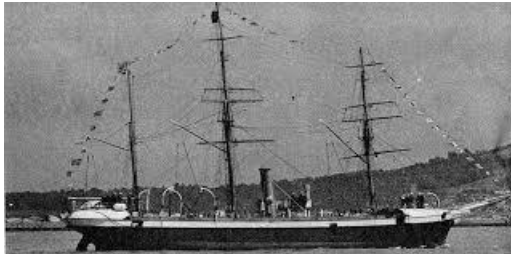


Figura 6. Corbeta ARA Uruguay (1872) construida en los astilleros CammellLaird, Birkenhead, Reino Unido.

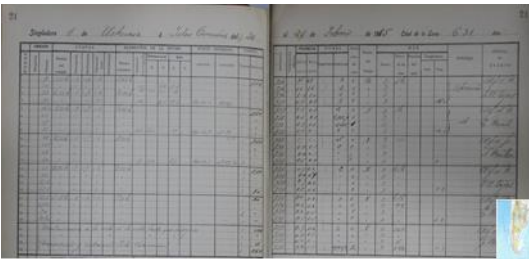


Figura 7. 2 páginas del libro de navegación del 20 al 21 de febrero de 1915, del ARA Uruguay, rumbo a las Is. Orcadas

Debido a la enorme cantidad de planillas y tablas de observaciones, a su vez cada una con por lo menos datos de temperatura, presión y vientos, con 3 observaciones diarias en el caso de estaciones en superficie, y datos horarios de aun más variables en el caso de los buques, la digitalización de los datos allí contenidos es una enorme tarea. Es necesario por los costos y los tiempos recurrir al sistema de voluntariado hoy conocido como ciudadanos científicos. En este contexto se desarrolló la página web del proyecto, dirigida a los ciudadanos científicos en el sitio [zooniverse.org](https://www.zooniverse.org), de la organización [CitizenScience.org](https://www.citizen-science.org). Se trata de una página web en

castellano y en inglés con el nombre de Meteororum ad ExtremumTerrae (Meteorología del fin del mundo), donde se presenta una breve reseña de la historia de la meteorología de la República Argentina, instrucciones para los ciudadanos científicos a través de work-flows o flujos de tarea (<https://www.zooniverse.org/projects/acre-ar/meteororum-ad-extremum-terrae>).

Es conveniente simplificar las tareas de los ciudadanos científicos para minimizar errores de transcripción durante la digitalización. Proyectos anteriores a ACRE AR, en Australia, Reino Unido, etc., optaron por presentar datos recortados de las imágenes, o bien columnas de una planilla, resaltadas, para su transcripción. Este formato presenta varias dificultades, no sólo para el ciudadano voluntario que no debe confundir números /letras/símbolos de distintos datos, sino también para los administradores del sitio que deben recortar a mano las imágenes, y después reconstruir manualmente las planillas de observaciones en formato Excel, ubicando correctamente cada observación.

Con el fin de simplificar la labor de los administradores del sitio se desarrolló como parte de ACRE AR el software RETINA, basado en inteligencia artificial que permite realizar el recorte de las grillas de observaciones presentes en las imágenes mediante el dibujo manual de las mismas sobre la imagen. El software automáticamente produce las sub-imágenes con una sola observación en ella, registrando la ubicación de la misma en la imagen original. Esta información acompaña en el sitio web de ACRE AR a cada fracción de imagen, información de posición que es automáticamente asignada al valor digitalizado por el voluntario científico. De esta forma en la fase de post-procesamiento de

las imágenes digitalizadas, las planillas originales, ahora en formato Excel son reconstruidas. Esto implica un importante ahorro de tiempo en el total del proceso de digitalización. RETINA es una importante innovación en el marco del programa ACRE internacional.

4. Algunos resultados preliminares del análisis de observaciones

Con las observaciones recuperadas de “La Abeja Argentina” correspondientes a las actividades del Dr. Manuel Moreno en la Ciudad de Buenos Aires entre 1821 y 1823, se realizó un primer estudio de calidad y comparativo de las mismas con el clima actual.

La Figura 8 presenta los registros de temperatura para dicho periodo. En la misma se puede observar, hacia fines de 1822 un valor muy distinto del resto de la serie, u “outlier”. El mismo corresponde a un error en la tabla de observaciones publicadas en “La Abeja Argentina”.

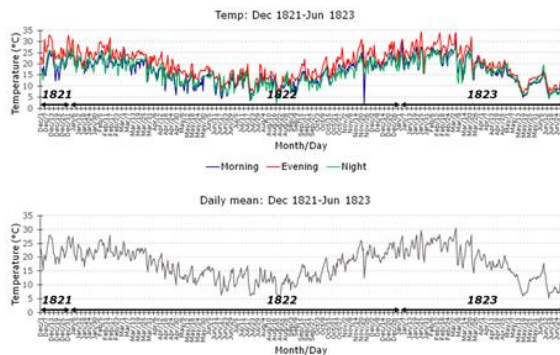


Figura 8. Evolución de las temperaturas T máximas (rojo) y mínimas(verde) y media diaria (gris) observadas por el Dr. Manuel Moreno en la Ciudad de Buenos Aires, entre 1821 y 1823

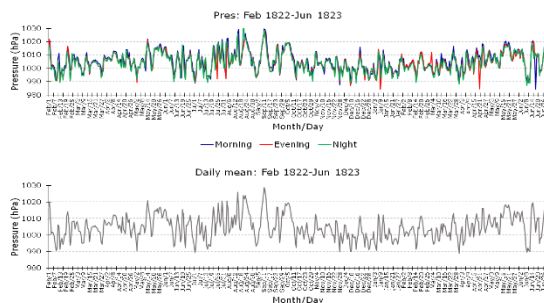


Figura 9. Evolución de la presión barométrica P medida a la mañana tarde y noche y el promedio diario, observadas por el Dr. Manuel Moreno en la Ciudad de Buenos Aires, entre 1821 y 1823

La figura 9 muestra la evolución de la presión barométrica donde se observan periodos durante 1822 con valores altos. Es necesario comparar estos valores de T y P con valores actuales medidos en el Observatorio Central Buenos Aires. La comparación con las series climáticas actuales del Observatorio Central Buenos Aires (Figura 10) presenta resultados que no son muy diferentes de los actuales. En ambos periodos hay meses con valores por debajo de los actuales, particularmente entre 1822 y 1823, entre 1 y 2°C. En el segundo periodo 1829-1830 se observa un invierno y primavera cálida durante el invierno y la primavera. En los meses previos del verano y otoño de 1830 los valores son en general similares o inferiores.

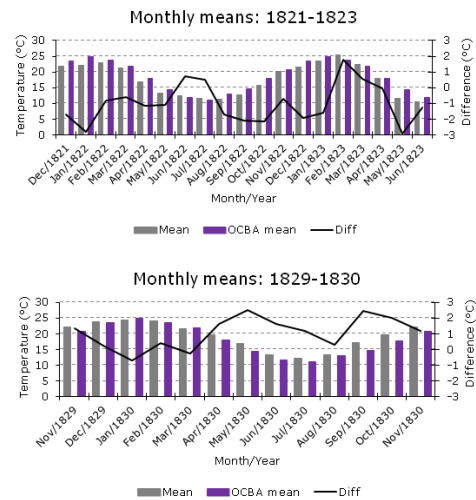


Figura 10. Valores medios mensuales de las observaciones del Dr. Manuel Moreno y observaciones mensuales 1829-1830 publicadas en el Censo Estadístico de la Provincia de Buenos Aires (gris), comparadas con las medias mensuales climáticas actuales (azul) del Observatorio Central Buenos Aires. La línea negra representa las diferencias entre las observaciones del siglo XIX y las actuales.

Los datos, considerando las limitaciones de las condiciones de observación en la primera mitad del siglo XIX, permitirían inferir algunas posibles

causas para estas diferencias. El periodo 1821-1823 corresponde al final de un periodo particularmente frío inducido por la erupción del volcán Tambora en 1815 (Raibley otros, 2016). Para las observaciones d 1829-1830, dada la diferencia a lo largo del año entre estas y la media climática actual la explicación probablemente pase por otro mecanismo. El estudio de los eventos El Niño-oscilación Sur (ENSO) han demostrado que en la región del Río de la Plata, la fase cálida del ENSO, El Niño, produce inviernos y primaveras más cálidas. Barrett y otros (2016) reconstruyeron la evolución anual del ENSO durante parte del siglo XIX (1815-1854) utilizando observaciones de buques. La serie indica la posible ocurrencia de un importante evento El Niño en ese año. La inspección de la serie sugiere también la potencial ocurrencia de un evento La Niña (frío) en 1822 o 1823 pero los valores del índice construido son sólo marginalmente positivos, no permitiendo confirmar esta hipótesis.

5. Conclusiones

Hemos presentado las actividades en curso del proyecto ACRE AR, parte del programa internacional ACRE de Data Rescue (rescate de datos) con participación ciudadana en curso en la UIDI, UTN-FRBA. Hemos podido corroborar la existencia en formato de valores mensuales, diarios y/o subdiarios de las observaciones meteorológicas realizadas en el territorio nacional a lo largo del siglo XIX, desde 1801 en adelante, observando la profesionalidad y la alta calidad de la labor realizada, considerando el estado del conocimiento internacional de ese entonces. Se ha podido determinar la existencia de observaciones meteorológicas y oceánicas de rutina a partir de mediados de década de 1890. Falta mucho todavía en el proceso de toma de imágenes y digitalización de observaciones en toda esta colección documentos de archivos históricos ya ubicados. Falta también el aporte de empresas y particulares para acceder a observaciones que realizaron observaciones por diversos motivos a lo largo del siglo XIX y buena parte del siglo XX. Es sabido que actividades como la minería, el agro y las empresas navieras, además de los ferrocarriles llevaron adelante

registros meteorológicos. Se deberá organizar una campaña de difusión, no sólo para promover el voluntariado de ciudadanos científicos sino también para que empresas y ciudadanos aporten observaciones meteorológicas en su poder.

En este proceso continuo estamos perfeccionando las formas de realizar la toma de imágenes y escaneo para asegurar por un lado la preservación de la información contenida en publicaciones cuadernos y libros de navegación. No sólo se resguardan observaciones de valor científico, también se resguarda material de referencia de valor histórico. El desarrollo del software RETINA es un hito importante para las tareas de Data Rescue en el país y el exterior.

La República Argentina tiene un valioso patrimonio científico histórico que puede perderse en cualquier momento como consecuencia de años de desidia en la conservación del patrimonio, falta de fondos y desinterés cultural y educativo. Debemos señalar que buena parte del material recuperado en formato digital se ubicó en bibliotecas y repositorios del exterior, en particular universidades e instituciones de EEUU y Europa, que conservan originales remitidos desde nuestro país cuando nos insertábamos, ya a finales del siglo XIX, en la comunidad científica y académica internacional. Otros corresponden a documentos que fueron robados y vendidos fuera del país, inclusive de archivos oficiales nacionales, provinciales o municipales durante décadas. En otras ocasiones no era posible acceder al material por políticas que complicaban o inclusive inhabilitaban el acceso a estos para fines científicos y académicos.

El futuro se construye en base al pasado y el presente. El estudio del clima no escapa a esta regla. No es posible entender los procesos del Cambio Climático que nos afectan y determinar las medidas para la mitigación y la adaptación a los cambios en curso si desconocemos cómo eran las condiciones climáticas y socio-ambientales anteriores.

6. Agradecimientos

Los autores agradecen el apoyo de ACRE y de sus autoridades y especialistas, los Dres. Rob Allan, Clive Wilkinson, Kevin Wood y Yuri Brugnara,

así como del Cap. Lic. Álvaro Scardilli, del Servicio Meteorológico de la Armada Argentina y autoridades y personal del Archivo General Naval. También agradecen el respaldo de la organización Meteorológica Mundial. ACRE AR agradece la financiación del programa Copernicus C3S de la Unión Europea, así como de la UTN mediante PIDMSUTNBA0004500.

7. Referencias

- [1] Camuffo, D., Bertolin, C., 2012. The earliest temperature observations in the world: the Medici Network (1654–1670). *Climatic Change* 111, 335–363 (2012). <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0142-5>
- [2] Camuffo D., C. Bertolin, P.D. Jones, R. Cornes, E. Garnier, 2010. The earliest daily barometric pressure readings in Italy: Pisa AD 1657-1658 and Modena AD 1694, and the weather over Europe, *The Holocene*, 20(3), 337-349, <https://doi.org/10.1177/0959683609351900>
- [3] Compo, G.P., J.S. Whitaker, P.D. Sardeshmukh, N. Matsui, R.J. Allan, X. Yin, B.E. Gleason, R.S. Vose, G. Rutledge, P. Bessemoulin, S. Brönnimann, M. Brunet, R.I. Crouthamel, A.N. Grant, P.Y. Groisman, P.D. Jones, M. Kruk, A.C. Kruger, G.J. Marshall, M. Maugeri, H.Y. Mok, Ø. Nordli, T.F. Ross, R.M. Trigo, X.L. Wang, S.D. Woodruff, and S.J. Worley, 2011. The Twentieth Century Reanalysis Project. *Quarterly J. Roy. Meteorol. Soc.*, 137, 1-28. <http://dx.doi.org/10.1002/qj.776>
- [4] Poli, P., H. Hersbach, D.P. Dee, 2016. ERA-20C: An Atmospheric Reanalysis of the Twentieth Century, *J. Clim.*, 29 (11), 4083-4097, <http://doi/10.1175/JCLI-D-15-0556.1>
- [5] Barrucand M., M.E. Zitto, R. Piotrkowski, P.O. Canziani, A. O'Neill, 2018. Historical SAM index time series: linear and nonlinear analysis, *Int. J. Climatol.*, 38, e1091 – e1106 <http://doi/10.1002/joc.5435>
- [6] Zitto, M.E., M. Barrucand, R. Piotrkowski, P.O. Canziani, 2015. 110 years of temperature observations at Orcadas Antarctic Station: Multidecadal variability, *Int. J. Climatol.*, 36(2), 809-812, <http://doi/10.1002/joc.4384>
- [7] Thorne, P.W. y 40 autores, 2017. Toward an Integrated Set of Surface Meteorological Observations for Climate Science and Applications, *Bull. Amer. Soc.*, 96(12), 2698-2702, <http://doi/10.1175/BAMS-D-16-0165.1>
- [8] Raible, C.C., Brönnimann, S., Auchmann, R., Brohan, P., Frölicher, T.L., Graf, H-F, Jones, P., Luterbacher, J., Muthers, S., Neukom, R., Robock, A., Self, S., Sudrajat, A., 2012. Wegmann C., Tambora 1815 as a test case for high impact volcanic eruptions: Earth system effects, *WIREs Clim. Change* 2016, 7:569–589. <http://doi/10.1002/wcc.407>
- [9] Barrett HG, Jones JM, Bigg GR (2016) Reconstructing El Niño Southern Oscillation using data from ships' logbooks, 1815–1854. Part I: methodology and evaluation. *Clim Dyn.*, 50, 845–862, doi:10.1007/s00382-017-3644-7