

El meteorólogo Luis Aldaz

EL PRIMER INVESTIGADOR ANTÁRTICO ESPAÑOL (1959-1965) (CAPÍTULO 1)

JUAN PÉREZ-RUBÍN FEIGL (CENTRO OCEANOGRÁFICO DE MÁLAGA, IEO)

Luis José Aldaz Isanta (1925-2019), licenciado en ciencias exactas y doctor en meteorología, se convirtió a sus 34 años en el primer español investigador en la Antártida, donde fue el responsable científico en dos estaciones norteamericanas durante tres campañas del periodo 1959-1965. Sobre sus investigaciones atmosféricas publicó al menos seis artículos en prestigiosas revistas internacionales y sus colegas estadounidenses mantuvieron su memoria: bautizando el “Monte Aldaz” en el sexto continente y, en el espacio, el asteroide “13004 Aldaz”¹.

En publicaciones nacionales de los años 1963 y 1964 ya se le reconocía el mérito de ser el primer investigador español en invernar en el Polo Sur geográfico. Sin embargo, actualmente es un desconocido en nuestro país, donde las publicaciones del siglo XXI generalmente se limitan a citarle como pionero de la meteorología polar, con la excepción de un valioso artículo, desde la óptica filatélica, que aporta datos biográficos y fotografías suyas (Barranco, 2009)². Completamos su biobibliografía y también recordaremos sus destacadas investigaciones meteorológicas en Brasil y en la provincia de Valladolid.

Introducción

En los Estados Unidos de Norteamérica trabajaban a finales de los años 50 prestigiosos científicos españoles, que tuvieron más visibilidad y reconocimiento internacional desde que en 1959 Severo Ochoa recibiera el premio Nobel. En la siguiente década de los 60 era crítica la situación de los investigadores en España, con muchos de ellos formados en el extranjero, y se denunciaba la “fuga de cerebros” nacionales, particularmente a EE.UU. (Gómez Gil, 1971)³. En ese contexto histórico se enmarcan los primeros años de la carrera profesional de Luis Aldaz, que incluyeron la jefatura científica durante tres campañas en las bases norteamericanas Byrd y Amundsen-Scott (1959-1965), esta última en el Polo Sur geográfico. Durante un año siguió sus pasos su amigo y colega investigador valenciano Manuel Puigcerver Zanón (1922-2020), que también disfrutaría de una estancia de especialización en la Universidad de Chicago, y durante todo el año 1961 fue director científico y meteorólogo en la base antártica chilena González Videla (Lorente, 2020)⁴.

En España el comienzo del interés público por la Antártida se remonta a la primera mitad de los años 1950. El médico Oriol Domenech, contratado por la Marina Argentina, se convirtió en 1953 en el pionero español invernante en la península Antártica (en la Base Cámara, a unos 3000 km del Polo Sur geográfico), aunque no consta que realizara ninguna investigación científica. Dos años después se crea en Barcelona la “Asociación Pro-Antártida”—motivada por intereses patrióticos, científicos y económicos— y el comité oficial del Año Geofísico Internacional,

con sede en París, acepta la propuesta de enviar una expedición española que se instalaría en la isla de Pedro I, en el mar de Bellingshausen, quedando pendientes la aprobación final del proyecto por el gobierno español y su financiación. Se mantuvieron las expectativas favorables en la multitudinaria reunión del Año Geofísico Internacional en Barcelona (1956), donde acudieron más de 100 delegados de 50 países, y al año siguiente estaba previsto que 11 o 12 naciones establecieran sus bases en la Antártida (Argentina, Australia, Chile, Francia, Japón, Nueva Zelanda, Noruega, la URSS, Reino Unido, Estados Unidos, Bélgica) y “quizás España” (UNESCO, 1957)⁵. Por ello en esta publicación, dejando abierta esa posibilidad, en la leyenda de su mapa se mostraban 12 banderas nacionales, incluyendo la española (Figura 1). Con la mayor concentración de las mismas en la península Antártica, próxima al continente americano, correspondientes a las respectivas estaciones de investigación, dedicadas principalmente a estudios meteorológicos. Entre las diferentes adiciones que hemos incorporado a ese mapa está el Monte Aldaz, con unos 2500 m de altura, que aparece habitualmente en los mapas del área y documentado en los repertorios amplios como los de Headland (1989)⁶, Stewart (1990)⁷ y Alberts (1995)⁸.

La citada escasez de datos biográficos amplios sobre Luis Aldaz en la bibliografía española, con la excepción del citado artículo de Barranco (2009), contrasta con el vivo interés que sobre él mantienen los argentinos en sus publicaciones históricas sobre la Antártida, en numerosos artículos y libros como los de Margalot (2008)⁹ y Olezza (2006)¹⁰. Este último autor, amigo del meteorólogo español, valora su siempre incondicional colabora-

¹ El asteroide “13004 Aldaz” se descubrió el 15/IX/1982 por E. Bowell, en la Estación ‘Anderson Mesa’ del Observatorio Lowell, Arizona. NASA: Main-belt Asteroid “13004 Aldaz” (1982 RR). SPK-ID: 2013004 [https://ssd.jpl.nasa.gov/sbdb.cgi?sstr=13004]. Schmadel, L. D. (2012): *Dictionary of Minor Planet Names*. Ed. Springer (página 833).

² Barranco Tello, F. J. 2009: Luis Aldaz Isanta: pionero antártico español. *Correo Polar, Sociedad Española de Filatelia Polar*, vol. 2 (30): pp. 5-7.

³ Gómez Gil, 1971: ‘Cerebros’ Españoles en U.S.A. Plaza y Janés, Barcelona.

⁴ Lorente, J. 2020: “In Memoriam”: Prof. Manuel Puigcerver. *Revista Tiempo y Clima*, 67: p. 47.

⁵ UNESCO. 1957: The flag of science on the 6 th continent. *The UNESCO Courier*, 9: 9.

⁶ Headland, R. 1989: *Chronological list of Antarctic expeditions and related historical events*. Cambridge University Press.

⁷ Stewart, J. 1990: *Antarctica: An Encyclopedia*, vol. 1.

⁸ Alberts, F. G (ed.) 1995: *Geographic names of the Antarctic. Names approved by the United States Boards on Geographic Names*. National Science Foundation.

⁹ Margalot, P. F. 2008: *Primeros Argentinos en el Polo Sur*. Servicio de Hidrografía Naval, 408 pp.

¹⁰ Olezza, M. L. 2006: *El valor del Miedo*. Asociación de Amigos de la Biblioteca Nacional de Aeronáutica (Buenos Aires, Argentina). Dirección de Estudios Históricos.

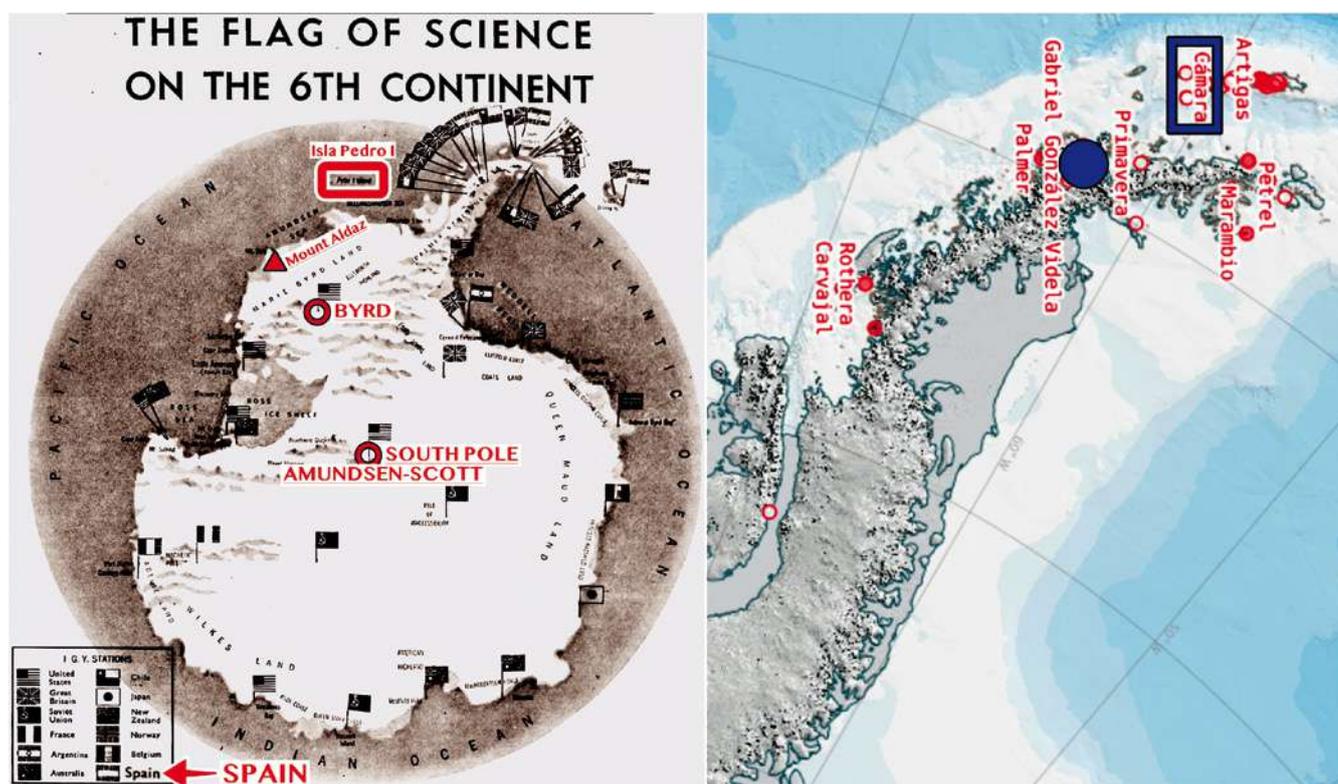


Figura 1. Izquierda: Mapa base del continente antártico con la leyenda de las estaciones del Año Geofísico Internacional (IGY) incluyendo, provisionalmente, la “bandera de la ciencia” de España (flecha roja) (UNESCO, 1957); completado con las ubicaciones (en rojo) de: la isla Pedro I (rectángulo), ‘Mount Aldaz’ (triángulo) y las bases norteamericanas Byrd y Amundsen-Scott/South Pole (círculos). Derecha: Detalle de la península Antártica, destacando (en azul) la base argentina Cámara (rectángulo, invernada de O. Domenech en 1953) y la chilena G. González Videla (punto, donde investigó M. Puigcerver durante 1961) [Cartografía: Antarctic Digital Database Map Viewer, <https://www.add.scar.org/>]

ción con los expedicionarios argentinos y le describe físicamente, cuando ya tenía la experiencia de un trienio antártico y les recibe recién llegados en avión:

“Entre los hombres que nos esperaban en la pista estaba Luis Aldaz. Un español-norteamericano, también un poco argentino, que merece un párrafo aparte.

Desproporcionadamente alto, muy delgado. Su barba enmarcaba apenas el mentón alargado y parte de las mejillas. Cabellos largos, negros... y dentro de su cabeza escondía (es una forma de decir) una cantidad de ideas, de conocimientos en varios idiomas que traducía en palabras, en cataratas de palabras. Pupilas profundas, oscuras, fuertes, sinceras... Si quisiéramos representar al Quijote, así, en carne y hueso, real, allí tendríamos al exacto ‘caballero de la triste figura’, pero alegre, muy alegre. Luis Aldaz, tres años en el Polo Sur, jefe científico, el que ayudó a nuestros marinos en 1962, el que nos ayudó a nosotros, el que ayuda siempre” (Olezza, 2006: p. 227).

Conviene aclarar un par de detalles. Durante el verano austral el continente antártico tiene un área equivalente a unas 28 Españas (14.2 millones de km²) y en los meses invernales dobla su tamaño, debido a la congelación del mar adyacente y la formación de la banquisa con el conjunto de placas de hielo flotantes. La mayoría de los científicos en las bases antárticas eran, y son actualmente, del tipo “veraneante”: con estancias reducidas a unos 4 meses del verano austral, de noviembre a febrero, cuando el tiempo atmosférico (con temperaturas en torno a los -22 °C) permite realizar expediciones exploratorias y los buques pueden acercarse a aguas más costeras.

Luis Aldaz fue de los “invernantes”, con estancias superiores a 12 meses en cada campaña, y por ello, en el año 1965 ya era un expedicionario veterano en meteorología antártica. Permaneció en el polo un total aproximado de 40 meses como jefe científico responsable directo de los programas meteorológicos en dos estaciones norteamericanas: Byrd (1959-1960) y Amundsen-Scott/Polo Sur (1961-1962 y 1964-1965), con la jefatura militar a cargo de un médico de la Marina. En esa última estación del Polo Sur geográfico, ubicada a unos 3000 km de las concurridas bases de la península Antártica, las temperaturas medias anuales registradas en el exterior fueron de -49 °C.

Datos familiares

El matrimonio formado por Luis Francisco Aldaz Subirana (Madrid, 1896-1976, Lérida), topógrafo del Instituto Geográfico y Catastral, y Concepción Isanta Llobet (n. Solsona, Lérida-1934, Madrid) tuvo tres hijos nacidos en Madrid: nuestro biografiado Luis (3/VIII/1925-12/X/2019, Las Cruces, Nuevo México), Juan y Fernando. La madre falleció de una neumonía cuando los niños eran pequeños y la familia se amplió años después cuando el padre se casó con Elena Merás, que tenía una hija de otro matrimonio (Elena García-Parra).

Tuvieron el domicilio familiar en la madrileña calle Padilla y a esa dirección enviaba Luis Aldaz su correspondencia desde la Antártida (Figura 2). Los tres hermanos Aldaz Isanta terminaron sus carreras universitarias: Luis ciencias exactas, Juan económicas¹¹ y Fernando ingeniería de montes¹².

¹¹ Juan Emilio Aldaz Isanta (1928-2019), actuario y economista en Madrid, trabajó en la Dirección General de Seguros, inicialmente como director del Centro de Estudios de Seguros y más tarde como parte del Gabinete de Estudios y Relaciones Internacionales, asistiendo a los grupos de trabajo del Consejo de la Unión Europea encargados de elaborar proyectos de disposiciones comunitarias sobre armonización legislativa de los seguros (Elvira Aldaz Mezcuca, comunicación personal).

¹² Fernando Aldaz Isanta (1932-2017), ingeniero de Montes destinado en Lérida, trabajó en el Instituto para la Conservación de la Naturaleza (ICONA). Cuando las competencias fueron transferidas a las Comunidades Autónomas, se incorporó a los servicios territoriales de Medio Natural en Lérida (Natalia Aldaz Ibáñez, comunicación personal).

El meteorólogo Luis Aldaz

EL PRIMER INVESTIGADOR ANTÁRTICO ESPAÑOL (1959-1965)



Figura 2. Arriba: La familia Aldaz en los años 50 en su domicilio de Madrid. El padre (Luis Aldaz Subirana) con su segunda esposa (Elena Merás) y su hija, junto con los hijos del primer matrimonio: Luis Aldaz Isanta (con gafas), Juan (de perfil) y Fernando (a la derecha de su padre) [Foto cedida por Elvira Aldaz Mezcua]. Abajo: Sobre franqueado en la Antártida por Luis Aldaz (su firma arriba a la izquierda) con la carta dirigida a su padre desde la estadounidense Estación Byrd, con el matasellos del 29/XI/1960 [Fuente: Francisco Barranco Tello, colección particular].

el estado de Massachusetts, EE.UU. Se casó y en 1958 tuvo a su primer hijo (Jean-Louis Aldaz, más tarde conocido como John), que falleció de cáncer en 2019 en Los Ángeles, California. Desde la década de los años 60 vivió en Nuevo México, aunque durante los años finales se trasladó a Brasil. Su segundo matrimonio fue con una profesora universitaria e hispanista húngara (Anna-Marie Aldaz, Budapest, 1944-2018, Las Cruces, Nuevo México) con quien tuvo a su segundo y último hijo: Gabriel, nacido en agosto de 1973 en Albuquerque, residente en Palo Alto (California), hasta su reciente traslado a Europa. Este hijo nos ha confirmado que su padre disfrutó de buena salud durante muchos años y falleció a los 94 años (Gabriel Aldaz, comunicación personal).

En mayo de 1963, cuando Luis Aldaz estaba en España de vacaciones con su familia, el diario madrileño ABC publicó una interesante y extensa entrevista, titulada: “De la calle madrileña de Padilla al Polo Sur. Vida, aventura y trance de un muchacho que quiso ser lo que soñó”¹³, cuando ya había sido dos veces jefe científico en un par de estaciones norteamericanas. El periodista ya le reconoció como pionero en la meteorología antártica y le describió como un hombre “risueño, de fácil y amena palabra, más gestero que rígido el rostro, de manos explicadoras”. Cinco años después, nuevamente de paso por España, aprovechando una gira de conferencias y congresos por Europa, visitó a familiares y amigos, entre ellos en Murcia a un antiguo colega en el Servicio Meteorológico Nacional, F. Saura, según este: “viejo amigo y compañero tan recordado y apreciado por los meteorólogos y aviadores que le conocen” (Saura, 1968)¹⁴.

Como describiremos más abajo, por sus diferentes destinos profesionales vivió y viajó por diferentes países. En 1950 fijó su residencia provisionalmente en Puerto Rico, volvió a vivir en España durante 1954-1957 y en ese último año se instaló en

Evolución de su carrera profesional

En 1945, con 20 años, comenzó Aldaz su carrera en el Servicio Meteorológico Nacional en la escala técnica, como “ayudante de meteorología” junto con otros tres compañeros¹⁵. Cuatro años después consiguió su plaza en la escala facultativa de meteorólogos (junio de 1949), tras superar el curso preceptivo¹⁶. Situación administrativa confirmada al año siguiente (junto con Antonio Carrasco y Felipe Saura), con la categoría administrativa equiparada a la de Jefe de Negociado de 2ª clase. Se editaron en Madrid, con mimeógrafo o ciclostil, unos *Apuntes de meteorología ajustados al programa de la oposición a Ayudantes de Meteorología* (1949), firmados por L. Aldaz Isanta, F. Saura Hidalgo y J. Sánchez Rodríguez (“licenciados en ciencias y ayudantes de Meteorología”).

De su paso como alumno por la extinguida Academia de Aviación de León, del Ejército del Aire, mantuvo durante toda su vida un gran interés por la navegación aérea. Publicó un artículo sobre la decisiva importancia de la predicción meteo-

¹³ Armiñan, L. de. 1963: De la calle madrileña de Padilla al Polo Sur. Vida, aventura y trance de un muchacho que quiso ser lo que soñó. ABC, 15/V/1963, pp. 25-27.

¹⁴ Saura, F. 1968: Noticias del Servicio Meteorológico Nacional. Boletín AME, 2 (6): p. 32.

¹⁵ Orden del 1/VII/1945 (nombrados ayudantes de meteorología: Felipe Saura Hidalgo, Jesús Reizábal Mateo, Antonio Carrasco Andreu y Luis Aldaz Isanta (Boletín Oficial del Ministerio del Aire, 13/VII/1950, nº 77: p. 435).

¹⁶ Siendo funcionario del Ministerio del Aire, para ascender de categoría tuvo que volver a opositar tres años después y superar el preceptivo curso de formación (R. O. 19/VII/1948). Fue nombrado meteorólogo el 3/VI/1949 (junto con otros 13 compañeros: jefe de negociado de 3ª clase, con asimilación militar de teniente). Él y otros dos (Julián Sánchez y Felipe Saura) tuvieron en la anterior escala la categoría administrativa de Jefe de negociado de 2ª clase, con asimilación militar de capitán (Boletín Oficial del Ministerio del Aire, 4/VI/1949, nº 65: p. 355). En esa década de 1950, como señaló un compañero de promoción: “se recibían los partes cifrados por radio en el sistema Morse y se hacían a mano las rutas aéreas y los mapas sinópticos. Luego vinieron el teletipo y el facsímil [...]” (García de Pedraza L. (1995): ‘Bodas de oro’ (1945-1995) en las diversas escalas del SMN. Tiempo y Clima. Revista de Meteorología, Vol 4 (18-19): p. 37.

rológica en los planes para operaciones militares combinadas en gran escala, tanto en su parte estratégica como en la táctica (Aldaz, 1951)¹⁷.

Como adelantamos, en 1950 Aldaz había emigrado de España a Puerto Rico, donde investigó durante dos años en meteorología tropical en el Instituto de la especialidad de Río Piedras y fue profesor en la Universidad de la misma ciudad. En 1952 se trasladó a los Estados Unidos, ampliando sus estudios de matemáticas en la Universidad de Chicago (Illinois) y se graduó como “master” en meteorología. Volvió a residir en España (1954-1957), hasta que regresó ese último año a EE.UU., estudiando en el departamento de Meteorología del Massachusetts Institute of Technology. Participó en el proyecto *Measurement of drop size distribution and liquid water content in natural clouds*, y al menos publicó una monografía sobre el tema (Aldaz-Isanta & Keily, 1957)¹⁸. Seguidamente se incorporó como jefe al Observatorio Mount Washington, en New Hampshire.

Sus investigaciones en la Antártida comenzaron en noviembre de 1959 (con su filiación meteorológica oficial española) y finalizarían en 1965. En esa década de los años 60 trabajó en el Departamento de Física y Astronomía de la Universidad de Nuevo México (Albuquerque), desde donde viaja a Europa y acude a congresos e imparte conferencias meteorológicas: al menos desde 1963, en Oslo y en Bruselas. Años después su amigo y colega Saura (1968) concretaba su especialidad científica hasta ese año: destacaba “especialmente en la física de nubes y precipitaciones, y en los estudios sobre el ozono de la capa de aire inmediata a la superficie, donde Aldaz es una autoridad mundialmente conocida”.

Publica en prestigiosas revistas internacionales seis valiosos artículos sobre sus investigaciones atmosféricas en la Antártida (5) y en Albuquerque, Nuevo México (1). Contribuciones no registradas en el libro clásico de Huerta (1984)¹⁹, son trabajos de gran interés científico que se publicaron durante 1965-1969 y siguen siendo citados actualmente²⁰. La mitad de ellos firmados en solitario, sobre el ozono y la radioactividad superficiales (Aldaz, 1965²¹, 1967²², 1969²³). Los restantes en

coautoría con tres colegas, pertenecientes a su propio departamento universitario de Física y Astronomía en Albuquerque (Victor H. Regener), y al Service de Géologie et Géochimie Nucléaires de la Universidad de Bruselas (S. Deutsch y E. Picciotto). Las especialidades de estos artículos en coautoría fueron en relación a la ratio de los isótopos de oxígeno en la Antártida (Picciotto, Deutsch & Aldaz, 1966²⁴; Aldaz & Deutsch, 1967²⁵) y sobre las mediciones de ozono registradas en Albuquerque (Regener & Aldaz, 1969²⁶). Sus trabajos de campo incluyeron la recogida de muestras superficiales de nieve y profundas del estrato de “firn”, próximo al hielo glacial.

Finalizadas sus campañas antárticas, desde finales de esa década de 1960 trasladó su residencia a Brasil, donde fue experto de la Organización Meteorológica Mundial (OMM o WMO en sus siglas inglesas) en investigaciones sobre predicción de inundaciones y sequías en el noreste de ese país. Durante el año 1969 fue el supervisor en los trabajos prácticos de un seminario brasileño en Campinas sobre “Análisis y predicción del tiempo en los trópicos”, durante el cual se eligieron dos períodos muy interesantes (en los meses de octubre de 1967 y 1968), con una cobertura completa de satélites sobre Sudamérica y América Central y con datos que incluían imágenes de formaciones de nubes y datos de viento en el nivel de los 200 mb. Fue un valioso precedente para demostrar la utilidad de impulsar las investigaciones tropicales al sur del ecuador (Anónimo, 1970)²⁷. Trabajó en el Centro de Estudios Meteorológicos de Río de Janeiro y publicó en su serie editorial al menos tres extensas monografías²⁸ sobre diferentes aspectos, que desarrollaría posteriormente para la preparación de su futura tesis doctoral. Sus actividades de trabajo de campo se extendieron a la República Dominicana en 1976, durante el proyecto de gran escala para el desarrollo de su Servicio Meteorológico, finalizando la instalación de modernos equipos suministrados por el Programa de Desarrollo de Naciones Unidas (UNDP)²⁹.

Después de muchos años en el extranjero, Aldaz regresó al Servicio Meteorológico español en julio de 1979, como jefe del negociado de Predicción en el Centro Meteorológico Zonal de

¹⁷ Aldaz, L. 1951: Las operaciones combinadas y la meteorología. *Revista de Aeronáutica*, 127: 475-477. Afirmaba que “Corresponde al meteorólogo facilitar la información mas exacta posible sobre las probables condiciones meteorológicas en la futura zona de combate, con una anticipación que rebasa en mucho los períodos de previsión normales”. Para la aplicación práctica del método propuesto tomó como ejemplo de referencia a la isla japonesa de Hokkaido, y demostró su utilidad “para evaluar empíricamente” los efectos de las masas de aire y de la topografía en sus aspectos locales y en pequeña escala”. Aunque reconocía que su aplicación práctica en España era muy difícil, principalmente por el diferente influjo que ejerce regionalmente la tan variada orografía del país, en la nubosidad baja y en las lluvias.

¹⁸ Aldaz-Isanta, L. & Keily D. P. 1957: An airborne cloud drop impactor. *Scientific Report*, 3: 31 pp.

¹⁹ Huerta López, F. 1984: *Bibliografía meteorológica española*. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid.

²⁰ <https://ui.adsabs.harvard.edu/>

<https://www.semanticscholar.org/author/L.-Aldaz/50485147>

²¹ Aldaz, L. 1965: Atmospheric ozone in Antarctica. *Journal of Geophysical Research*, 70 (8): 1767-1773.

²² Aldaz, L. 1967: Surface Air Radioactivity and Ozone at Amundsen-Scott Station (90° S.), Antarctica. *Nature*, 215: 722-723.

²³ Aldaz, L. 1969: Flux measurements of atmospheric ozone over land and water. *Journal of Geophysical Research*, 74: 6943-6946.

²⁴ Picciotto, E., Deutsch, S. & Aldaz, L. 1966: The summer 1957-1958 at the South Pole an example of an unusual meteorological event recorded by the oxygen isotope ratios in the firn. *Earth and Planetary Science Letters*, 1: 202-204.

²⁵ Aldaz, L. & Deutsch, S. 1967: On a relationship between air temperature and oxygen isotope ratio of snow and firn in the south pole region. *Earth and Planetary Science Letters*, 3: 267-274.

²⁶ Regener, V. H. & Aldaz, L. 1969: Turbulent transport near the ground as determined from measurements of the ozone flux and the ozone gradient. *Journal of Geophysical Research*, 74: 6935-6942.

²⁷ Anónimo. 1970: Análisis y predicción del tiempo en los trópicos. Seminario regional en Campinas, Brasil. *Boletín de la OMM*, 19 (1): 52-55.

²⁸ Aldaz, L. 1971: A partial characterization of the rainfall regime of Brazil. *Publicación Técnica* n° 4. 84 pp.

Aldaz, L. 1971: Meteorological conditions accompanying the Alagoas floods of March 10-20, 1969. *Publicación Técnica* n° 5. 136 pp.

Aldaz, L. 1972: Some meteorological aspects of northeastern Brazil's rain regime in reference to the 'sêca' phenomenon. *Publicación Técnica* n° 10. 149 pp.

²⁹ Anónimo. 1976: República Dominicana. *WMO Bulletin (World Meteorological Organization)*, 25 (2): p. 126.

El meteorólogo Luis Aldaz

EL PRIMER INVESTIGADOR ANTÁRTICO ESPAÑOL (1959-1965)

Badajoz³⁰, y continuó publicando hasta el año 1983, cuando solicita su excedencia poco antes de su jubilación. En esta última etapa laboral publicó: *Investigación estadística de un régimen pluviométrico* (Aldaz & Ballester, 1979³¹), *Clasificación de periodos lluviosos según la forma de su traza en una banda de pluviógrafo* (Aldaz & Ballester, 1983³²); así como dos textos divulgativos: *Observando el tiempo desde el espacio* (Aldaz, 1982a)³³ y *La meteorología y la economía* (Aldaz, 1982b)³⁴.

Su mayor contribución a la meteorología en esa etapa final de su carrera la desarrolló cuando lideró el Proyecto de Intensificación de la Precipitación (PIP) de la OMM, que se implementó con tres campañas de campo durante 1979-1981 en un área de Valladolid, estableciéndose el centro de operaciones en Villanubla (Figura 3). En enero de 1979 se firmó el acuerdo sobre el proyecto entre la OMM, el gobierno español y otros estados miembros de la OMM participantes en el experimento³⁵. Veinticinco años después se revalorizaron los logros conseguidos en ese ambicioso proyecto internacional, cuyo desarrollo significó un gran reto para el Instituto Nacional de Meteorología (INM) de la época y un hito para la historia meteorológica española (Rodríguez Camino, 2005a³⁶). Según ese autor participaron una

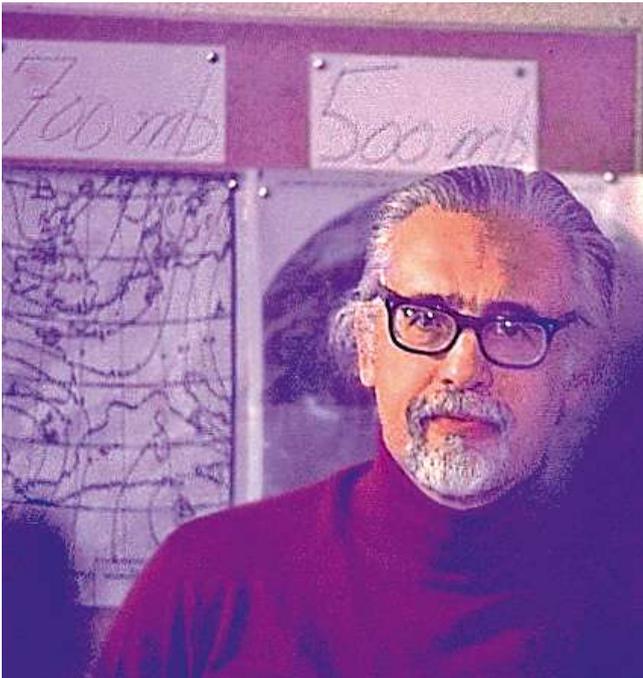


Figura 3. Luis Aldaz en un “briefing” durante el proyecto PIP en Valladolid, España (1979-1981) [Fuente: Rodríguez Camino (2005a)].

decena de países (entre ellos EE.UU., URSS, Francia, Canadá y Brasil) con más de un centenar de expertos y con avanzados equipos técnicos, incluyendo la “utilización de aviones dotados de instrumentación altamente sofisticada para medir los distintos parámetros nubosos, el uso de herramientas de teledetección, la introducción de equipos de radiosondeo cada vez más automatizados, los ‘briefings’ que reunían un par de veces al día a todos los equipos participantes, etc.”. En la reunión internacional del 2005 en Valladolid “muchos de los participantes –sobre todo los procedentes del INM– evocaron la figura de Luis Aldaz Isanta, que fue unánimemente reconocido como el alma mater de la contribución española al proyecto. El entusiasmo y energía que puso Luis Aldaz en el PIP contribuyó grandemente al éxito del proyecto”. Para conocer la evolución de los modelos numéricos de predicción meteorológica en el INM durante ese período (1980-2005) véase la presentación de Rodríguez Camino (2005b)³⁷.

Durante las mencionadas campañas de campo del PIP varios periódicos nacionales publicaron noticias del proyecto, con gran expectación por la posibilidad de generar la “lluvia artificial”, e incluso la televisión española le dedicó uno de los programas de debate de “La Clave”, dirigido por Luis Balbín (9/VIII/1980), con la participación de: Luis Aldaz “del Proyecto de Intensificación de Precipitaciones”, el director del Instituto Nacional de Meteorología (Ángel González Rivero), el secretario de Medio Ambiente de Brasil (Paolo Nogueira), un catedrático de física nuclear (Carlos Sánchez del Río), un meteorólogo de la OMM (Jan Rasmussen) y el físico Miguel Ballester.

Un trienio después Aldaz defendió su tesis doctoral en la Universidad Complutense de Madrid (1983), titulada: “Aplicación del concepto de interacción de escalas temporales al fenómeno de las sequías extremas en el nordeste del Brasil”³⁸, dirigida por el citado Miguel Ballester Cruellas (1919-2008), cuando era catedrático de Física del Aire en la Universidad de Palma de Mallorca (también fue subdirector del INM y director del departamento de Física del Aire y Geofísica en la Complutense).

A finales de ese año, teniendo su jubilación cercana, solicitaría en noviembre de 1983 su excedencia del INM, según le comentó por carta a su querido profesor Francisco Morán Samaniego (1901-1984), del que se despidió con esta frase: “Ya sabe que le tengo ese afecto, tan especial, mezcla de admiración y envidia, que se siente hacia los Maestros, con mayúsculas, que dejaron huella al cruzar nuestras vidas” (Manuel Palomares, comunicación personal).

Nota: En el siguiente capítulo nos centraremos en sus expediciones antárticas.

³⁰ Boletín Oficial del Estado nº 172, 19/VII/1979: p. 16775. Resolución del concurso de méritos para la provisión de puestos de trabajo en los servicios periféricos del INM. En ese Centro Meteorológico de Badajoz tuvo como compañeros a otros meteorólogos jefes (Rafael Azcárraga y Adolfo Marroquín).

³¹ Aldaz, L. y Ballester, M. 1979: Investigación estadística de un régimen pluviométrico. IIIª Asamblea Nacional de Geodesia y Geofísica, vol. II. Comunicaciones, Comisión Nacional de Geodesia y Geofísica, Madrid: 931-937.

³² Aldaz, L. 1983: Clasificación de periodos lluviosos según la forma de su traza en una banda de pluviógrafo (análisis Clamor). *Revista de Meteorología*, vol. 3 (2): 9-65.

³³ Aldaz, L. 1982. *Observando el tiempo desde el espacio*. Publicación Serie A-81. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid. 16 pp.

³⁴ Aldaz, L. 1982: *La meteorología y la economía*. En: *Meteorología, Sociedad y Periodismo*. Ministerio de Transportes, Turismo y Comunicaciones. Conferencias pronunciadas durante el simposio celebrado en Madrid los días 15, 16 y 17 de diciembre de 1980. Instituto Nacional de Meteorología, Madrid: 129-138.

³⁵ BOE nº 38 (13/II/1979): pp. 3729 a 3732.

³⁶ Rodríguez Camino, E. 2005a: Congresos: 25 años del P.I.P. *Boletín AME*, 9: 27-28.

³⁷ Rodríguez Camino, E. 2005b: 25 years of NWP at INM (1980-2005). En: http://www-das.uwyo.edu/~vali/pep_2005/e_rodriguez.pdf.

³⁸ <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=198703>

El meteorólogo Luis Aldaz

EL PRIMER INVESTIGADOR ANTÁRTICO ESPAÑOL (1959-1965) (CAPÍTULO 2)

JUAN PÉREZ-RUBÍN FEIGL (CENTRO OCEANOGRÁFICO DE MÁLAGA, IEO)

Las investigaciones antárticas

Finalizado el Año Geofísico Internacional, desde enero de 1959 EE.UU. puso en marcha un nuevo programa de investigación antártica (el USARP, en sus siglas originales), coordinado y administrado por la National Science Foundation. Durante el programa científico diseñado para 1960-1961 se desarrollaron múltiples disciplinas científicas (Hahn, 1961)¹. Pocos años después, en 1963, Aldaz impartió en la Real Sociedad Geográfica de Madrid una conferencia sobre sus experiencias en la Antártida, “ilustrada con preciosas vistas”, que se publicó al año siguiente

en su *Boletín* (Aldaz, 1964)², describiendo de primera mano el programa antártico estadounidense y con fotografías personales. En ese texto consideraba a la Antártida una “frontera científica internacional” y detallaba ese mencionado programa científico del USARP, en las secciones de: meteorología, física de la alta atmósfera, estudios especiales (CO₂, ozono y partículas radiactivas), glaciología, sismología, cartografía y geodesia, geología, biología y oceanografía. Esta última ciencia estaba rezagada pues afirmaba que “ahora son los océanos que rodean al continente los que son desconocidos”, añadiendo: “hoy el estudio científico, la exploración metódica, la medición objetiva son los motivos por los cuales los varios puñados de científicos aguantan los fríos, las ventiscas y los largos meses de noche invernal”. Pueden consultarse la gran variedad de instrumentos científicos empleados para las diferentes especialidades, hasta 1963, en un libro ruso traducido al inglés (Dubrovin y Petrov, 1971³).

Como ya adelantamos, durante el período 1959-1965 Luis Aldaz fue tres veces el jefe científico (el “SSL” en las siglas inglesas) en dos estaciones antárticas: Byrd (1959-1960) y Amundsen-Scott/South Pole (1961-1962 y 1964-1965). Comenzó incorporándose al programa “Deep Freeze 60”, que se ejecutó durante 1959-1960 en las cuatro estaciones estadounidenses de la época (Byrd, McMurdo, Amundsen-Scott/S.Pole y Hallett). Él mismo describió cómo fue reclutado para su primera campaña polar (1959-1960): “Leí un anuncio pidiendo gente para ir a la Antártida, y presenté mi solicitud. Después de unos exámenes físicos y psicológicos durísimos, hice un curso de entrenamiento de asuntos polares durante cinco meses”⁴. Se repetirían los exámenes y entrenamientos previos para sus siguientes campañas.

Su estancia en esa primera Estación Byrd, desde noviembre de 1959, está bien documentada con una interesante conferencia del glaciólogo Henry Brecher impartida en el Centro de Investigación Polar de la Universidad de Ohio en 2016: “Byrd Station Antarctica (1959-1961)”⁵. Aldaz, como jefe científico, coordinó las actividades de otros cinco colegas meteorólogos y de seis investigadores especializados en diferentes campos (Figuras 4 y 5). En un informe oficial sobre los equipos “invernantes” en el *Deep Freeze-60* en esa Estación se le encuadra en la “Scientific Party-11” como meteorólogo de España (“Luis Aldaz: meteorologist, Madrid, Spain”), responsable del equipo formado por: “Auroral technician, geomagnetist, ionospheric physicists (2), meteorologist (4), meteorological electronics technician, seismologist, traverse engineer” (Anónimo, 1960)⁶.

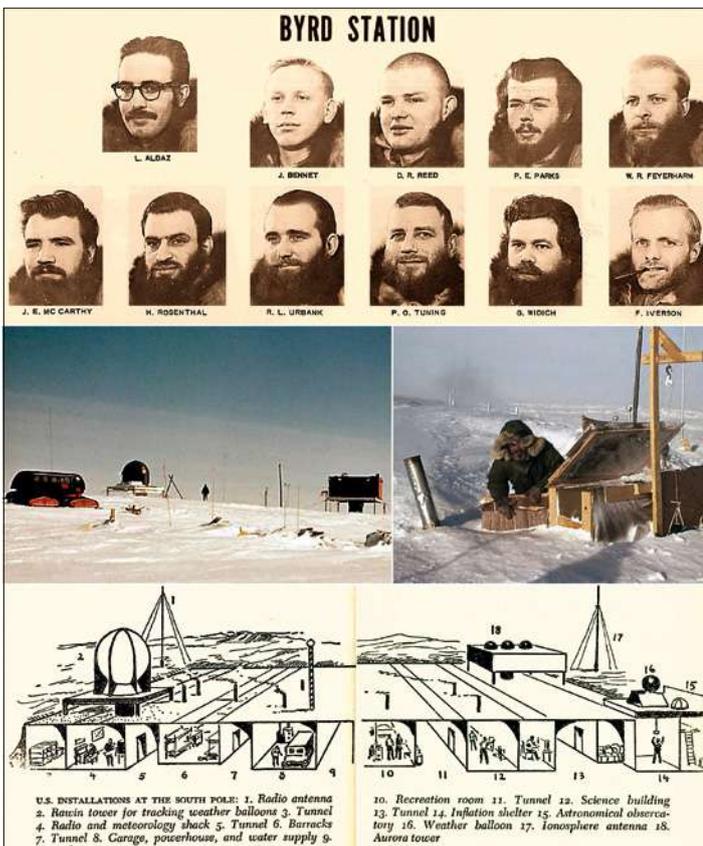


Figura 4: La Estación Byrd en el invierno de 1959-1960. Superior: el equipo científico liderado por Luis Aldaz [Fuente: Marble (1960)]⁷. Media: aspecto exterior de la estación con un gran vehículo “oruga” para los desplazamientos, y un expedicionario asomándose al exterior [Fuente: Byrd Center. The Ohio State University]⁸. Inferior: esquema general de las infraestructuras en superficie y bajo el hielo [Fuente: Strong (1959)]⁹.

¹ Hahn, J. S. (editor). 1961: *Operation Deep Freeze 61. Task Force 43*. 225 pp.

² Aldaz, L. 1964: La Antártida hoy. *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, 100: 87-113.

³ Dubrovin, L. I. y Petrov, V. N. 1971: *Scientific Stations in Antarctica, 1882-1963*. [Traducción del ruso]. National Science Foundation, Polar Information Service, Washington. [Incluye tablas y relación detallada de los principales instrumentos científicos (páginas 293-294)].

⁴ Armiñan, L. de. 1963: *De la calle madrileña de Padilla al Polo Sur. Vida, aventura y trance de un muchacho que quiso ser lo que soñó*. ABC, 15/V/1963, pp. 25-27.

⁵ *Byrd Polar and Climate Research Center* (The Ohio State University). Vídeo disponible en: <https://www.youtube.com/watch?v=4LVgGUjibwQ>.

⁶ Anónimo. 1960: *Deep Freeze-60. Bulletin U. S. Antarctic Projects Officer*, 1(9), mayo 1960.

⁷ Marble, M. E.(ed). 1960: *Deep Freeze 60. Wintering over 1959-1960. Antarctic Support Activity*. The Cruise Book Firm, Boston. 138 pp.

⁸ *Byrd Polar and Climate Research Center Archival Program*. Colección de Henry H. Brecher [https://library.osu.edu]. Imágenes mejoradas a posteriori por el autor aplicando un enfoque selectivo.

⁹ Strong, Ch. S. 1959: *The real book about the Antarctic*. Nueva York. 192 pp.

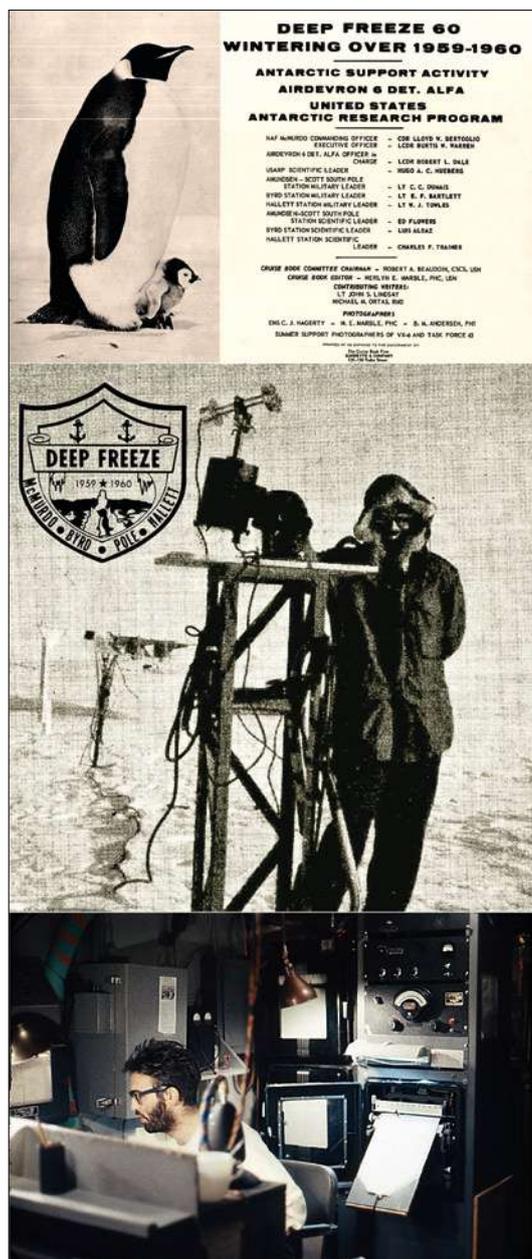


Figura 5: Luis Aldaz en la Estación Byrd, incluida en el Programa “Deep Freeze 60” ejecutado durante 1959-1960. Superior: portada de una publicación oficial estadounidense (Marble (1960)¹⁰, indicando la jefatura científica del meteorólogo español. Media: En una estación meteorológica (13/XII/1959) dotada de: “pirheliómetro de incidencia normal con filtros, radiómetros y apply-pirheliómetros: normal, hacia arriba y hacia abajo” [Fuente: Aldaz (1964), con el logo ‘Deep Freeze’ añadido]. Inferior: Aldaz en el proceso de seguimiento del globosonda (“with balloon tracking recorders”) [Fuente: Byrd Center. The Ohio State University¹¹].

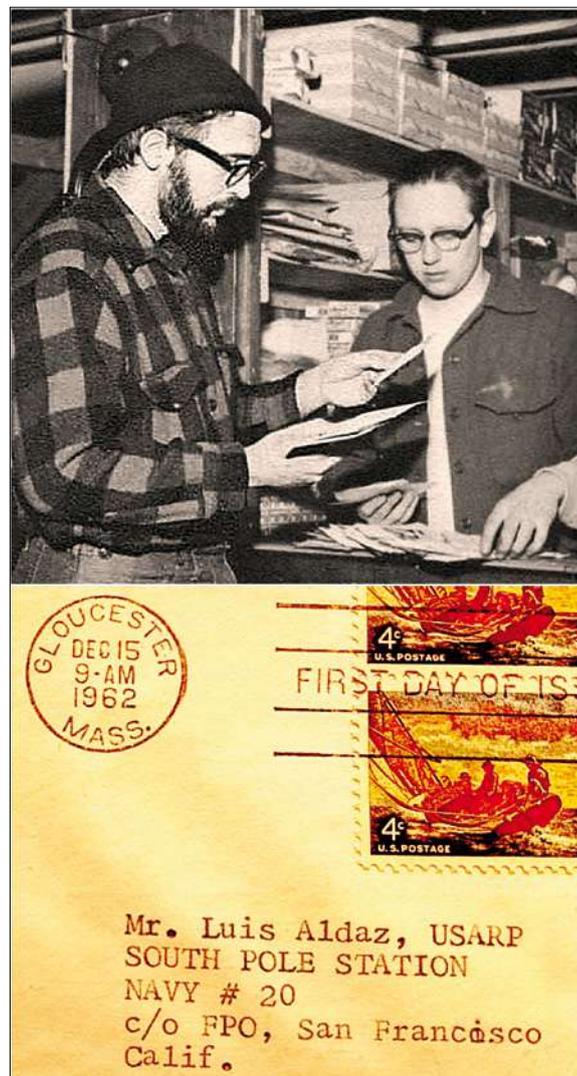


Figura 6. El correo antártico (años 1960 y 1962). Superior: Luis Aldaz recogiendo su correspondencia en la Estación Byrd durante la “Deep Freeze 60” [Fuente: Marble (1960)¹²]. Inferior: sector de un sobre enviado desde EE.UU. a Luis Aldaz en la Estación Polo Sur, matasellado el 15/XII/1962 (Fuente: Gabriel Aldaz, colección particular).

Durante la primera campaña en la *Amundsen-Scott* (1961-1962), ya estaba excedente del Servicio Meteorológico español y miembro del norteamericano: el *US Weather Bureau*. Fue el jefe de meteorología encargado de todas las estaciones norteamericanas durante quince meses. Esta estación, en el Polo Sur geográfico, era más pequeña que la Byrd, con solo once barracones, y sufría las condiciones ambientales más extremas de las cinco bases norteamericanas existentes en 1962: ubicada a una altura de 2800 m, con unas temperaturas medias anuales en el exterior de -49.0 °C y “veraniegas” (diciembre-febrero) de -31.8 °C. Trabajaban al exterior en condiciones extremas: normalmente con un viento de 30 km/h y a -50 °C (“el aliento se hiela después de exhalado con un ruido muy característico” y se contraen los empastes metálicos en los dientes y pueden caerse). Por ahorro energético las duchas solo estaban permitidas cada diez días.

En esta campaña y en la anterior (Byrd 1959-1960) las estancias de Luis Aldaz en cada base duraron una media de 14 meses, 9 de los cuales en aislamiento del exterior: “en febrero despega el

último avión y quedamos 22 hombres bajo la nieve”, sometidos a un amplísimo rango de temperaturas: aumentando bruscamente desde unos -90 °C en el exterior, -35 °C en los corredores subterráneos y los +20 °C en los barracones, gracias a estufas de aceite. La tediosa rutina se rompía radicalmente el 21 de junio, cuando el sol alcanza la altitud norte máxima y ya podían salir todos los días afuera y revisar los instrumentos meteorológicos. Todos ansiaban la llegada de esa fecha también por ser “la fiesta nacional antártica, con grandes comilonas e intercambios de mensajes entre las estaciones”. La llegada del “primer avión con su carga de correo, alimentos frescos y nuevas caras produce la consiguiente alegría y desorden en la vida de la estación. Desde aquí hasta el día de salida definitiva la vida es cuesta abajo” (Figuras 6 y 7).

En el invierno austral de 1962 en la *Amundsen-Scott* los once civiles de la Estación eran científicos y técnicos, repartidos en las cuatro especialidades de: Meteorología (Aldaz y otros seis compañeros del *US. Weather Bureau*), “Ionospheric Physics” (dos del

¹⁰ Marble, M. E.(ed). 1960: *Deep Freeze 60. Wintering over 1959-1960. Antarctic Support Activity*. The Cruise Book Firm, Boston. 138 pp.

¹¹ Byrd Polar and Climate Research Center Archival Program. Colección de Henry H. Brecher [https://library.osu.edu]. Imágenes mejoradas a posteriori por el autor aplicando un enfoque selectivo.

¹² Marble, M. E.(ed). 1960: *Deep Freeze 60. Wintering over 1959-1960. Antarctic Support Activity*. The Cruise Book Firm, Boston. 138 pp.

El meteorólogo Luis Aldaz

EL PRIMER INVESTIGADOR ANTÁRTICO ESPAÑOL (1959-1965)

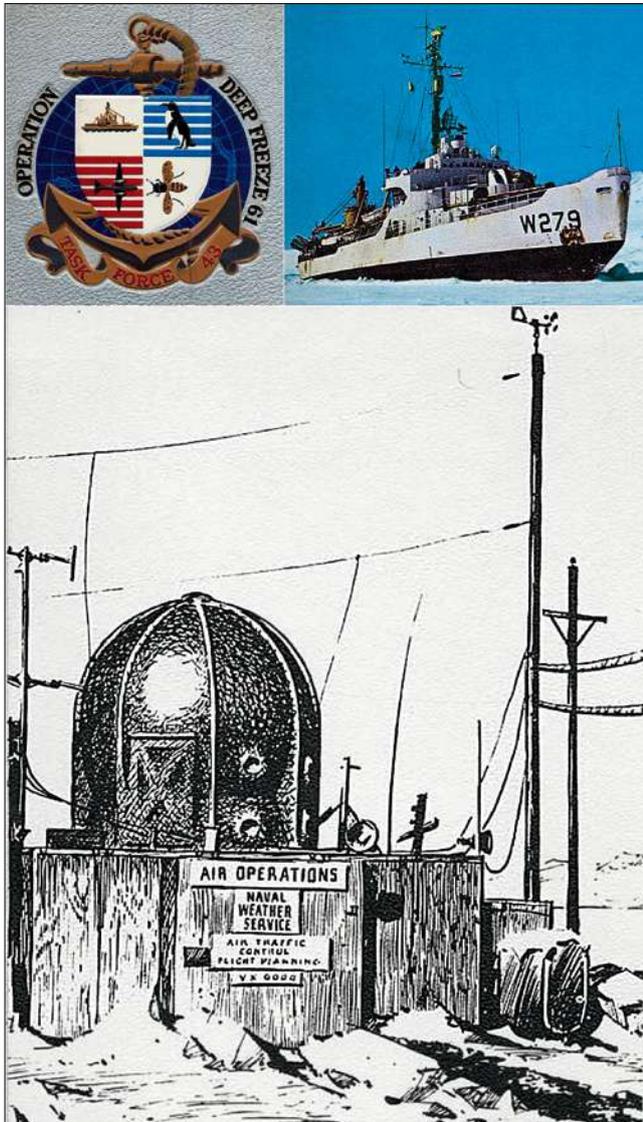


Figura 7: La Operación “Deep Freeze 61”. Superior: logo y el buque rompehielos estadounidense “Eastwind” (W-279) en la Antártida, pionero para la meteorología ártica desde que en 1952 se liberaron globos-sonda estratosféricos desde su cubierta. Inferior: Estación meteorológica de la Marina militar (“Naval Weather Service”) [Fuentes: las tres imágenes extraídas de Hahn (ed., 1961)¹³].

National Bureau of Standards), “Aurora” (un experto del Arctic Institute of North America) y “Geomagnetism/Seismology” (otro experto del que no consta su filiación institucional). En esa campaña la jefatura militar estuvo a cargo del médico naval Malcom W. Lenz, ampliándose el personal de la Marina con otros diez hombres (uno de origen hispano: Henry Navarrete), resultando un total de 22 invernantes¹⁴.

De su conferencia de 1963 en la Real Sociedad Geográfica de Madrid, publicada al año siguiente, extraemos unos interesan-

tes párrafos descriptivos del medio ambiente en el Polo Sur, de los estudios sobre el ozono y las partículas radioactivas, y sobre el fenómeno meteorológico que le resultó más espectacular:

La compilación de los datos meteorológicos recogidos entre todas las estaciones ha producido la climatología antártica, donde, por ejemplo, se ha registrado la mínima temperatura de la tierra de -88.31° C., ocurrida en la base soviética de Usbk. En el Polo Sur geológico la temperatura mínima ha alcanzado -74.5° C. La actividad frontal sobre el continente es mucho más activa que lo que se había imaginado, especialmente durante la noche polar, donde ventiscas y cielos cubiertos son frecuentes. La Antártida, pues, puede ser considerada no sólo como la parte más fría de la Tierra, sino también como la más tempestuosa. Las ventiscas son frecuentes y muy violentas, arrastrando nieve a grandes distancias. [...]

El ozono y las partículas radioactivas están siendo estudiadas intensivamente, tanto en sus valores en superficie como en su distribución vertical. Ambos se utilizan como indicadores de la circulación general atmosférica, ya que son propiedades casi conservativas de la masa de aire en la que están dispersas. [...]

El fenómeno más espectacular, aunque reflejado pálidamente en la superficie, es el llamado “colapso del vórtice polar”. Este vórtice o ciclón se forma durante la noche invernal como consecuencia de la continua radiación de la atmósfera polar al espacio. Con la llegada del sol, un calentamiento de las capas superiores ocurre y con él la energía potencial acumulada se convierte en energía cinética del aire, dando lugar a corrientes de chorro con velocidades de 300 kilómetros por hora (Aldaz, 1964)¹⁵.

En su tercera y última campaña invernal antártica en el Polo Sur (1964-1965) (Figura 8) disminuyó ligeramente el total de invernantes (21), aunque aumentaron considerablemente los militares (14, liderados por Robert M. Beazley) que duplicaban a los científicos y técnicos civiles (7), todos estos nuevamente bajo la dirección de Luis Aldaz. En el reparto de especialidades dominaron los expertos en Meteorología (Aldaz y otros dos del U.S. Weather Bureau), con un único representante para el resto de investigaciones: “Ionospheric Physics” (de la National Bureau of Standards), “Aurora” (del Arctic Institute of North America), “Geomagnetism/Seismology” (del US Coast & Geodetic Survey) y “Cosmic Radiation” (de la Bartol Research Foundation)¹⁶.

Epílogo

Luis Aldaz vivió una época de gran interés para el avance de la meteorología, tanto en España como en el extranjero, caracterizada por profundos cambios científico-técnicos y metodológicos que permitieron, gracias al impulso en la colaboración internacional “para fines pacíficos”, ampliar sucesivamente las investigaciones a escala regional, continental y global. Esas dos últimas etapas gracias a proyectos como el *Global Horizontal Sounding Technique* (GHOST), desarrollado durante 1966-1977 en el hemisfero Sur, con nuevas técnicas para obtener datos de

¹³ Hahn, J. S. (editor). 1961: *Operation Deep Freeze 61*. Burdette & Company, Boston. 230 pp.

¹⁴ Fuentes: *Bulletin of the U. S. Antarctic Projects Officer*, 3 (9/10) y Antarctic Report, NSF, 1962. En internet: “South Pole Station--the first 10 years: South Pole Winter 1962”: <https://www.southpolestation.com/trivia/igy1/1962.html>

¹⁵ Aldaz, L. 1964: La Antártida hoy. *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, 100: 87-113.

¹⁶ Fuentes: *Antarctic Journal* (NSF, enero 1966), *Bulletin of the U.S. Antarctic Projects Officer*, 6 (nº 7, verano 1965) y *Deep Freeze 65: “Wintering-Over Personnel”*. En internet: “South Pole Station-the first 10 years: “South Pole Timeline 1965-1974”. <https://www.southpolestation.com/trivia/igy2/19651.jpg>

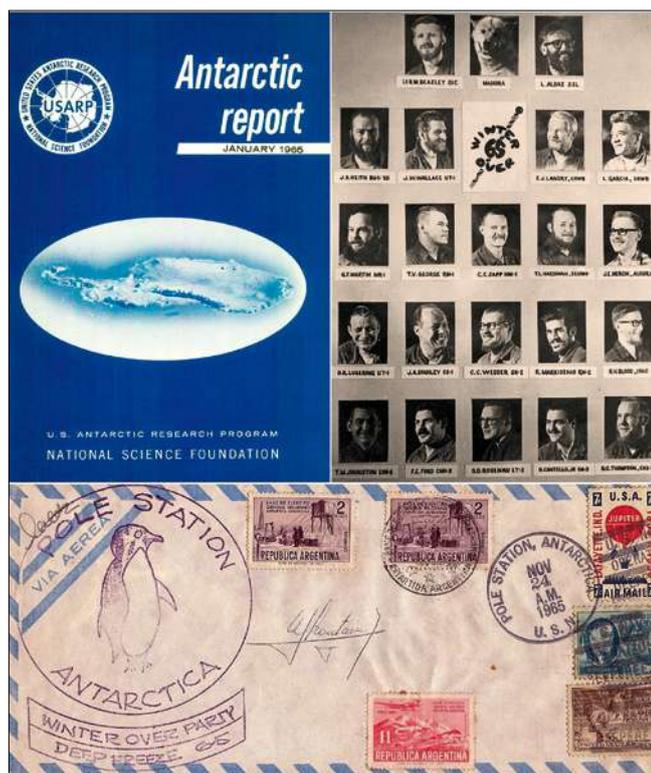


Figura 8. La campaña “Deep Freeze 65”. Superior izquierda: Portada del informe oficial del US Antarctic Research Program o USARP (enero 1965). Ídem derecha: Foto de grupo del equipo invernante, encabezado por los jefes militar (Beazley) y científico (Aldaz), con la mascota “Madeira” [Fuente: el expedicionario James Wallace]. Inferior: Sobre filatélico del “Winter Over Party/Deep Freeze 65” (24/XI/1965), con sellos y matasellos argentinos y de USA, con la firma de Luis Aldaz en la esquina superior izquierda [Fuente: Francisco Barranco Tello, colección particular].

forma más económica: liberación de globos pilotos para conocer principalmente los vientos, pues “flotan” a diferentes altitudes o niveles de densidad constante; junto con la implementación de estaciones meteorológicas automáticas y la utilización de satélites meteorológicos. Estos, como ya comentamos, resultaron decisivos para los estudios liderados por Aldaz en Brasil y se consideraron un valioso precedente para demostrar la utilidad de impulsar las investigaciones tropicales al sur del ecuador (Anónimo, 1970)¹⁹.

Sus publicaciones internacionales sobre meteorología polar durante 1965-1969 siguen siendo citadas en el siglo XXI, tanto en las revistas científicas especializadas²⁰ como en libros académicos, tales como: *Climate since AD 1500* (2003, Bradley), *Atmospheric ozone: a millennium issue* (2003, Singh & Fabian), *The climatic record in polar ice sheets* (2010, Robin) y *The transantarctic mountains: rocks, ice, meteorites and water* (2010, Faure & Mensing)²¹.

Seguro que para Luis Aldaz fue un gran motivo de satisfacción comprobar en 1982 el despegue de las investigaciones multidisciplinarias polares de su país, cuando España decide formar parte del Tratado Antártico y de la Convención para la Conservación de sus Recursos Vivos Marinos (CCRVMA). Es durante el verano austral de 1987-1988 cuando se produce el mayor despliegue científico nacional en múltiples disciplinas, en varios casos con el decisivo apoyo de los ministerios de Defensa y de Agricultura y Pesca: por un lado, con las campañas marítimas de investigación oceanográfica y pesquera en diferentes buques con el liderazgo científico del Instituto Español de Oceanografía

(IEO), como las denominadas “Antártida 8611” y “Exantarte-I” (Pérez-Rubín, 2014)²²; por otro lado, con los complementarios estudios terrestres de investigadores del Instituto Nacional de Meteorología (actual AEMET) y de otros organismos en diferentes campos: meteorología, vulcanología, geología y glaciología (Bañón, 2007)²³. Con todas estas actividades científicas, y las desarrolladas en la primera base antártica española ‘Juan Carlos I’, perteneciente al Programa Antártico Español, nuestro país consiguió incorporarse sucesivamente como miembro consultivo al Comité Científico de Investigación Antártica-SCAR (enero 1987) y a los mencionados CCRVMA (octubre 1987) y Tratado Antártico (septiembre de 1988). Coronando el proceso las primeras campañas antárticas con los Buques de Investigación Oceanográfica (BIOs) de la Armada: a partir de 1988 con el “Las Palmas” y desde 1991 con el “Hespérides”.

Finalizamos esta biografía con sus propias palabras:

La Antártida, la última frontera en la tierra, ofrece singulares oportunidades para toda clase de científicos. Lo único y singular de su carácter y de su ambiente permite el estudio de fuerzas y procesos naturales en condiciones extremas y, en muchas ocasiones, bajo condiciones ideales, libres de contaminación. [Aunque ...] trabajar afuera con - 50° C y 30 km/hora de viento, situación corriente en la estación Amundsen-Scott, no es plato de gusto.

[..]

La vida dentro de la base es agradable. Lo primero y fundamental es el dormitorio. Individual, arreglado al gusto personal, con los pequeños recuerdos de la vida propia de cada uno, más o menos arreglados, más o menos numerosos, una fotografía, una flor artificial, unas hojas secas, el inevitable tocadiscos-maletín, forma un pequeño rincón propio, un lugar que por un año es casa, un lugar que al dejarlo se hace con una mirada melancólica, con una tristeza disimulada. Es una parte de ese yo que vamos dejando a jirones en la vida y que se llevan una pelota de fútbol, un banco en el parque, un traje, un coche, una canción, una mujer (Aldaz, 1964)²⁴.

Agradecimiento

Mi gratitud para las diferentes personas que durante los últimos meses me han ayudado a cubrir diferentes lagunas de información sobre variados aspectos de la vida y obra de nuestro biografiado. Por orden cronológico: dos sobrinas y su hijo (Natalia Aldaz Ibáñez, Elvira Aldaz Mezcuca y Gabriel Aldaz); José María Sánchez-Laulhé Ollero, Manuel Palomares Calderón y Javier Barranco Tello.

¹⁷ <https://www.southpolestation.com/trivia/igy2/19651.jpg>

¹⁸ https://www.eol.ucar.edu/field_projects/ghost-balloon

¹⁹ Anónimo. 1970: Análisis y predicción del tiempo en los trópicos. Seminario regional en Campinas, Brasil. *Boletín de la OMM*, 19 (1): 52-55.

²⁰ <https://ui.adsabs.harvard.edu/> <https://www.semanticscholar.org/author/L.-Aldaz/50485147>

²¹ Sólo son solo unos ejemplos obtenidos con una búsqueda superficial en <https://books.google.es>

²² Pérez-Rubín, J. (ed.). 2014: *100 años investigando el mar. El Instituto Español de Oceanografía en su centenario (1914-2014)*. Instituto Español de Oceanografía (IEO), Madrid. 500 páginas. http://www.ieo.es/es_ES/web/ieo/monografias

²³ Bañón García, M. 2007: La Antártida, meteorología y actividades científicas españolas. *Tiempo y Clima*, 5 (16): 13-17.

²⁴ Aldaz, L. 1964: La Antártida hoy. *Boletín de la Real Sociedad Geográfica*, 100: 87-113.