



REDES

Revista de estudios sociales de la ciencia y la
tecnología

Brisas modeladas, nubes sembradas y fotografiadas.

El departamento de meteorología de la UBA y la

Fuerza Aérea estadounidense (1955-1963)⁺

*Marina Rieznik**

Resumen

Este artículo se enfoca en el financiamiento de la Fuerza Aérea Norteamericana desde 1960 para un proyecto meteorológico desarrollado en la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad de Buenos Aires (FCEN) acerca de la circulación de la atmósfera sobre la cordillera de los Andes, que fue dirigido por el decano Rolando García.

⁺ La autora agradece a Vicente Barros, Mariana Weissman, Carlos Nicoli, Fernando Nadras y Raúl Carnota por las charlas y entrevistas que ayudaron a ordenar la información. Especialmente agradece a Gustavo Marón por su generoso aporte de información sobre historia combinada de la meteorología y de la aeronáutica en la Argentina, por la lectura de los borradores, así como por las respuestas precisas ofrecidas acerca de variada información técnica. Este artículo, por una cuestión de recorte, se enfoca específicamente en el interés militar norteamericano en la UBA, a veces desconocido por los propios docentes, ello no supone que la formación derivada de estos procesos no haya servido a desarrollos que también atendieron a necesidades locales, tal como lo sintieron algunos de los docentes involucrados.

* Profesora regular en FFyL/UBA e Investigadora Independiente Conicet en IESCT/UNQ.

DOI: <https://doi.org/10.48160/18517072re57.344>

Este artículo procura mostrar en qué medida los intereses y las redes de trabajo financiadas por militares estadounidenses contribuyeron a delinear las estrategias del departamento de meteorología de la FCEN. Esto requerirá analizar cómo históricamente las elaboraciones teóricas sobre la circulación general de la atmósfera estuvieron asociadas a las prácticas de modelización de vientos, de siembra y de fotografía de nubes entre 1955 y 1963.

Palabras clave

FUERZA AÉREA ESTADOUNIDENSE – ARGENTINA - METEOROLOGÍA

Introducción

Recientemente, dimos a conocer que en 1960 la Fuerza Aérea estadounidense (USAF) había financiado un proyecto meteorológico en la Universidad de Buenos Aires (UBA) que estaba a nombre de Rolando García, decano de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FCEN) (Rieznik, 2022). El decano era también primer vicepresidente del Conicet y había sido director del Servicio Meteorológico Nacional (SMN). No faltan registros escritos acerca de la frontalidad con la que, desde el ejercicio de sus funciones, García expresaba sus posicionamientos políticos y virajes. Marcadamente antiperonista en la década del cincuenta, se acercaría al justicialismo en los setenta. Un libro reciente que lo homenajea lleva un título que hace honor al tesón de sus batallas políticas: *¡No está muerto quien pelea!* (González, 2019). Son bien conocidas sus preocupaciones por vincular el desarrollo científico local con la atención a los problemas sociales; sus discusiones en favor de la democracia universitaria; sus diatribas públicas

en contra de la aceptación de fondos extranjeros como parte de las políticas públicas locales y su valiente enfrentamiento con los militares que en 1966 irrumpieron en la UBA en la llamada *noche de los bastones largos*. También fue señalado que al mismo tiempo que sostenía estos embates había tenido la habilidad de conseguir ingentes fondos de la Fundación Ford para la FCEN durante su decanato (Díaz de Guijarro, Baña, Borches y Carnota, 2015; Hurtado, 2010; Estébanez, 2019, Feld, 2015; Califa, 2014; Sigal, 1991, 2002; Buchbinder, 2005).

Los fondos militares que consiguió García provenían de la Oficina de Investigaciones Científicas de la USAF (AFOSR). Explícitamente, sus referentes proponían sólo financiar actividades que fueran útiles a los objetivos militares en el corto o mediano plazo. Esta veta utilitarista diferenciaba los fondos de dicha organización tanto de otras ayudas para Latinoamérica promovidas por el Departamento de Estado estadounidense en su lucha contra la penetración del comunismo en el continente, como de otras asistencias privadas que se sumaban al propósito. Eso no impedía que sus objetivos se vieran complementados (Bushnell, 1965: 161, 164, 172, 176; Naciones Unidas, 1960). El dinero se destinaba a la visita de profesores de las universidades estadounidenses y explícitamente implicaba la autorización para que usaran la computadora del Instituto de Cálculo. Tenía por objetivo la obtención de datos acerca de *El efecto de los Andes en la circulación general*, tal como visaba el título del proyecto. En una reunión del Consejo Directivo de la FCEN (CD), el decano afirmaba que ya había tenido la oportunidad de realizar proyectos auspiciados por esa Fuerza y que por tanto gozaba de “familiaridad con las normas y procedimientos de la Institución” (CD, 1960: 5).

En 1960, el Consejo Superior de la UBA aceptó 40000 dólares para el primer año del proyecto AFOSR.¹ Como sus resultados no parecen haber trascendido en informes oficiales, tanto el derrotero como el año de finalización de la financiación son inciertos (CD, 1960: 4). El movimiento estudiantil no parece haber registrado el proyecto, inclusive cuando algunas protestas en 1963 apuntaron directamente al interés norteamericano en la FCEN. Entonces el centro de estudiantes denunció que tres cuartas partes de los gastos de la facultad eran pagados por fondos ajenos al presupuesto, sin embargo, no había mención a la USAF (Califa, 2010: 355; cf. Estébanez, 2019). Recientemente, se hicieron breves comentarios acerca de subsidios de esa institución para llevar expertos en meteorología a la FCEN (Estébanez, 2019). Asimismo, se hizo notar que García “(...) lograba extraer abundantes dólares para investigación científica nada menos que de... ¡la Fuerza Aérea de los EEUU! (...)” (Roederer 2022: 2). No obstante, nadie investigó la relación de García con esos militares desde fines de la década del 40, ni cómo fue que el departamento de meteorología de la FCEN participó en tareas que sirvieron a dicha Fuerza.

A continuación se analizará en qué medida los intereses y las redes de trabajo financiadas por militares estadounidenses contribuyeron a delinear las estrategias del departamento de meteorología de la UBA entre 1960 y 1963. Los siguientes dos

¹ El presupuesto anual total de la facultad era de aproximadamente 850000 dólares (Estébanez, 2019: 182). Cuando García informa la aprobación del financiamiento, se encontraba ausente Enrique Gaviola, quien se había opuesto anteriormente a que la USAF subsidiara un proyecto sobre radiación cósmica (CD, 1959).

apartados se concentrarán en el financiamiento militar a García durante su residencia en los Estados Unidos antes de su decanato. Finalmente, se sugerirá cómo se vincula esa trayectoria con el proyecto de la AFOSR, rastreando para ello cómo las elaboraciones teóricas sobre la circulación general de la atmósfera se vinculan con las prácticas de modelización de brisas de montañas, de siembra y fotografía de nubes.

García en Estados Unidos: primeros financiamientos de la USAF (*Upper Level Winds Project* y *Sierra Wave Project*)

García no había podido terminar la licenciatura en la FCEN por haber participado en la organización de una huelga estudiantil a principios de la década del 40 (Roederer, 2022; Díaz de Guijarro, Baña, Borches y Carnota, 2015). No obstante, trabajaba para el SMN como auxiliar desde 1943 y había conseguido una beca de dicha institución, por tres años, para ir a completar su formación a los Estados Unidos. En 1947 finaliza en la Universidad de Chicago una especialidad en Filosofía de la Ciencia. Hacia 1948 termina el Master of Arts en Meteorología en la Universidad de California (UCLA) y, en 1949, su PhD en física en la misma universidad, con una tesis titulada *On the conditions of Steady State Atmospheric Motion* (González 2019: 326). En la misma universidad entre 1951 y 1952 es Investigador asociado del departamento de meteorología y, en 1953, doctor en Física con especialidad en Hidrodinámica y Termodinámica de la atmósfera. Entre 1953 y 1955 fue, además, profesor asociado de la UCLA. Trabajaba allí en el equipo del noruego Jörgen Holmboe junto a otros meteorólogos que serían figuras

claves del desarrollo disciplinar en los Estados Unidos, como Morton Wuertele y James Edinger. Como veremos, todos ellos visitarían la Argentina como parte del proyecto de la AFOSR.

Para entender el papel del equipo que integraba García en la meteorología estadounidense, debemos tener en cuenta algunos aspectos de la evolución de esa disciplina durante la segunda guerra. En 1940, cuando Roosevelt convocaba a 50000 pilotos para la guerra, había solamente 150 cadetes aviadores militares estudiando meteorología en las universidades. Pronto llegarían a seis mil gracias a una ingente inyección de fondos militares destinada a las cinco instituciones conocidas como las *Big Five*: MIT, UCLA, CALTECH, la Universidad de Chicago y la de Nueva York (Turner 2006: 141: 157). En ellas, entre la década del 20 y la del 40, se habían creado carreras de grado en meteorología motorizadas por la expansión de la aviación comercial (Cushman, 2006). La segunda guerra determinó un cambio de escala que perduraría mientras esa generación de cadetes formados en meteorología dominó la demografía disciplinar también durante las décadas de la posguerra (Turner, 2006 p.142). El área no sólo continuó contando con los fondos de las instituciones militares, sino que se vio beneficiada por el aumento de los aviones a disposición y la apertura de nuevas rutas aéreas (Cushman: 189).²

² Al finalizar la segunda Guerra también las aerolíneas latinoamericanas habían podido expandir sus flotas comprando aviones en desuso en los Estados Unidos. Asimismo, algunos capitales de la industria aeronáutica, aprovechando las ventajas ofrecidas por las llamadas políticas de sustitución de importaciones, promovieron los ensamblajes de aviones en territorio latinoamericanos (Cushman, 190).

Este salto de escala implicó también un viraje en el tipo de estudios llevados adelante en esos centros universitarios. Estas transformaciones teóricas hundían sus raíces en la primera posguerra. Quienes lideraban la sección aerológica de la marina estadounidense y las fuerzas aéreas ya en los años 20 habían notado que los vientos de gran altura, las líneas de turbonada, y las condiciones de formación de hielo en la atmósfera alta podían ser irrelevantes para un granjero o un transportista, pero de vida o muerte para un aviador (Turner: 145). Más allá del detalle de las disputas de poder, en las historias de la meteorología, el cambio es esquemáticamente relatado como la superación de la meteorología sinóptica, que dominaba las prácticas previas, y que procedía con interpolaciones varias basadas en la intuición educada, con habilidades prácticamente sin modificaciones desde el siglo XIX.³ En cambio, la meteorología dinámica atendía a los factores físicos de la alta atmósfera y consideraba los modelos generales de circulación como englobando a los estudios sinópticos. Así, se colocaban a los estudios de los frentes polares como esenciales para enmarcar los movimientos de grandes masas de aire y explicar la génesis de los ciclones. Estas masas que convergían podían ser interpretadas como movimientos de fluidos a los que les eran

Sobre la apertura de filiales extranjeras de construcción aeronáutica aprovechando la infraestructura local después de los fracasos en los intentos de construir aviones como parte del llamado proceso de sustitución de importaciones en la Argentina ver Lalouf y Thomas (2004); cf. Halbritter (2006)

³Se usaban entonces mapas sinópticos del tiempo, elaborados diariamente con los datos enviados vía telégrafo desde distintas partes del territorio, para establecer relaciones entre áreas de alta y baja presión barométrica, líneas isotérmicas y áreas de precipitaciones (Turner, 2006 pp.141,142).

aplicables las leyes físicas de la hidrodinámica y la termodinámica (Turner, 2006 p.149). Carl Gustaf Rossby fue quien llegó a los Estados Unidos desde Estocolmo con la nueva concepción teórica, llamada la *Bergen School*, por el noruego Wilhelm Bjerknes Bergen. Esta se impuso como la que mejor podía explicar y predecir fenómenos cruciales para miles de cadetes militares (Turner, 2006, 144, 148). Rossby pronto convocó a Holmboe a Jacob Bjerknes y a Sverre Pettersen a trabajar con él a los Estados Unidos. Holmboe se convirtió en uno de los principales referentes en la formación teórica de los aviadores militares y tuvo un papel protagónico en el desarrollo de contratos militares una vez terminada la guerra (Cushman, 2006: 192). Valga como ejemplo de su importancia un juego de palabras de la generación de cadetes de esa época: “las armas grandes- Bjerkness, Kaplan y Holmboe - nos bombardeaban sin tregua”⁴ (Turner 2006: 161). Era conocido su éxito en producir informes técnicos de alta calidad para la USAF y por entregar todos a tiempo, inclusive antes de llegar a término con la totalidad de los cálculos necesarios para convertirlos en publicaciones científicas (Grubišić y Lewis 2004, p 1139).

García participó activamente, a principios de los cincuenta, en California, de algunos trabajos de estos equipos que rendían cuentas a los mandos militares. El primero de ellos fue el *Upper Level Winds Project*, radicado en el departamento de meteorología de la UCLA y financiado por el Centro de Investigaciones de la USAF en Cambridge (UAFCL). El argentino consignaba en su propio currículum un escrito de difícil ubicación, pero que obviamente pertenecía a este proyecto: “García, Rolando, et

⁴ “the big guns- Bjerkness and Kaplan and Holmboe- Bombarded us without quarter”.

al. (1949). *The Upper level winds*. Los Ángeles: California Publicaciones del Departamento de Meteorología de la UCLA” (García, 2010: 12). Lo cierto es que, en el informe final del proyecto, García es mencionado como uno de los integrantes fundamentales del mismo (UCLA, 1953). Otros integrantes del mismo como Wurtele, Joseph Knox y Paul Queney, participarían también con el argentino en un segundo trabajo considerado en continuidad con este. Dirigido por Holmboe se convirtió en uno de los más reconocidos proyectos meteorológicos financiados por la USAF. El trabajo de campo y su tratamiento teórico se tornaron celebres porque permitieron construir las hasta entonces desconocidas leyes de la *onda de montaña* así como profundizar en el estudio en las zonas montañosas de las turbulencias y los *vórtices*, es decir, los movimientos rotatorios en los niveles bajos. El *Sierra Wave Project* contó con el impulso de la Asociación de Vuelo del Sur de California, que propuso el financiamiento militar, argumentando que la investigación serviría para entender mejor los flujos de aire sobre grandes cadenas montañosas y disminuir los accidentes que durante la segunda guerra se habían registrado volando hacia campos enemigos (Grubišić y Lewis 2004). El departamento de meteorología de la USAF revisó la propuesta que fue aprobada por el Directorio de Geofísica de la USAF que estaba integrado en la AFCRL (Bushnell, 1965).

En una primera fase se usaron planeadores y, luego otros aviones, con la idea de entender cómo interactuaban las ondas de montañas que atravesaban la Sierra Nevada con el *jet stream* o corriente de chorro, es decir, el intenso flujo de aire que circula de Oeste a Este en la alta tropósfera o en la estratósfera. Para entender los antecedentes de estos desarrollos debe tenerse en cuenta la investigación histórica de Grubišić y Lewis (2004). Los alemanes en la primera posguerra habían impulsado

intensas actividades en el diseño de planeadores, porque tenían prohibido, desde el Tratado de Versalles, tripular o diseñar vuelos motorizados. Sus pilotos dependían de la familiaridad con las corrientes de aire locales, y eso los acercaba a los intereses meteorológicos. Habían estado a la cabeza de las competencias de planeadores que pugnaban por avanzar en velocidad, en altitud y en distancia. Estas destrezas, internacionalmente expandidas hacia mitad del siglo XX, en parte también por la emigración de pilotos alemanes, involucraron a asociaciones de vuelos estadounidenses.⁵

Así, en la entreguerra, se habían registrado varias contribuciones científicas sobre el flujo de aire sobre las montañas, las primeras de ellas utilizando series de fotografías pasadas luego en cámara rápida (*time lapse photography*) (Grubišić y Lewis 2004, pp.1127, 1128). Queney estudiaba el tema desde mediados de la década del 30, con teorías analíticas, y si bien no había llegado a documentar de manera observacional las ondas de montaña, había predicho su existencia teóricamente (Grubišić y Lewis 2004, p 1128). En concordancia con esos desarrollos, inspirándose en temas de dinámica clásica aplicada a las ondas de flujos de agua cuando atravesaban obstáculos, se empezaron a estudiar la apariencia de los *rotores* y las implicancias

⁵ En Argentina, Marón comenta aspectos de la institucionalización de la práctica de vuelo con planeadores y la expansión de sus clubes desde 1934, sobre la base del modelo alemán, consistente en construir y volar las propias aeronaves, fabricadas a partir de los planos más evolucionados disponibles. En agosto de 1950 el Ministerio de Aeronáutica organizó el Primer Congreso Nacional de Vuelo a Vela, se fundó la Federación Argentina de Vuelo a Vela y nació el Instituto de Investigaciones del Vuelo a Vela (Marón, 2022).

prácticas de las corrientes ascendentes. Sin embargo, según Grubišić y Lewis, durante la segunda guerra, la dinámica internacional de estudios de onda de montaña en relación con los modelos dinámicos había disminuido notablemente hasta ser prácticamente interrumpida. En ese sentido, el *Sierra Wave Project* fue el puntapié del nuevo inicio de las investigaciones sobre ondas de sotavento de montaña en los Estados Unidos (Grubišić y Lewis 2004: 1129). Wurtele, que también había sido formado por Holmboe, continuaría con las líneas teóricas abiertas previamente por Queney.

El desarrollo teórico necesitaba de trabajos de campo con pilotos entrenados en vuelos de gran altura. Según Grubišić y Lewis, los fotógrafos que iban en el avión no sólo se encargaban de fotografiar las nubes, sino de registrar los paneles de vuelo con la información que luego sería procesada en tierra. El panel era fotografiado por dos cámaras en intervalos de 1 o 2 segundos en película de 16mm. La película sólo podía grabar una hora y media. El equipo constaba de reloj, altímetro, indicadores de tasa de ascenso, velocidad del aire y dirección, acelerómetro, termómetro exterior y barógrafo. Desde el suelo se seguía al planeador con fototeodolitos operados por la USAF y un radar coordinaba todas las actividades. También se filmaban los fototeodolitos y los radares con una película de 35mm, en intervalos de 5 segundos. La información analizada permitía obtener variables sobre las componentes perpendiculares y verticales del viento, además de su velocidad y temperatura. Asimismo, se fotografiaban las nubes desde el aire y desde el suelo. La USAF también hacía observaciones desde una base ubicada en una de las laderas de la Sierra, mientras un automóvil hacía mediciones con un altímetro, un barómetro aneroide, un termómetro, un anemómetro y

cámaras de fotos. Además de toda esta información, se necesitaban aviones para información de mesoescala, una longitud horizontal, que en este caso iba de 50 a 2000 kilómetros. La USAF puso a disposición un bombardero cuatrimotor B-29 *Superfortress* modificado para investigación meteorológica (WB-29) y un bombardero jet hexamotor Boeing B-47 Stratojet (WB-47) con sus respectivas tripulaciones. Estos contaban con un sistema de medición del viento basado en una nueva aplicación de un radar Doppler de mirada cenital, que proveía velocidad real y desplazamiento vertical desde el suelo.

A partir de los resultados observacionales se clasificaron las ondas de montaña según fueran fuertes en altitud hasta 2400 mts, moderadas debajo de los 1200 mts o leves hasta los 600 mts. Se midieron sus velocidades, altitudes y la velocidad del viento vertical. Se identificaron los vórtices y zonas de baja turbulencia y se tomó nota del tipo de nubes (de rodillo) que se podían identificar por encima de los vórtices. La apariencia de saltos hidráulicos sirvió para entender algunos de los movimientos de estas nubes. Entre los logros finales del proyecto estuvo la documentación de la estructura vertical de las ondas de montaña en la estratósfera y sus variaciones espaciales de temperatura y velocidades horizontales a niveles constantes desde la ladera de barlovento hasta el sotavento. Las 42000 copias del informe final que resumían los peligros de volar entre ondas de montaña y flujos con vorticidad se repartieron entre pilotos militares y comerciales. Esto se hizo, inclusive antes de que se pudiera procesar científicamente toda la información. Además, una versión condensada del informe fue elaborada por la USAF y usada para entrenar a los pilotos. Debe señalarse que para continuar con los desarrollos teóricos de este proyecto, para seguir resolviendo los problemas de las ecuaciones matemáticas de los modelos propuestos hacía falta

obtener más perfiles de vientos con datos reales de las ondas de sotavento de las montañas (Grubišić y Lewis 2004, p 1135-39; cf. Holmboe y Klieforth, 1957).

Como parte del trabajo en estos equipos, García escribió su tesis de doctorado *On the Straight parallel flow with curved profile*. Tenía por meta obtener un mejor entendimiento físico de la dinámica de los mecanismos que regían la evolución del flujo general de la atmósfera y en particular del flujo sobre las montañas. La tesis contenía el reporte final de García, número 5 del contrato de la USAF (AF19(122)-263) del *Sierra Wave Project*. El escrito además incorporaba el informe final de Holmboe (W28-099-ac.-403) (U.S. Department of Commerce, 1954: 70). Por otro lado el argentino empezaba a desarrollar en la tesis algunos estudios matemáticos que publicaría luego, ligados también a resolver movimientos de flujos en modelos hidrodinámicos (García, 1956). Los resultados se publicaban con referencias a los informes de la USAF de los dos proyectos en que participaba. Por su vez, el propio Holmboe mencionaba los desarrollos teóricos del argentino en informes que eran difundidos por la USAF. Ambos investigadores analizaban algunas implicancias del método de ondas simétricas para el análisis matemático de los modelos propuestos (vg. Holmboe, 1963 p.82). Veremos que parte de los estudios que se realizaron en el instituto de cálculo de la USAF, entre 1961 y 1963, para el proyecto de la AFOSR, contribuyeron a darle continuidad a esos trabajos de interés de los militares, en conexión con otra área de aplicación que consignaremos a continuación.

La USAF y la modificación del tiempo atmosférico (*Cirrus Project* y *Popeye Project*)

Un aspecto notable de las prácticas meteorológicas estadounidenses, que movilizaría también a los representantes de la *Bergen School* durante la posguerra, estaba ligado a la promoción de emprendimientos privados, de meteorólogos que ponían sus saberes y una base tecnológica propia al servicio o bien de aerolíneas que quisieran tener su propio pronóstico del tiempo, o bien de empresas que ofrecían sistemas de modificación o control del tiempo atmosférico *Weather control* o *Weather modification*. Se imbricaron bajo estos rótulos metas anunciadas públicamente como la de evitar la niebla en los aeropuertos, las bienintencionadas proclamas para frenar granizos que arruinaran cosechas y las promesas de producción artificial de lluvias que pudieran otorgar alivio a zonas áridas. Pero, como veremos, también estuvo impulsada por objetivos militares clasificados que bregaban por inundar los caminos en regiones que se querían invadir. Si bien no hay cifras totales de la envergadura de estos emprendimientos en los Estados Unidos y algunos historiadores de la meteorología aseveran que la mayoría de los científicos no tenían interés en el área, ninguno niega la importancia fundamental que tuvo esta veta en el financiamiento a proyectos meteorológicos por parte de los militares (Harper, 2008: 18). Aunque los intentos de hacer llover tenían larga data, las posibilidades militares en torno al área en los Estados Unidos generaron amplios programas de investigaciones durante la posguerra. Entre 1947 y 1952, se desarrolló el conocido *Cirrus Project*. La investigación llevada adelante

en los laboratorios de General Electric estaba financiada y coordinada por el ejército, la marina y la USAF. Como veremos en el apartado siguiente, esta serie de saberes y tecnologías se desarrollarían también en la Argentina con prácticas imbricadas con las del proyecto AFOSR.

A partir de la hipótesis de que algunas sustancias podían alterar las formas de precipitación, se llevaron adelante experimentos ligados diseminar o sembrar hielo seco o ioduro de plata en las nubes. En particular, se estudió cómo era posible hacerlo a partir de quemadores situados en el suelo (Lagmuir, Schaefer, Vonnegut, Maynard, Smith-Johannsen, Blanchard, Falconer 1948: 18: 23). El informe final del *Cirrus Project* era tanto una muestra de conclusiones de experimentos como instrucciones protocolares que ayudaban a multiplicarlos. Las indicaciones en torno a las técnicas fotográficas eran constantes a lo largo de las 139 páginas. Se exponían fotos de las nubes del área sembrada obtenidas desde los aviones con diferentes ángulos de incidencia del sol sobre ellas. En función de su forma, color y temperatura se determinaba si contenían cristales de hielo o partículas de agua muy fría. Las coronas luminosas del sol, el aura luminosa de la sombra del avión sobre las nubes, y otros efectos ópticos también servían para evaluar estas características. Se enseñaba fotogrametría para mapear, visualizar y medir en el espacio de tres dimensiones las áreas sembradas previamente. Se indicaba como armar una grilla sobre las fotos de tal manera de poder mapear el área en el que se situaban las nubes, para observar cómo cambiaba su apariencia una vez sembradas o cuánto tardaban los núcleos que se sembraban en propagarse. Se tomaban fotos estereoscópicas para observar la estructura tridimensional de los distintos sistemas de nubes, así como la fotografía para

proyectar en cámara acelerada (*time lapse photography*) para observar su proceso de formación. Para eso, se tomaba una foto cada 2 segundos y medio con un disparador especial adosado a una cámara de 16 mm. Asimismo, algunas ilustraciones acompañaban la clasificación de la variada gama posible de estructuras de las precipitaciones sólidas según fueran producidas en laboratorio o en la naturaleza (Lagmuir, Schaefer, Vonnegut, Maynard, Smith-Johannsen, Blanchard, Falconer 1948, pp.12, 22,34,38). El *Cirrus Project* fue continuado además por otro programa de cinco años al que sumó el Departamento de Defensa, el *Artificial Cloud Nucleation Project* (NSF 1965, 10).

Ya en 1957, el Congreso de los Estados Unidos constituyó una comisión asesora en *Weather Control*, para estudiar los experimentos públicos y privados que se estaban llevando adelante.⁶ Al año siguiente, el Presidente de los Estado Unidos instó a la *National Science Foundation* (NSF) a dar apoyo a dichas iniciativas e informar a él mismo y al Congreso con reportes anuales. La comisión especial de la NSF fue creada con el explícito propósito de examinar los aspectos físicos, biológicos, legales, sociales y políticos del campo, en función de hacer recomendaciones de políticas públicas. El informe final publicado en 1965, en coincidencia con la comisión del Congreso, recomendaba incrementar los recursos volcados a fortalecer el área. Entre otras cuestiones, apuntaban que la gran variabilidad del sistema de nubes hacía que fueran necesarios más resultados, de los que se pudieran extraer análisis estadísticos. El

⁶ Ya para 1953 se calculaba que el sector privado invertía entre 3 y 5 millones de dólares, mientras que el *target* para la actividad comercial en el área se estipulaba que alcanzaba el diez por ciento del territorio estadounidense (NSF, 1965: 10).

informe reconocía que la importancia para las operaciones militares de la modificación del tiempo atmosférico era obvia y que por ello debía tenerse en cuenta que había una remota posibilidad de que en el futuro la nación pudiese desarrollar la capacidad de usar dicha modificación para infligir daño en la economía y en la población civil de otro país. Sin embargo, afirmaba que la cooperación internacional debía impulsarse para multiplicar los experimentos aprovechando que todavía no había interés en su uso bélico, a diferencia de los que ocurría en el campo de la energía atómica o de las exploraciones espaciales (NSF 1965, pp.13, 34,158).

No obstante, por lo menos desde 1948, los apoyos para el desarrollo de estas tecnologías con fines militares estaban justificados por discursos públicos que bregaban por ganar también en este campo la carrera militar a los rusos. Eran sostenidos tanto desde instituciones meteorológicas, como desde la prensa y el parlamento, cada vez que había que votar fondos para los programas (Leitenberg, 1987: 5,6,7). No se trataba de palabras al viento. En 1970 la desclasificación de documentos permitió saber que desde 1948 la CIA y el ejército desarrollaban experimentos militares en Japón y en India. Además, desde 1963, sobre Vietnam, intentaban incrementar las lluvias para empantanar de las rutas e incrementar los cuellos de botella en la comunicación de los territorios bombardeados. Esta operación, era conocida alternativamente como operación *Popeye*, *Intermediary*, *Compatriot* (Lietemberg,1987:17, 18; Kohler, 1967: 514, 546; Koninchak, 2014: 20, 25, 30,38). Como parte de los reportes clasificados, tempranamente se aconsejaba al Departamento de Defensa que estuviera preparado para una respuesta pública, ya que de ser descubiertas las operaciones, no podrían ser negadas. Se instaba a desarrollar relaciones públicas y materiales que contemplasen

dicha posibilidad. En ese sentido, el informe de la NSF cumplía las expectativas establecidas, al mostrar las bondades y potencialidades del desarrollo de dichas tecnologías.⁷ Thomas Malone, una de las figuras claves de la comisión que lo redactó, era además del principal consultor en esos temas del Departamento de Defensa en la época.

Como dice Leitenberg, suena extraño que Malone no supiera nada de estos desarrollos bélicos (Leitenberg, 1987: 3).⁸ Más probablemente, haya seguido las instrucciones acordes a una actividad clasificada, que no podía por tanto incluirse entre los estudios y estadísticas de difusión pública. Sea como fuere, en marzo de 1972, después de audiencias en el parlamento, a las que el propio Malone fue convocado como experto, un senador solicitó al Presidente que de manera urgente procure un acuerdo internacional. El pedido condujo finalmente a la convención para la prohibición

⁷ Después, en 1967, la Oficina de Ciencia y Tecnología del Comité Asesor Científico del Presidente advirtió en contra del uso de las técnicas de control del tiempo atmosférico aludiendo a razones técnicas y políticas. Los resultados de los experimentos no eran dudosos y a lo largo de los años se había logrado una estrecha cooperación internacional sobre datos meteorológicos. Una ayuda fundamental para el pronóstico del tiempo, que tenía un valor medido en decenas de miles de millones de dólares. Sería amenazada si se supiera que Estados Unidos estaba utilizando técnicas meteorológicas como armas de guerra (Leitenberg, 1987: 19). Probablemente estos conflictos estuvieran por detrás de la desclasificación.

⁸ Entre 1954 y 1970 Malone fue director de agencias contratadas por el Departamento de Defensa en relación a la I+D sobre el tiempo atmosférico; entre 1950 y 1953, consultor especial de la oficina de investigaciones navales; entre 1954 y 1960 miembro del consejo científico del Departamento de Defensa y entre 1961 y 1966, consultor del consejo consultivo del presidente, además de intervenir en las autorizaciones de la Casa Blanca a los departamentos ejecutivos y de defensa (Leitenberg, 1985: 40).

del uso militar o cualquier otro uso hostil de las técnicas de modificación ambiental de las Naciones Unidas. Fue firmado por los Estados Unidos en mayo de 1977 y por el gobierno argentino en octubre de 1978 (Naciones Unidas, 1976, 1978). No obstante, el acuerdo carecía de efectividad regulatoria en tanto, como el mismo Malone señalaba, era prácticamente imposible distinguir las investigaciones para uso pacífico de las otras. Más aún, Malone decía estar en contra de la prohibición de la investigación militar en el área porque cortando el financiamiento militar se limitaría también el potencial de las investigaciones civiles. Asimismo, proponía seguir capacitando a los militares en esas competencias científicas que podían proveer a la seguridad nacional (Leitenberg, 1985, 9, pp.44, 54). Malone, no encontraba contradicción con la promoción de la cooperación internacional, en consecuencia, desde principios de los 60, había impulsado la idea de que las prácticas de modificación climática eran una buena línea de diplomacia con los rusos.

Es interesante que Malone compartiese redes de trabajo con García. El norteamericano nombraba al argentino como una de las figuras cercanas a él en el desarrollo de las instituciones globales de la meteorología durante la década del 60 y ambos trabajaron en la edición de una publicación sobre problemas de circulación de la atmósfera (García y Malone, 1966). Los dos meteorólogos serían figuras fundamentales de un programa internacional impulsado a partir de la idea de que las investigaciones en torno al *Weather control* podía promover cooperaciones internacionales. El mismo sería concebido por Malone junto a Sverre Pertersen, entre otros, y promovido inicialmente por la NSF y por unidades del Departamento de Defensa de los Estados Unidos como una pieza de la diplomacia de posguerra (American Meteorological

Society, 1988; Leitenberg, 1985, pp.11, 45). García tendría posiciones directivas en el *Global Atmospheric Research Program* (GARP). Vale aclarar que aunque Malone estuviese enterado de los experimentos militares en Vietnam, era muy improbable que García estuviese al tanto de esa información. Durante el período en el que nos concentraremos en el apartado siguiente, de aplicación de estas técnicas en la Argentina, todavía las prácticas orientadas a la guerra estaban ocultadas por el secreto propio de las actividades clasificadas. Sin embargo, los propósitos militares son fundamentales para entender el impulso dado a estas nuevas tecnologías.

El desarrollo de las actividades de la FCEN entre 1960 y 1963 es inseparable del devenir de las ciencias meteorológicas estadounidenses que analizamos en estos dos últimos apartados. Inescindibles además de los intereses de la USAF. Veremos que los estudios realizados en los Andes para la AFOSR pueden ser considerados como derivados de los intereses del *Upper level winds Project* y del *Sierra Wave Project*. Además, se llevaron adelante de manera imbricada con prácticas de control del tiempo atmosférico desarrolladas en Mendoza.

La vuelta de García: el financiamiento de la USAF en la FCEN

Cuando García vuelve a la Argentina, su posición política estaba abiertamente establecida, años después le permitía afirmar en un informe de la UBA que en “en plena época del peronismo (...) la Universidad toda había descendido a niveles incalificables” (FCEN, Memorias año 1962: 1). Como vicepresidente del Conicet mantuvo con su presidente algunas desavenencias en torno a cómo encauzar las políticas científicas locales (Hurtado y Feld, 2007). No obstante, coincidiría con él en esa caracterización

política general.⁹ En 1960, como vimos, la AFOSR subsidiaba a García con 40000 dólares. El contrato integraba el informe del proyecto 9774, sobre Investigación Ambiental, de la división de Física nuclear (SRNE). Como se consignaba allí se trataba de:

Una investigación teórica y experimental del efecto que tienen los Andes largos, altos y estrechos en la circulación general sobre el sureste de América del Sur. Por su posición, perpendicular a los vientos del oeste, los Andes ofrecen un laboratorio natural único para probar modelos de ondas hidrodinámicas provocadas por obstáculos. Se utilizará el método desarrollado recientemente de ondas simétricas; se aplican ecuaciones lineales a ondas jóvenes de pequeña amplitud y se intenta anticipar la evolución no lineal posterior. El programa experimental utiliza análisis informáticos de datos de temperatura a microescala para comparar resultados sinópticos con predicciones teóricas. (OAR, 1963: 100).

El contrato tenía el objetivo de suministrar a la USAF de estudios teóricos y empíricos de los patrones de circulación atmosférica en una región donde se había realizado muy poco trabajo meteorológico científico. Los Andes se consideraban como un "laboratorio natural único" en el que "probar modelos teóricos de ondas hidrodinámicas provocadas por un obstáculo" (Bushnell, 1965: 172). Veremos que García no llevaba una pesquisa aislada para la USAF, sino que intentaba que la formación de los meteorólogos argentinos estuviese orientada a un entrenamiento convergente con los temas de

⁹ A finales de la década del 60, García trabajaría para el partido justicialista (Gonzalez 2019: 36). A lo largo de los años fue explícito respecto a sus posicionamientos políticos coyunturales

investigación solicitados. Para ello, no sólo invitaba a profesores, sino que también impulsaba varios viajes de formación a los Estados Unidos. La mayoría de los seminarios especiales dictados entre 1960 y 1961 en el departamento de meteorología se repartían entre dos temáticas: estudios de onda de montaña con modelos hidrodinámicos y control del tiempo atmosférico (FCEN, Memoria 1960, pp.79, 81). Al rastrear los posibles cursos del financiamiento de la AFOSR, mostraremos cómo estaban conectadas las prácticas de esas dos áreas.

Modelos hidrodinámicos y meteorología de altura en la UBA

Entre enero y marzo de 1961, el propio García viajaba a la UCLA, para desarrollar como profesor invitado temas de investigación junto con Holmboe. Probablemente esos estudios sirvieran también al proyecto de los Andes de la AFOSR. Un mes después de la vuelta del decano, llegaba Holmboe a la AFCEN. Se instalaría cinco meses. Dos cursos regulares cuyas titularidades pertenecían a Rubén Norscini, se convirtieron en cursos especiales coordinados por el noruego con una frecuencia diaria. Se trataron temas de *Teoría de las Ondas Atmosféricas*. Asistieron alumnos regulares, licenciados y alumnos oyentes. Allí fueron expuestos también parte de los trabajos realizados por García y Holmboe en la UCLA. Para que colaborara y complementara la actividad docente del noruego, visitó la UBA el profesor Manfred Hall que trabajaba también en California. Se ocupó de métodos de integración numérica aplicados a la investigación de la estabilidad dinámica de flujos con perfiles arbitrarios y utilizó la computadora electrónica del Instituto de Cálculo. Durante el mismo período, en el Instituto de Cálculo y con la misma

computadora, se llevó adelante a pedido de García la Integración de las ecuaciones diferenciales de un modelo hidrodinámico (FCEN, 1962, pp.4, 52, 57, 62,64).

Probablemente ese conjunto de cálculos estuvieran asociados también a los desarrollos solicitados por la AFOSR.

En el año 1962, entre julio y agosto, se sumaría otro profesor de la UCLA e integrante del *Sierra Wave Project* a las visitas a la FCEN. Wurtele dictó entonces un seminario en la sede del departamento de meteorología de la UBA que abarcó los temas *Turbulencia Atmosférica, Ondas de Sotavento y Pronóstico numérico*. Participaron los meteorólogos del SMN y de las Fuerzas Armadas. Además Wurtele asesoraba a algunos investigadores. Con Carlos Martínez, desarrolló el tema *Ondas de Sotavento* y con Norscini e Isabel González Fabián, que era ayudante de la cátedra de García, los temas del trabajo que ellos habían empezado a desarrollar el año anterior bajo supervisión de Holmboe *Estabilidad de perfiles dobles discontinuos*. Con Haydee Ern cubrió algunos temas consignados en lengua inglesa: *Kelvin wave; Rayleigh wave; Two Rayleigh wave; Continuous shearing stratified flow y Stratified shear flow and jet between boundaries*. Después, le dio continuidad al trabajo comenzado por Hall durante su visita sobre *Estabilidad de perfiles continuos* (FCEN, 1963, pp.128, 129).

En 1962, se registran los viajes al exterior de Norscini y González Fabián a la UCLA, para tareas de investigación bajo la dirección de Holmboe sobre estabilidad hidrodinámica de fluidos estratificados (FCEN, Memorias año 1963: 128-130). Allí, hasta julio de 1963, Norscini llevó adelante trabajos sobre *Análisis de la estabilidad hidrodinámica de una estratificación de tres capas de fluido de diferentes temperaturas: a) caso general, b) caso quasi estático con contornos rígidos, c) caso ilimitado y Ondas*

cilónicas en un modelo de atmósfera de tres capas con contornos rígidos plenos a) caso geostrófico b) solución general. Por su parte, González Fabián desarrolló la investigación titulada *Tres capas homogéneas de diferentes densidades, con una cortante constante desde la base hasta el topo a) capas externas limitadas b) teoría quasi-estática c) capas externas ilimitadas* y otra denominada *Tres capas homogéneas de diferentes densidades, con salto de velocidad en el nivel central de la capa central: 2: a) capas externas limitadas, b) teorías quasi estática, c) capas externas ilimitadas.* También prosiguió una serie de indagaciones bajo los rótulos de *Un modelo "jet" de cinco capas, las dos externas ilimitadas y Ecuación de ondas de montaña para movimientos atmosféricos tridimensionales.* González Fabián contó con la asistencia de otro profesor de la UCLA, Tiruvalam Krischnamurti. Krischnamurti, visitó después la FCEN y desarrolló una intensa tarea de formación entre los investigadores locales (FCEN, 1964, pp.122,123).

Durante 1963, bajo la dirección de Holmboe, de García y del grupo de Dinámica de la Atmósfera, que había ido a formarse a la UCLA, se realizaron trabajos teóricos sobre inestabilidad hidrodinámica de capas estratificadas de fluido. Recordemos que el estudio del comportamiento de diversos modelos atmosféricos tenía como finalidad el desarrollo que explique la evolución de las ondas ciclónicas. Durante ese mismo año, González y Norscini realizaron también estudios sobre la onda en sotavento de las montañas con el propósito de realizar, según las memorias del FCEN, "trabajos aplicados a la Cordillera de los Andes" (FCEN, 1964: 120). Probablemente estos estudios se hayan integrado a los análisis requeridos por la AFOSR. Durante ese mismo año, se informaba que el Instituto de Cálculo había hecho análisis sobre *Ondas de montaña* para el

Departamento de Meteorología sin consignar el nombre del investigador que solicitó el estudio, probablemente también para el proyecto AFOSR (FCEN, 1964: 108).

En el sub-apartado siguiente veremos cómo se vincula el proyecto AFOSR con los experimentos de modificación del tiempo atmosférico que se desarrollaban a los pies de los Andes, en virtud de un convenio entre el Instituto de Seguro Agrícola de la Provincia de Mendoza, el SMN y la FCEN.

Siembra de nubes en Mendoza y *Proyecto Brisas*

Desde 1958 hasta 1964, estaría en marcha en la FCEN la *Operación Granizo*, que era una campaña experimental de modificación artificial de tormentas graniceras. Debe aclararse que la tradición argentina en estos temas, influida por los desarrollos internacionales, es casi coetánea de los primeros viajes de García a los Estados Unidos y que ese trayecto previo, que fue interrumpido en 1955, no es desarrollado en este artículo. Al respecto Marón tiene un rico trabajo de investigación que está por ser publicado y al que tuve el privilegio de acceder. Allí asistimos a los vaivenes institucionales, rupturas en la acumulación de saberes y problemas de escala tecnológica, que tan frecuentemente acompañaron los cambios de gobierno en la Argentina (Marón, 2022; cf. Lalouf, Thomas, 2004). No obstante, Marón señala un punto relevante que asegurará al menos cierta continuidad regional: no era casual que los primeros estudios académicos y en general todos los modelos, proyectos y ensayos sobre modificación del tiempo atmosférico hubieran tenido epicentro en Mendoza. Es el lugar del país más expuesto al rigor del granizo a consecuencia de las especiales condiciones geográficas de su territorio, favorables a la formación de nubes de tormenta

del tipo *Cumulus nimbus*. En ésta región se producen en simultáneo los tres mecanismos atmosféricos de generación de procesos tormentosos severos, a saber: convección refractaria, onda de montaña y avance de frente frío (Marón, 2022). Por eso, como ha mostrado el autor, los fondos para financiar los temas de modificación climática en Mendoza estaban tan extendidos como los intereses de quienes consideraban beneficiarse con el desarrollo del área.¹⁰

Los montos aportados por el Instituto del Seguro Agrícola para el proyecto coordinado por la FCEN, fueron los siguientes, en pesos: 1.667.469,19 para 1958; 4.042.878,21 para 1959; 5.891.544,80 para 1960; 4.505.571,07 para 1961; 6.000.000 para 1962; 4.857.968,56 para 1963 y 6.950.050 para 1964 (Marón 2022, FCEN 1963: 139). Además, desde fines de 1959, se sumaban dos subsidios del Conicet, uno de 676.000 pesos, en 1959, para contratación de cinco investigadores y otro de 1.673.500, en 1960, para contratación de cinco investigadores y adquisición de equipos adicionales de radar, mantenimiento e instrumental, así como para mantenimiento de radar (FCEN, 1961: 82). El SMN propuso al Instituto de Seguro Agrícola un plan de trabajo e

¹⁰ Marón tuvo acceso a las Actas inéditas del directorio del Instituto del Seguro Agrícola. En 1957 el Instituto conformó un Comité Ejecutivo de Lucha contra el Granizo, integrado por representantes de 16 organizaciones intermedias, a saber: Federación Económica de Mendoza, Bolsa de Comercio de Mendoza, Unión Comercial e Industrial de Mendoza, Sociedad de Bodegueros Trasladistas de Mendoza, Centro de Bodegueros de Mendoza, Centro de Ingenieros Agrónomos de Mendoza, Centro de Enólogos, Sociedad de Productores y Exportadores de Frutas Frescas, Dirección de Frutas, Hortalizas y Flores, Asociación de Viñateros, Cámara de Horticultores, Sindicato Unido de Trabajadores Contratistas de Viñas y Frutales, Cámara de la Fruta Industrializada, Sindicato Agrario del Río Atuel y Cámara de Comercio, Industria y Agricultura de San Rafael. (Marón, 2022).

investigación basado en la siembra artificial de nubes sobreenfriadas con ioduro de plata, que era la misma técnica ensayada en el *Cirrus Project*. La hipótesis de trabajo en que se apoyaba la técnica ya a esa altura era bien conocida: si se introducían núcleos artificiales de congelación en el seno de una nube apropiada, no sólo se aumentaba el número de núcleos de congelación, sino que además se dotaba a la nube de núcleos que eran activos a temperaturas más altas que las naturales, por lo que se adelantaba el proceso natural de precipitación. Se esperaba que los granizos formados en las nubes no alcanzaran el tamaño suficiente, que se licuaran durante la caída, y que los que llegaran al suelo fueran más pequeños, disminuyendo el daño (Marón, 2022). Nos concentraremos en este apartado en el período que podría estar más asociado a la financiación de García por parte de la AFOSR, desde 1960 a 1963.

El proyecto coordinado por Julio Iribarne y Héctor Grandoso tenía dos objetivos, el primero era el estudio de las condiciones sinópticas-dinámicas y microfísicas de los procesos de la convección y la precipitación indispensables para entender la estructura y evolución de las tormentas graníceras de la zona. Esta meta, como veremos, hacía que compartan prácticas con otros estudios, como los de *Proyecto Brisas*, orientados a investigaciones en meteorología dinámica. El segundo objetivo, que usaba también los resultados obtenidos en las investigaciones del primero, consistía en el desarrollo de una campaña experimental, con estudios randomizados, en gran escala, que apuntaba a demostrar la posibilidad de modificar artificialmente los procesos que conducían a la precipitación de granizo en la zona de Mendoza (FCEN, 1961: 81 y FCEN, 1964: 120). Para este segundo objetivo la Oficina de Pronóstico de Mendoza proveía al mediodía el pronóstico de tormentas a una oficina operativa. La mitad de los días en que se

pronosticaba tormenta se prendían los generadores y en la otra mitad no. En caso positivo, la oficina procedía a la randomización, utilizando una serie de sobres con respuestas preparadas de antemano. Todos los días de la temporada después del mediodía, se difundían a través de radioemisoras, las instrucciones de prender o no los generadores a los encargados de los mismos. La siembra duraba 10 horas (Grandoso e Iribarne, 1965: 7). Marón muestra cómo el diseño inicial de los experimentos se combinaba con intereses muy concretos que definían la tecnología final a utilizar para quemar ioduro de plata. Un dato fundamental, por ejemplo, era que los quemadores en suelo tenían que ser de fácil manejo por parte de los viñateros, quienes serían los encargados de prender aleatoriamente, según instrucciones, los generadores distribuidos entre los 4000mts cuadrados cubiertos con los experimentos.

Según Marón, el proyecto contó con 120 generadores terrestres de ioduro de plata, dos aviones para siembra aérea (un IA-35 Huanquero de la IV Brigada Aérea y un Cessna 195 alquilado a Enrique Stone), un planeador para investigación de convección severa (un ala volante IA-41 Urubú del Instituto Aerotécnico) y dos radares para detección de tormentas (Decca T-41 y MRI del Servicio Meteorológico Nacional) (Marón, 2022).¹¹ Durante el verano de 1961 se analizaron una serie de núcleos naturales de condensación, mediante la captación en impactor en cascada y recuento en cámara de humedad controlada, en superficie, y a las alturas de 600 y 3500 m sobre

¹¹ En las fuentes a veces aparece un Cessna 180 y a veces un 195. Falta dilucidar todavía si se trata de un error de tipeo en los informes.

el suelo, tomando las muestras desde los dos aviones.¹² Asimismo Rosa Pena y Emilio Caimi controlaron la difusión del aerosol de yoduro de plata en altura. El objetivo era determinar si los mecanismos de convección de las zonas eran eficaces para transportar los núcleos glaciógenos producidos por los generadores al nivel del suelo hasta la base de las nubes (FCEN, 1962, pp.61,62; 1963: 134). Además se hacían pruebas de laboratorio que acompañaban el desarrollo teórico de la física de nubes envuelta en la investigación y se desarrollaban estadísticas de núcleos de congelación naturales en la zona de Mendoza (FCEN, 1963: 134).

Se necesitaba además consignar la distribución horaria, mensual, anual y geográfica del número de granizadas, el daño en los viñedos y su relación con parámetros meteorológicos. Como parte de estos estudios, Marón comenta que durante 1960 se utilizó la filmación de nubes de tormenta usando el método de cinematografía acelerada. Se utilizaron cámaras de cielo total Keystone de 16 mm equipadas con cronómetros calibrados a intervalos de 2 y 6 segundos. En simultáneo se ensayó y puso a punto un método para efectuar medidas fotogramétricas de nubes con las mismas cámaras, pero equipadas con teleobjetivos y lentes gran angular. Algunas fallas en el cronómetro de disparo se solucionaron cuando se adquirieron las dos cámaras

¹² El impactador de cascada es un instrumento que mide el rango de alcance de una sustancia particulada a medida que se mueve a través de una abertura con el uso de aerosol. Esta ingresa a una serie de discos diseñados para recolectar sólidos y diferentes partículas y se recoge a medida que pasa a través de los discos. Estos están graduados para determinar adecuadamente el tamaño de las partículas en cada etapa del impactador. Puede colocarse en suelo para medir las partículas de granizo en el exterior de una aeronave (Marón, 2022).

fotográficas de cielo total (con espejos parabólicos) y una filmadora con dispositivos de tiempo para obtener proyecciones aceleradas (Marón, 2022). La técnica fotogrametría utilizada consistía en utilizar una base de dos puestos de observación, a una distancia de 5 a 10km, de coordenadas bien conocidas, en las cuales se determinaba con toda precisión, con teodolitos, las coordenadas de una serie de fotografías simultáneas desde ambos puestos, conectados por transreceptores para la coordinación de los operadores (FCEN, 1963: 135). Recordemos que tanto quienes desarrollaron el *Sierra Wave Project* como quienes llevaron adelante el *Cirrus Project* contaban con todas estas técnicas de construcción de imágenes técnicas en su arsenal y protocolizaban sus prácticas.

A comienzos de 1961 se filmaron con el Radar Deca 93hs de tormenta. El análisis del fílmico se hacía en Buenos Aires, mediante sistemas especiales de proyección y de diagramación. También se desarrollaba allí un estudio estadístico de los diagramas sobre el comportamiento en gran escala de los sistemas tormentosos (FCEN, 1963, pp.137-138). Para mejorar estos estudios se colocó una nueva pantalla mayor, de mejor brillo, equipada con un indicador de modo RHI (Range Height Indicator) que permitía visualizar la altura de la nube bajo observación, al tiempo que el modo PPI (Plan Position Indicator) permitía verla en plano. De esta forma se lograban dos visiones bidimensionales de las nubes (en planta y altura), que a la vez permitían dar al operador radar una idea tridimensional del objetivo y la exploración de la estructura vertical de la tormenta. Por otro lado se contaba con el Radar Movil MRI en el Aeródromo de la ciudad de San Martín bajo el control técnico de Luis Herrera Cantilo de la FCEN. Mediante la filmación de la pantalla de presentación del radar se obtuvieron

registros de unos 250 ecos de precipitación en un radio aproximado de 200 km. La precipitación era visible debido al rebote del pulso electromagnético generado desde el radar en las gotas de agua y cristales de hielo en descenso, que reflectaban la onda hertziana con una atenuación determinada y característica que podía ser medida. Los ecos de los núcleos de granizo daban imágenes particularmente nítidas y fuertes, mientras que el agua circundante o la nube respondían con ecos más suaves o tenues. Se analizaban así el flujo en altura y la aparición, desplazamiento, propagación y desaparición de ecos de precipitaciones. La pantalla RHI fue instalada también en el radar móvil para algunos estudios (FCEN, 1964: 120).

El equipo de la *Operación Granizo* trabajaba en la FCEN sobre temas generales vinculados con ella y los intercambios internacionales en torno a esta área también fueron intensos (FCEN, 1961: 78). Como parte de estos, subrayemos el de Pettersen, en 1960. Recordemos que este junto a Malone, justamente por esos años, estaban intentando promover la idea de que el tema del *Weather Control* era una buena pieza de diplomacia en tanto podía promover estudios de cooperación internacional (American Meteorological Society, 1988). También se registraron viajes de Mariana Weissman a la UCLA, y de John Hallet y de Guy de Soulage a la FCEN (FCEN, 1962: 6; 1963, pp.125-130). En 1963 Jorge Pena y Rosa de Pena viajaron a Francia y Herrera Cantilo a los Estados Unidos y Canadá, donde visitó las Universidades de Pennsylvania State, MIT, Mc Gill, Montreal e Illinois; así como el laboratorio de la USAF en Cambridge involucrado en el *Sierra Wave Project* (FCEN, 1964: 124).

En el marco de esta campaña, se registra una visita que podría estar directamente vinculada al proyecto de la AFOSR. Edinger, de la UCLA, otro de los

integrantes del *Sierra Wave Project*, se instalaba en 1960 por seis meses para realizar investigaciones en Mendoza con el acuerdo de Iribarne y Grandoso. Juntos analizaron la disponibilidad de instrumental adecuado, y convinieron en que Edinger realizara un estudio mesometeorológico de la capa inferior de la atmósfera en la zona de Mendoza (FCEN, 1962: 61). No olvidemos que una de las conclusiones del *Sierra Wave Project* era que se necesitaban más estudios de los perfiles de vientos con datos reales de las ondas de sotavento de las montañas. Probablemente, el estudio de Edinger tuviera vinculación con la obtención de datos que necesitaba la AFOSR para la construcción de modelos de circulación general en los Andes. Los propósitos del estudio dirigido por Edinger se consignaban del siguiente modo:

[...] en la primera etapa se trataba de analizar el campo térmico y el flujo en la capa superficial de la atmósfera en relación con el drenaje de aire frío en la ladera oriental de la cordillera en la zona de Tunuyán y con el espesor de la capa de aire frío. El instrumental para este estudio es el siguiente: 1) una microred de estaciones ya existentes que registran temperatura y humedad; 2) un avión IA45 facilitado por el Instituto Aerotécnico de Córdoba, con su personal de vuelo completo, equipado con termómetros eléctricos de gran sensibilidad, contruidos éstos por el DR. Edinger en los laboratorios del Servicio Meteorológico Nacional; 3) diez anemógrafos facilitados por el SMN; 4) una estación móvil de globos pilotos para la medición de vientos de altura; 5) la estación de radiosondeo de Mendoza (FCEN, 1962 : 65).

El conjunto de las actividades de Edinger en la UBA formaban parte del denominado *Proyecto Brisas*, por su vez integrado a la Campaña experimental de prevención del granizo, desde el 19 de enero de 1961 hasta el 3 de marzo de 1962. El programa

general de observaciones tuvo por objeto el estudio de dos fenómenos importantes en relación con la convección en la zona de Mendoza: 1) el sistema de brisas de llano y montaña y 2) la superficie de separación entre la capa inferior de la atmósfera, afectada por las fuentes de calor y humedad del suelo, y la capa superior afectada por los vientos descendientes de Oeste. El avión DINFIA IA-45 *Querandí* era un avión experimental que en ese momento se encontraban en fase de desarrollo. Marón sugiere que probablemente la referencia a IA45 sea un error tipográfico al escribir IA-35 *Huanquero*, que era un avión militar en servicio de prestaciones muy superiores a las del *Querandí*. Otros dos aviones que se usaron en el proyecto de Edinger eran el DINFIA IA-46 *Ranquel*, para remolcar el planeador tipo *ala volante*, el IA-41 *Urubú*, que fue utilizado también para mediciones de onda de montaña y que probablemente debe haber llevado instrumental o equipos para otras mediciones de la *Operación Granizo* (Marón, 2022).

La segunda etapa del *Proyecto Brisas* tuvo por objeto el estudio del campo térmico de flujo en la capa de aproximadamente 3000 m sobre el suelo, en relación con el sistema de brisas de valle y montañas en la zona de Mendoza y su efecto sobre la convección. El estadounidense aprovechaba las observaciones de una microred de estaciones meteorológicas en la zona del Gran Mendoza y en las zonas cultivadas de San Rafael y Gral Alvear. La información se volcaba en un estudio sobre la estructura térmica de flujo de la capa fría inferior de la atmósfera en la zona de Tunuyán (FCEN, 1962: 63, 130; Cf Edinger, 1963). Se instalaron dos líneas de anemógrafos para registrar el viento de superficie en los siguientes lugares: Rodeo del Medio, San Martín, Santa Rosa, La Paz, Los Arboles, Anchoris y Barrancas YPF. Por otro lado, estas

observaciones eran complementadas con los anemógrafos existentes en el Observatorio Parque San Martín y en el Aeropuerto El Plumerillo. Dos veces por semana se hacían observaciones con globo piloto para medir el viento en altura en San Martín y Santa Rosa a las 15 y 20 hs. Asimismo, dos veces por semana se realizaban tres radiosondeos diarios en el Observatorio del Parque San Martín a las 8, a las 15 y a las 20 hs. Además de las observaciones con el avión para medir la temperatura y la humedad entre Mendoza y La Dormida a una altura entre 2500 y 3000 metros (FCEN, 1963, pp.65, 130). La microred de estaciones de las que se valía Edinger coincidía en parte con la que era necesaria para obtener datos para la siembra de nubes (Marón, 2022). Se trataban de observaciones que, conjuntamente con los datos provistos por la red sinóptica y aerológica del SMN, servían de base a los estudios referentes a la convección y formación de tormentas en la zona (FCEN, 1963: 130). Finalizado la estadía de Edinger en la FCEN, su escrito sobre resultados en Tunuyán sería referido como bibliografía relevante por la USAF (Edinger, 1963; cf. NASA, 1964). En convergencia con los estudios de radar de la *Operación Granizo*, en la zona de Tunuyán, para 1963, se planificaba un plan de mediciones intensivas con los dos radares usados en la *Operación Granizo*. Probablemente el plan estuviese vinculado a darle continuidad al *Proyecto Brisas*.

La *Operación Granizo* concluye en el año 1964, con resultados que no eran conclusivos respecto a la eficacia de la siembra, por no tener un volumen estadístico suficiente. Inclusive, advertían en el informe final que en ciertas condiciones la siembra podía tener un efecto contraproducente, generando granizo donde en condiciones naturales no existiría (Grandoso e Iribarne, 1965, pp.7, 28, 30). Si, tal como como

parece, el *Proyecto Brisas* aportó datos para el trabajo financiado por la AFOSR, la USAF logró en la Argentina continuar con una dinámica con la que sus representantes estaban acostumbrados. Sus objetivos se camuflaban tras la fragmentación de sus proyectos, lo que frecuentemente les facilitaba aprovechar sinérgicamente recursos materiales y humanos, por los que no pagaban, para avanzar con sus informes técnicos. En este caso, se trataban de recursos aportados por la UBA, por el Conicet, por los productores viñateros y por el gobierno de Mendoza.

Perspectivas y conclusiones

En este artículo analizamos las prácticas meteorológicas de los equipos que integró García en los Estados Unidos, financiados por los militares estadounidenses durante la segunda posguerra. Siguiendo algunos proyectos de la USAF, mostramos cómo las teorías sobre circulación general de la atmósfera se combinaban con prácticas de modelización de vientos, de modificación del tiempo atmosférico y con el desarrollo de técnicas de fotografiado de nubes. Señalamos la importancia de este encuadre ligado a los aviadores militares para enfocar adecuadamente el proyecto financiado por la AFOSR en los Andes, así como para entender el perfil de las actividades del Departamento de Meteorología de la UBA. En síntesis, aquí mostramos cómo la USAF requería una información singular de puntos repartidos por el globo para desarrollos teóricos útiles para la aviación. En ese sentido, eran de su interés los estudios derivados de modelos generales sobre ondas de montaña que la FCEN, con financiamiento de la AFOSR, desarrolló en los Andes. Pero además, fue de interés de esa Fuerza la *Operación Granizo*, financiada por instituciones mendocinas y el Conicet,

en tanto compartía con el proyecto estadounidense científicos, técnicos, datos y recursos materiales. De continuarse con el análisis de las actividades involucradas, se encontrará probablemente que la trama de prácticas cruzadas fue aún más densa.

Como vimos, en la FCEN no sólo se desarrollaron estudios de casos para teorías elaboradas por otros, sino que los equipos argentinos participaron en el desarrollo internacional y elaboración conceptual de la disciplina. García financiado por la AFOSR, en diálogo con los estudios de Holmboe, contribuía a desarrollar los modelos analíticos de la meteorología dinámica, indagando en las teorías generales sobre las ondas de los modelos atmosféricos, teniendo en cuenta las características de los flujos de aire y la rotación de la Tierra. Por eso, en parte, en un período que queda fuera del recorte de este artículo, se explica que también Holmboe y sus equipos estuvieran tempranamente financiados por la oficina de desarrollos aeroespaciales. Entre otros temas, la NASA desde 1969 cita profusamente al noruego y a Wurtele cuando lleva adelante una investigación en Sierra Nevada investigando si un dispositivo Lidar era adecuado para detectar ondas del tipo de las que se producían en las cadenas montañosas (Viezee: 1971). Todavía debe investigarse en qué medida los desarrollos liderados por García al respecto, o los desarrollados por la FCEN, también contribuyeron en las indagaciones iniciales de los informes de la NASA o de la comisión de *Weather Modification* de la *National Oceanic and Atmospheric Administration* (NOAA), agencia que desde 1969 se convertiría en líder en investigación y desarrollo en los Estados Unidos. Probablemente algunos aspectos se aclaren gracias a la investigación que lleva actualmente adelante

Gustavo Marón, sobre la influencia de esta última institución en el país.¹³ Por lo pronto, desde 1964 los informes de Grandoso e Iribarne serían citados como parte de las publicaciones reseñadas y catalogadas por la NASA, así como las publicaciones sobre núcleos de ioduro de plata de Pena, Caimi, e Iribarne (NASA: 1964).

Para una perspectiva más general al respecto deberían tenerse en cuenta también aspectos señalados por Cushman sobre los conflictos entre naciones promovidos por el neocolonialismo del siglo XX en Latinoamérica. El autor muestra una suerte de geopolítica de las prácticas meteorológicas y de sus escuelas de

¹³ Debe tenerse en cuenta también que ya en 1961 la FCEN había recibido dos invitaciones de otras instituciones para participar en trabajos de estudio en la alta atmósfera. Una provenía del Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas de las Fuerzas Armadas, la otra de la Comisión de Investigaciones Espaciales. Se financió entonces un proyecto y se acordó que la Facultad se limitaría al estudio de vientos hasta 80 km mediante el seguimiento de blancos de radar portados por cohetes. Herrera Cantilo y Zawadzki trabajaron con el Ing. Carlos Burundarein, miembro del Conicet y de las Fuerzas Armadas, sobre este problema. (FCEN, Memorias año 1961: 63) Asimismo, deben estudiarse con más detalle la utilización en investigaciones del radar que el U.S. Weather Bureau cede en 1963 al Departamento de Meteorología. Se trataba de un radar militar en desuso, el M-33, que mediante una serie de modificaciones financiadas por U\$S 40000 del Conicet, se constituyó en un radar de investigación meteorológica de posibilidades excepcionales (...). Este equipo se destinó a investigaciones en mesometeorología, en física de nubes y en radar-meteorología (FCEN, Memoria 1963, 120). Herrera Cantilo viajó a los Estados Unidos a hacer los arreglos necesarios para llevar a cabo la modificación y adaptación de ese radar (FCEN, Memoria 1963, 124).

investigación en relación con la expansión de la industria aeronáutica y las rutas aéreas (Cushman 2006). Señala cómo se agudizaron las diferencias entre los llamados primer y tercer mundo, así como se exacerbaban las disparidades regionales en términos de riquezas, productividad, experticia e innovación. Sus líneas de análisis podrían combinarse con diversos estudios en relación a otras prácticas científicas y técnicas en la región (Cushman 2006: 208; cf. Albornoz, 2007; Kreimer, 2019; Cueto 1990, 1994, entre otros). Teniendo en cuenta estas perspectivas, esperamos que este estudio se vea enriquecido por futuros trabajos sobre la influencia de la USAF en otras las dependencias públicas argentinas.

Referencias bibliográficas

- Albornoz, M. (2007), "Argentina: modernidad y rupturas", en J. Sebastián (Ed.), *Claves del desarrollo científico y tecnológico de América Latina*. Madrid: Siglo XXI.
- American Meteorological Society (1988), Entrevista a Thomas Malone del 11 de febrero de 1988 por John S. Perry. Cambridge: Tape Recorded Interview Project of the University Corporation for Atmospheric Research
- Buchbinder, P. (2005), *Historia de las Universidades argentinas*. Buenos Aires, Sudamericana.
- Bushnell, D. (1965), "The United States Air Force and Latin American Research", *Journal of Inter-American Studies*, 7(2), pp. 161-178.
- Califa, J. S. (2014), *Reforma y Revolución. La radicalización política del movimiento estudiantil de la UBA 1943-1966*, Buenos Aires, EUDEBA.

Cueto, M. (1990), "The Rockefeller Foundation's Medical Policy and Scientific Research in Latin America", *Social Studies of Science*, 20, pp. 229-255.

Cueto, M. (1994), "Laboratory Styles in Argentine Physiology", *Isis*, 85, pp. 228-246.

Cushman, G. (2006), "The Struggle over Airways in the Americas, 1919-1945: Atmospheric Science, Aviation Technology, and Neocolonialism", en Fleming, J. R., Jankovic V. En D.Coen (Ed.), *Intimate Universality. Local and Global Themes in the History of Weather and Climate. Sagamore Beach: Science History Publication*, pp. 175-222.

Diaz de Guijarro, E. (2010), *Espíritu crítico y formación científica. El ingreso a la UBA en los años 60*, Buenos Aires, Eudeba.

Diaz de Guijarro, E., Baña, B., Borchés, C. y Carnota, R. (2015), *Historia de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales*, Buenos Aires, Eudeba.

Estébanez, M. E. (2019), "El rol de la cooperación científica en los procesos de modernización de la ciencia argentina durante los años sesenta", *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad - CTS*, 14 (42), pp. 173-197.

Feld, A. (2015), *Ciencia y política(s) en la Argentina, 1943-1983*, Bernal, Universidad Nacional de Quilmes.

González, J (Ed.) (2019), *¡No está muerto quien pelea! Homenaje a la obra de Rolando V. García Boutige*, Ciudad de México, UNAM.

Grubišić, V. y Lewis, J. (2004), "Sierra wave Project Revisited 50 Years Later", *Bulletin of the American Meteorological Society*, 85, pp.1127- 1143.

Harper K. (2008), *Weather by numbers: the genesis of modern meteorology*, Cambridge, Massachusetts: The MIT Press.

Halbritter, F. (2006), *Historia de la Industria Aeronáutica Argentina*, Tomos I y II. Buenos Aires, Asociación de Amigos de la Biblioteca Nacional de Aeronáutica.

Halperin Donghi, T. (1965), *Historia de la Universidad de Buenos Aires*, Buenos Aires, Eudeba.

Hurtado, D. (2010), *La ciencia argentina. Un proyecto inconcluso: 1930-2000*, Buenos Aires: Edhasa.

Hurtado, D. y Feld, A. (2008), “50 años de CONICET”, *Los avatares de la ciencia. Nómada*, 12, pp. 2-7.

Kokinchak, B. G. (2014), *Weather Modification As Weapon of War. A Thesis Submitted to the Faculty of the History Department in Candidacy for the Degree of Master of Arts*, Connecticut, Dandbury.

Kreimer, P. (2019), *Science and Technology in Latin America. Peripheral Modernities*, Nueva York y Londres, Routledge.

Leitenberg, M. (1985), *Weather modification: the evolution of an R&D Program into a military operation. Studies of Military R&D and Weapons Development* by, Maryland, Research Scholar Center for International and Security Studies University of Maryland, College Park National.

Lalouf, A. y Thomas, H. (2004), “Desarrollo Tecnológico en Países Periféricos a Partir de la Cooptación de Recursos Humanos Calificados. Aviones de Caza a Reacción en la Argentina”, *Convergencia*, 35, pp. 221-248.

Marón, G. (2022), *Historia de la Lucha Antigranizo*, manuscrito gentileza del autor.

Rieznik, M. (2022) “Los ojos de los pilotos bombarderos. Microscopía electrónica en Argentina y Fuerzas Aéreas estadounidenses”, *Revista Iberoamericana de Ciencia, Tecnología y Sociedad – CTS, número especial Fronteras CTS en Argentina y Brasil*, pp. 9-35, 2022.

Roederer, J. (2022), “Rolando por Juan. García por Roederer.”, *La Ménsula*, 36, pp. 1-12

Sigal, S. (2002), *Intelectuales y poder en Argentina. La década del sesenta*, Madrid: Siglo XXI.

Turner, R. (2006), “Teaching the Weather Cadet Generation. Aviation, Pedagogy and Aspirations to a Universal Meteorologú in América, 1920-1950” en Fleming, J. R., Jankovic V., D. Coen, D. (Ed.), *Intimate Universality. Local and Global Themes in the History of Weather and Climate*, Sagamore Beach: Science History Publication, pp. 141-173.

Fuentes

CD (1960), Acta del Consejo Directivo de la FCEN del 8 de noviembre. Buenos Aires: UBA.

CD (1959), Acta del Consejo Directivo de la FCEN del 23 de febrero. Buenos Aires: UBA.

Edinger, J. G. (1963), The Nocturnal Cold Layer in the Tunuyan Valley. Fasciculo 4, Departamento de Meteorologia, Universidad de Buenos Aires.

FCEN (1961), Memoria 1960. Buenos Aires: UBA

FCEN (1962), Memoria 1961. Buenos Aires: UBA

FCEN (1963), Memoria 1962. Buenos Aires: UBA

García, R. (2010), Currículum Vitae.

García, R et al. (1953), Science Policy making. Science Policy Mission. Project Number ecy/74/018. California: UCLA.

Garcia, R. (1956), Barotropic Waves in Straight Parallel Flow with Curved Velocity Profile. *Tellus*, 8 (1), 82-93.

García R., Malone T.F. (Ed.) (1966), Problems of Atmospheric Circulation, A session of the sixth International Space Science Symposium. Washington y Londres: Spartan Books- Macmillan and Co., Ltd.

Grandoso, H. e Iribarne, J. (1965), Experiencias de Modificación Artificial de Granizadas en Mendoza. Temporadas 1962-63 y 1963-64 e Informe Final de cinco temporadas. Serie Meteorología. Buenos Aires: FCEN.

Gustafson, A. F. (1949), Final report on the upper-level winds Project. Department of Meteorology. California: UCLA.

Kohler, F.D. (1967), Memorandum From the Deputy Under Secretary of State for Political Affairs (Kohler) to Secretary of State Rusk (1967). Edward, Patterson, David (ed) (1998) *Foreign Relations, 1964–1968, Volume XXVIII*. Washington: United States Government Printing Office, pp. 545- 553

Holmboe, J. (1963), Instability of Stratified Shear Flow. Final Report prepared for GRD, Air force Cambridge Research Laboratories, Office of Aerospase Research, US air Force, UCLA, contract AF 19(694)- 7999, proyect 8628 task 86280). Cambridge: AFRL

Holmboe, J y Klieforth, H (1957), Investigation of mountain lee waves and the air flow over the Sierra Nevada. Department of Meteorology, UCLA Final Report of Contract AF 19(604)-728. California: UCLA.

Lagmuir, I., Schaefer, V., Vonnegut, B., Maynard, K., Smith-Johannsen, R., Blanchard, D., Falconer, R. (1948), Project Cirrus, final Report in Contract W-36-039-SC-32427. Nueva York: General Electric CO Schenectady.

Naciones Unidas (1960), Asamblea General. Documentos oficiales de la 883ª sesión plenaria del 3 de octubre, 351-369.

Naciones Unidas (1976), Convention on the Prohibition of Military or any other Hostile Use of Environmental Modification Techniques. Official Records of the General Assembly-Thirty first Session, Supplements, 27, 36-37

Naciones Unidas (1978), Disarmament. *Treaty Series* , vol. 1108, 3-4.

NASA (1964), Scientific and Technical Aerospace Report. Washington: United States Government.

Viezza, W. (1971), Final Report NASA CR-111916. An Investigation of the mountain wave turbulence with lidar observation. Satandford, SRI.

OAR, (1963). A Survey of the Research Activities of the Office of Aerospace Research. Washington: United States Air Force.

Schaefer, V. J. (1947), Heat Requirements for Instruments and Airfoils during Icing Storms on Mt. Washington. Transactions of the A. S. M. E, 69, 843-846.

Schaefer, V. J (1945), Final Report on Icing Research, July 1, 1945 to July 1, 1946. ATSC. Contract W-33-038AC- 9151

Schaefer, V. J (1946), The Production of Ice Crystals in a Cloud of Supercooled Water Droplets. Science, 104, 2707 , pp. 457-459.

Schaefer, V. J. (1948), The Natural and Artificial Formation of Snow in the Atmosphere. Transactions, American Geophysical Union, 29 (4), pp. 492-498.

Science Foundation (1965), Weather and Climate Modification. Report of the Special Comission on Weather Modification. Washington: NSF

UCLA (1953), The Upper Level Winds Project: final Report. California: Departamento de Meteorología.

U.S. Department of Commerce (1954), Bibliography of Technical Reports. Ohio: Busines and Defense Services Administratios. Office of Technical Services.

Artículo recibido el 23 de febrero de 2023

Aprobado para su publicación el 15 de septiembre de 2023