



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

**Posgrado en Filosofía de la Ciencia
Campo de Conocimiento: Historia de la Ciencia**

**Instrumentos Científicos en Movimiento.
Historia del Acelerador Van de Graaff del
Instituto de Física de la UNAM
(1950-1963)**

Tesis que para obtener el grado de:

Maestra en Filosofía de la Ciencia
presenta:

Adriana Minor García

Tutora: Dra. Gisela Tamhara Mateos González

México, Distrito Federal

Agosto 2011



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas

Tesis Digitales

Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

Agradecimientos

Han pasado dos años desde que comencé los estudios de maestría en el Posgrado de Filosofía de la Ciencia y ahora me encuentro cerrando este ciclo con la presentación de mi tesis de maestría. Para lograrlo, conté con el apoyo, el cariño y la solidaridad de la Dra. Gisela Mateos. Llevamos muchos años trabajando juntas y tengo mucho que agradecerle a nivel personal y profesional.

A los miembros del jurado les agradezco su atenta lectura y las valiosas observaciones con las que, sin duda, contribuyeron a mejorar esta tesis: Dra. Edna Suárez, Dra. Susana Biro, Dr. Jorge Rickards y Dr. Luis Estrada.

Aprendí mucho de los profesores con los que tomé los cursos de la maestría. A ellos les agradezco su esmero, dedicación y enseñanzas.

A mis compañeros también dedico este trabajo. Las discusiones y los ratos de esparcimiento fueron siempre alentadores para continuar por este camino. En especial agradezco el apoyo y la amistad de Ana Medeles, Joel Vargas, Blanca Uribe, Adreissa Páez, Julia Sánchez, Alejandra Vieyra y Abraham González.

A Sherezada González, Sergio Alcalá, Pedro Corona, Armando Cárdenas, Gabriela Martínez, Jorge Narro y Ociel Mora, les agradezco su amistad incondicional. Han pasado tantos años y aún seguimos acompañando nuestro camino.

A mis padres, hermanos y mi sobrino Dael, les dedico todo mi esfuerzo y dedicación.

Estudiar la maestría fue posible gracias a la beca que me otorgó el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología. Este trabajo es el resultado del compromiso que adquirí al ser beneficiaria del sistema nacional de becas para posgrado.

A la coordinación del Posgrado en Filosofía de la Ciencia y su personal de apoyo les agradezco la orientación y atención que siempre nos ofrecieron.

Finalmente, dedico esta tesis a la UNAM, institución que se ha convertido en mi casa por poco más de diez años. Aquí he encontrado siempre un espacio para soñar y vivir en libertad.

Esta lista de agradecimientos es incompleta y seguro es que he omitido injustamente el reconocimiento a todos los que me han apoyado en este proceso. Aunque no he escrito sus nombres, quiero que sepan que han dejado una huella profunda en mí y que esta tesis es la materialización del apoyo que siempre recibí.

ÍNDICE

Introducción	1
1. Adquisición del Acelerador Van de Graaff	6
1.1 <i>El Proceso de Consolidación del Instituto de Física de la UNAM</i>	<i>7</i>
1.2 <i>Negociaciones y Financiamiento</i>	<i>16</i>
-Acercamiento al instrumento	17
-Negociaciones en México	22
-Financiamiento	26
1.3 <i>El Van de Graaff y Ciudad Universitaria</i>	<i>27</i>
-La Construcción de Ciudad Universitaria	27
-Un Edificio para el Van de Graaff	30
-El Mural de Chávez Morado	33
1.4 <i>Los Preparativos para la Instalación del Instrumento</i>	<i>36</i>
-Entrenamiento en el MIT	39
-Las Visitas de William Buechner	44
2. El Van de Graaff y sus Significados en el Discurso de la Modernización y la Conformación de la Nuclearidad en México	48
2.1 <i>El Van de Graaff en la Prensa Escrita</i>	<i>48</i>
-El Van de Graaff, Ciudad Universitaria y la Modernización del País	50
-Las aplicaciones del Van de Graaff a Problemas Sociales y los Usos Pacíficos de la Energía Nuclear	58
2.2 <i>El Van de Graaff y el Internacionalismo Científico de la Posguerra</i>	<i>62</i>
-Internacionalismo Científico, Usos Pacíficos de la Energía Nuclear y el Discurso del Desarrollo	62
-Participación de México en el Internacionalismo Científico de la Posguerra	67
3. Cultura Material y Prácticas Experimentales del Van de Graaff	74
3.1 <i>Instalación y Apropiación del Instrumento</i>	<i>78</i>
3.3 <i>El Espectrógrafo Magnético de Marcos Mazari</i>	<i>88</i>
3.4 <i>Publicaciones y Líneas de Investigación</i>	<i>93</i>
-Núcleos Ligeros: Conexión IF – MIT	94
-Thomas Bonner y la Técnica de los Neutrones Rápidos	98
-Estudios sobre Precipitación Radioactiva	102
Conclusiones	105
Bibliografía	111

Introducción

El eje principal del presente estudio es un instrumento científico. Parto del reconocimiento de la importancia de los instrumentos en la actividad científica, no sólo por sus usos, sus funciones directas y su valor como herramienta, sino también por sus significados e implicaciones. Las prácticas instrumentales en la ciencia, como las teóricas y experimentales, están situadas histórica, social y culturalmente y tienen una dinámica propia con la que se revela su grado de autonomía respecto de las otras prácticas científicas.

En lo que respecta a las prácticas instrumentales, en la segunda mitad del siglo XX los historiadores y filósofos de la ciencia mostraron la enorme riqueza de su dinámica particular y sus implicaciones en las prácticas de las ciencias. Un primer elemento a considerar en la indagación histórica de los instrumentos científicos es que éstos requieren de legitimación y validación, y a su vez son elementos legitimadores de la ciencia. Una referencia fundamental en relación a lo primero, es el libro de Simon Shaffer y Steven Shapin, *Leviathan and the Air-pump*, [Shaffer y Shapin, 1985] en el que mostraron la controversia desatada entre Robert Boyle y Thomas Hobbes en torno a si el instrumento y la experimentación constituían una forma legítima de obtención de conocimiento dentro de las prácticas de la filosofía natural en el siglo XVII. En el caso de la meteorología se encuentra un ejemplo de que los instrumentos legitiman prácticas como científicas, pues con el uso de termómetros, barómetros, entre otros instrumentos de predicción del tiempo, se tuvo un elemento indispensable para que esta disciplina fuera reconocida como una ciencia. [Anderson 2005]

Los instrumentos no son exclusivos de las disciplinas y circulan de una a otra de múltiples maneras. Tal es el caso de la cámara de niebla que originalmente era usada en la meteorología y que en las primeras décadas del siglo XX se convirtió en un instrumento importantísimo para la física de

partículas. [Assmus y Galison 1989] Este caso permite mostrar que los instrumentos no son teleológicos respecto de sus usos y resultados, lo cual beneficia su movilidad por diferentes disciplinas.

En la movilización de instrumentos a nuevos contextos disciplinares o geográficos intervienen procesos de apropiación en los que se les otorgan nuevos usos y significaciones. Esto lleva a dos reflexiones importantes: que los instrumentos circulan y al hacerlo, se modifican dependiendo de las circunstancias del nuevo contexto, para lo cual intervienen procesos de apropiación. [Bourghet, et. al. 2002]

Para este estudio retomaremos la noción de cultura material para dar cuenta de la relación que se establece con el instrumento y las prácticas que se generan en torno a éste. Galison usó el término para discutir las tradiciones que denominó de la lógica y de la imagen en lo que se refiere a la detección y análisis de partículas subatómicas. [Galison 1997] Con este trabajo introdujo la noción de cultura material a las discusiones sobre los instrumentos científicos en la física del siglo XX, de ahí que su enfoque sea pertinente para este trabajo. Sus reflexiones sobre la dinámica propia de las prácticas instrumentales y la cultura material que se generan en torno a los instrumentos, muestran su importancia y riqueza en el estudio de la física y de la ciencia en general. Galison retomó reflexiones de antropólogos y arqueólogos en relación al uso del término “cultura material”. Aunque definido de múltiples maneras, lo que Galison destaca es el análisis de los objetos tomados por sí mismos, entendidos en relación con la cultura en la que están inmersos y la que se genera en torno a éstos. Una de sus referencias más importantes es Nicholas Thomas, para el cual “... los objetos no son aquello para lo que fueron hechos, sino lo que han llegado a ser”¹ [Thomas 1991, 4] Lo que sostienen es que los artefactos no son estáticos y que sus usos y significados no son fijos, sino que cambian de identidad mediante procesos de apropiación en contextos sociales, políticos y culturales particulares. En el caso de los instrumentos en el laboratorio, Galison sostiene que “... las máquinas del laboratorio pueden

¹ “...objects are not what they were made to be but what they have become.” [La traducción es mía]

atrapar nuestra atención si son entendidas como cargadas de significados, no sólo relacionadas con sus funciones directas, sino también dando cuerpo a estrategias de demostración, relaciones de trabajo en el laboratorio y con conexiones materiales y simbólicas con las culturas externas donde estas máquinas se han establecido.”² [Galison 1997, 2]

Para la construcción, operación y uso de los instrumentos científicos se requiere de un tipo de conocimiento que circula mediante el entrenamiento personalizado, el conocimiento tácito. [Collins 2001] Es un tipo de conocimiento que involucra el desarrollo de habilidades que se aprenden en la práctica y que requiere del contacto personal con quienes tienen experiencia en el uso del instrumento, para lo cual no basta con la lectura de manuales, fórmulas, diagramas o instrucciones.

En este estudio entiendo que el instrumento se sitúa en un contexto particular, se moviliza y se le asocian múltiples significaciones. El instrumento se define a través de sus significados y éstos se construyen al ser movilizadado a través de diferentes espacios, no sólo en un sentido físico, sino también en uno discursivo.

La adquisición del acelerador Van de Graaff en 1950 es un episodio relevante en la historia del *Instituto de Física* de la *UNAM* y es fundamental en el proceso de institucionalización y profesionalización de esta disciplina en México. Sobre este último tema existen algunos trabajos tendientes a resaltar el papel de los personajes de la ciencia en México, sus aportaciones y las instituciones que fundaron. En estos trabajos no se han abordado los instrumentos científicos desde la perspectiva que planteo en la presente investigación y en ese sentido, se trata de una historia que no se ha hecho. El interés inicial en este acelerador surgió a partir de una investigación previa sobre la historia del *Instituto de Física* en el periodo 1938-1955. [Minor 2009] Dicha investigación mostró que en los inicios de los años cincuentas, con la construcción de sus instalaciones en Ciudad Universitaria y

² “I will argue that laboratory machines can command our attention if they are understood as dense with meaning, not only laden with their direct functions, but also embodying strategies of demonstration, work relationships in the laboratory, and material and symbolic connections to the outside cultures in which these machines have roots.” [La traducción es mía]

la adquisición del Van de Graaff, las condiciones del Instituto mejoraron sustancialmente en cuestión de personal, líneas de investigación e infraestructura, lo que permitió su consolidación.

El proceso de adquisición del Van de Graaff es el tema central del capítulo 1, donde muestro la convergencia de diferentes procesos que involucran movilizaciones del instrumento en la consolidación del *Instituto de Física*, en el proyecto de Ciudad Universitaria y en la inserción del gobierno mexicano en las políticas internacionales sobre los usos pacíficos de la energía nuclear. El acelerador fue comprado como un instrumento para el Instituto y la negociación para su adquisición cruzó por los espacios del proyecto de Ciudad Universitaria, por lo que es particularmente relevante mostrar cómo se ligaron ambas historias.

En el capítulo 2, analizaré cómo con el Van de Graaff se enarbolaron discursos tendientes a fortalecer una idea del país en el rumbo hacia la modernización. El discurso de la modernización era clave para los gobiernos de los años cuarenta y cincuenta. Sin embargo, no es evidente que un instrumento científico sirviera para dichos propósitos. La movilización del Van de Graaff en este sentido se justificó en parte por el reposicionamiento de la ciencia y la tecnología en las políticas internacionales, en donde representaban una vía potencial para la solución de problemas sociales y como un indicador del nivel de desarrollo de los países. El seguimiento de la presencia del instrumento en la prensa nacional, en los discursos sobre Ciudad Universitaria y en los espacios de negociación y representación internacional, es fundamental para entender esta movilización y para analizar los significados que el instrumento adquirió con ello.

Como veremos en el capítulo 3, el acelerador llegó a Ciudad Universitaria a mediados de 1951. Meses atrás, el físico Fernando Alba Andrade y el ingeniero electricista Eduardo Díaz Losada fueron al *High Voltage Laboratory* (HVL) del *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) para aprender detalles sobre la instalación y funcionamiento del instrumento, bajo la asesoría del director del laboratorio, William Buechner. La instalación del instrumento en las condiciones del edificio que fue

construido para ello, implicó un proceso de apropiación. Así mismo, se construyeron instrumentos con los que se buscaba calibrarlo y se emprendieron proyectos de construcción de otros instrumentos complementarios al acelerador, cuyos diseños provenían de instrumentos que se usaban en el *HVL*. De esta manera se conformó una tradición en la construcción de instrumentos científicos en el *Instituto de Física* y que refieren a la cultura material generada a partir del Van de Graaff.

Las prácticas experimentales que se emprendieron con el acelerador estuvieron vinculadas con las de grupos de investigación en, básicamente, dos instituciones norteamericanas: el *High Voltage Laboratory* del MIT y el *Departamento de Física* de la *Universidad de Rice*. Las investigaciones que se hicieron con el instrumento se centraron en la indagación de propiedades de los núcleos ligeros y en la técnica de obtención de neutrones rápidos. Finalmente, en 1963 fue modificado con el fin de acelerar electrones, en vez de partículas positivas, como se hacía originalmente. Este cambio es sustancial respecto de la disposición del instrumento, las investigaciones y el grupo de trabajo, por lo que el periodo que consideraré es de 1950 a 1963.

Las fuentes primarias que consulté para esta investigación provinieron del *Archivo Histórico de la UNAM* (fondos Nabor Carrillo, Universidad Nacional y Memoria Universitaria) y del *Archivo General de la Nación* (archivo Carlos Lazo). Así mismo, se usaron los recursos de la *Hemeroteca Nacional Digital de México* para ubicar los artículos relacionados con el Van de Graaff que fueron publicados en la prensa nacional de los años cincuenta. También recurrí a los artículos científicos publicados en la *Revista Mexicana de Física* y otras revistas internacionales para darle seguimiento al proceso de apropiación del acelerador, las modificaciones, los instrumentos construidos y las prácticas experimentales en el *Laboratorio Van de Graaff*. Finalmente, los estudios sobre episodios de la física en México y el programa nuclear mexicano, fueron una referencia fundamental, así como los libros conmemorativos publicados por el *Instituto de Física*.

Capítulo 1. *Adquisición del acelerador Van de Graaff del Instituto de Física*

En este capítulo ubicaré el proceso de adquisición del acelerador electrostático Van de Graaff del *Instituto de Física* de la *UNAM* (IF) en relación con otros procesos locales y del contexto internacional. Comenzaré siguiendo el proceso de consolidación del *IF* desde su creación y hasta la construcción de sus instalaciones en Ciudad Universitaria, para lo cual tuvieron particular importancia los convenios, donaciones y becas otorgadas por instituciones estadounidenses, en un contexto donde el gobierno de Estados Unidos promovía el establecimiento de vínculos con países de latinoamérica. Los vínculos generados desde entonces intervinieron en la elección del instrumento y su adquisición impulsó la consolidación del *IF*.

En el segundo apartado revisaré el proceso que se siguió para adquirir el acelerador Van de Graaff. En 1952, el ingeniero en mecánica de suelos formado en la *Universidad de Harvard*, Nabor Carrillo, visitó la compañía que fabricaba los aceleradores electrostáticos Van de Graaff, la *High Voltage Engineering Corporation*. A su regreso discutió con los directores de los institutos de *Matemáticas y Física* de la *UNAM*, Alberto Barajas y Carlos Graef, y con el jefe del *Departamento de Física* de la *Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica*, Manuel Sandoval Vallarta, la idea de adquirir un acelerador de ese tipo para el *Instituto de Física*. Buscaron el apoyo del gerente general del proyecto de Ciudad Universitaria de la *UNAM*, el arquitecto Carlos Lazo, con el fin de conseguir los recursos para comprar un acelerador Van de Graaff. Con ese propósito, Lazo convenció al presidente del *Patronato Universitario* y del *Banco de México*, Licenciado Carlos Novoa, que se reuniera con Miguel Alemán, presidente de la República de 1946 a 1952. Con estas gestiones se obtuvo el apoyo de Alemán y la asignación de recursos del proyecto de Ciudad Universitaria para

comprar el instrumento.

El proyecto de Ciudad Universitaria y la adquisición del Van de Graaff son historias que se encuentran estrechamente ligadas. Con el fin de mostrar cómo convergieron ambas historias y de qué modo se mezclaron, dedicaré el tercer apartado a la relación Van de Graaff-Ciudad Universitaria.

En el proceso de adquisición del instrumento se requirió de la construcción del edificio para instalarlo en Ciudad Universitaria, el entrenamiento de científicos mexicanos en el *MIT* y la definición del plan de trabajo. En los últimos dos puntos William Buechner, encargado del *High Voltage Laboratory* del *MIT*, jugó un papel determinante. Por último mostraré cómo se construyó esa relación y en qué contexto.

1.1 El Proceso de Consolidación del Instituto de Física de la UNAM

La construcción de Ciudad Universitaria, el traslado a sus instalaciones en ese espacio y la adquisición del acelerador Van de Graaff, representan un paso decisivo en el proceso de consolidación del *Instituto de Física* de la *UNAM* (IF). Previo a ello, las donaciones, convenios de colaboración y el otorgamiento de becas fueron determinantes como parte de este proceso. También contribuyeron los vínculos que se establecieron y mantuvieron con científicos norteamericanos apoyados por la política del gobierno norteamericano hacia latinoamérica. La incorporación de líneas de investigación en el Instituto fueron determinadas en la práctica por las donaciones y convenios, así como por los becarios mexicanos que se formaron en Estados Unidos. En relación a las prácticas experimentales e instrumentales, las investigaciones sobre la radiación cósmica fueron las más importantes desde la creación del Instituto y hasta finales de los cuarentas. En cuanto a las prácticas teóricas, se trabajó en los temas de la radiación cósmica y la teoría de Gravitación de Birkhoff. Aunque en la planificación de los trabajos del Instituto era considerada la vinculación con problemas locales, sólo en contadas ocasiones se desarrolló alguna investigación en ese sentido, como en el caso de la datación de piezas

arqueológicas mediante el método del carbono 14 y las investigaciones sobre cimentación para la construcción de edificios en la Ciudad de México. Las condiciones materiales y de presupuesto del Instituto fueron limitadas, por lo que su crecimiento fue lento en cuestión de personal e incorporación de líneas de investigación. Aún en esas circunstancias, se procuró la publicación de artículos y presentación de trabajos en congresos. A partir de los años cincuentas, con el traslado a Ciudad Universitaria y la compra del instrumento Van de Graaff, se contrató más personal, se generaron nuevas prácticas científicas y se consolidó una tradición en la construcción de instrumentos.

En febrero de 1939 el Consejo Universitario de la *Universidad Nacional Autónoma de México* (UNAM) aprobó transformar el *Instituto de Ciencias Físicas y Matemáticas*, creado el año anterior,³ en el *Instituto de Física*, con lo cual se desprendía de las investigaciones en matemáticas en espera de la creación del instituto correspondiente.⁴ Fue la primera institución en México dedicada a la investigación en física y la única en la primera mitad del siglo XX. En la planeación que acompañó su creación se consideraban múltiples líneas de investigación, aunque en la práctica sólo se lograron iniciar los trabajos en el tema de la radiación cósmica, aspectos teóricos y experimentales. Ambos aspectos fueron orientados a corroborar y contribuir con nuevos estudios en relación a la propuesta teórica que había hecho Manuel Sandoval Vallarta en colaboración con George Lamaitre en 1933, con la cual había ganado prestigio internacional.⁵

³ Archivo Histórico de la UNAM [en lo que sigue AH-UNAM], Fondo Memoria Universitaria [en lo sucesivo FMU], sección Rectoría. “Informe que rinde el rector de la UNAM al H. Consejo Universitario sobre las actividades desarrolladas por la Universidad hasta el 1o. de febrero de 1939”. 1939.

⁴ AH-UNAM, Fondo Universidad Nacional [a partir de aquí FUN], sección Rectoría, serie 1/073 proyectos, caja 43, exp 413. “Programa de labores del Instituto de Física para el año 1939”. 23 de enero, 1939.

⁵ A principios del siglo XX se sabía que si se dejaba aire en reposo en un recipiente cerrado herméticamente y libre de polvo, se podía detectar una ligera conductividad, es decir que el aire se ionizaba con el paso del tiempo. Se pensó que la ionización del aire podía ser debida a alguna clase de radiación que llegaba continuamente del exterior, la cual fue llamada radiación cósmica. En 1913, Victor Franz Hess realizó experimentos con los cuales midió la ionización del aire a diferentes alturas y en diferentes horas del día. A partir de sus experimentos mostró que existía una radiación de origen exterior (radiación cósmica) que llegaba continuamente a la Tierra, razón por la cual le fue otorgado el Premio Nóbel en 1936. Con motivo del Año Internacional de Geofísica, en 1932 Arthur Compton realizó un viaje por algunos sitios de Hawai, Nueva Zelanda, Perú, Panamá y México, con el objetivo de comprobar que la intensidad de la radiación cósmica dependía de la latitud geomagnética, siendo mínima cerca del ecuador geomagnético, fenómeno que fue llamado efecto de latitud de la radiación cósmica. Así mismo, suponían que la radiación cósmica estaba constituida por partículas cargadas eléctricamente que llegaban a la Tierra desde el espacio exterior a gran velocidad. En ese sentido, George



Imagen 1. Manuel Sandoval Vallarta y George Lamaitre [Fotografía tomada del libro *Historia Gráfica del Instituto de Física*].

Sandoval Vallarta fue un actor fundamental en el *IF* desde que fue creado. Entonces era profesor titular en el *Departamento de Física* del *MIT*. Aunque sus principales trabajos los hizo en esa institución, en múltiples ocasiones ofreció conferencias en la *Sociedad Científica Antonio Alzate* en relación a las investigaciones que realizaba [INEHRM 1987]. Así se mantuvo en contacto con quienes promovieron la profesionalización e institucionalización de la física y las matemáticas en la *Universidad Nacional de México*, principalmente Ricardo Monges López y Sotero Prieto. [Ramos 2007] Los directores del Instituto, Alfredo Baños en el periodo de 1939 a 1943⁶ y Carlos Graef de 1945

Lamaitre y Manuel Sandoval Vallarta desarrollaron una teoría cuantitativa del movimiento de una partícula cargada eléctricamente en el campo magnético terrestre. En 1933, Lamaitre y Vallarta publicaron su teoría en un artículo de la revista *Physical Review*. [INEHRM 1987]

⁶ Alfredo Baños renunció al cargo de director del Instituto de Física en 1943. En su carta de renuncia alude “motivos personales ya conocidos”. Se refiere a la acusación de plagio del libro de Física Atómica de Henry Semat. Esto sucedió al tiempo que Baños gestionaba la donación de instalaciones por parte de la Secretaría de la Defensa Nacional, acción que no tuvo respaldo ni de las autoridades universitarias ni del personal del Instituto. En respuesta a la acusación, Baños fue a visitar al editor y al autor del libro que supuestamente había plagiado. Ambos enviaron una carta al rector de la Universidad, Rodolfo Brito Foucher, en donde decían que encontraban que Baños había hecho un uso adecuado del libro original y que no consideraban que hubiera motivos para acusarlo de plagio. [Minor 2009] Es un episodio que suele obviarse. Sin embargo, es importante señalarlo pues dio pie a un estancamiento en el Instituto. Ésto cambió con la reorganización que promovió Carlos Graef cuando fue nombrado director en 1945.

a 1957, fueron alumnos de Sandoval Vallarta durante sus respectivos estudios de doctorado en el *MIT*. Así mismo, gestionó convenios de colaboración con el Instituto y promovió la incorporación de investigaciones en el tema que él trabajaba. A partir de 1943 se incorporó como parte del personal del Instituto y ocupó diversos cargos públicos en la Universidad y en el gobierno mexicano en cuestión de coordinación y determinación de políticas científicas en el país.

Entre 1938 y 1943, Baños promovió los trabajos en la parte experimental de la sección de Radiación Cósmica, los cuales estarían dedicados a la construcción de un detector de radiación cósmica para la realización de estudios con el fin de comprobar la teoría de Lamaitre-Vallarta. Dichas investigaciones fueron producto de un convenio de colaboración entre la *Universidad de Chicago*, el *MIT* y la *Universidad Nacional de México* firmado en 1937, el cual fue gestionado por Sandoval Vallarta, Arthur Compton y Monges López.⁷ Para la construcción del contador, Compton donó unos contadores de partículas y radiación Geiger-Müller.⁸ Este importante científico norteamericano, estuvo en México en 1932 para realizar mediciones de intensidad de radiación cósmica y a partir de entonces Sandoval Vallarta impulsó ese tipo de estudios en México. Para esa visita, Vannevar Bush, de quien Sandoval Vallarta era asistente, le pidió que recibiera y condujera a Compton por el país [Sandoval Vallarta 1972]. Con las investigaciones en radiación cósmica Sandoval Vallarta encontró una oportunidad para involucrar a la Universidad con las investigaciones a las que se dedicaba y en general con la investigación en física. Así mismo, Compton encontró un espacio donde mantener vínculos profesionales.

⁷ Arthur Compton, físico norteamericano formado en la Universidad de Princeton y Cambridge University, obtuvo el Premio Nobel en 1927 por las investigaciones que realizó sobre el incremento de la longitud de onda de un fotón de rayos x mediante el bombardeo con electrones libres, lo que se conoce ahora como el Efecto Compton y con lo cual hizo una de las demostraciones más importantes de las propiedades cuánticas de la luz. Entre 1930 y 1940 trabajó en las investigaciones sobre la radiación cósmica y mostró la correlación existente entre la intensidad de esa radiación y la latitud geomagnética. Durante la guerra, encabezó el grupo de la Universidad de Chicago en el que estaba Enrico Fermi y que construyó finalmente la pila atómica. Estuvo involucrado, como otros destacados físicos, en el Proyecto Manhatann y en 1941 fue nombrado presidente del National Academy of Sciences Committee to Evaluate Use of Atomic Energy in War.

⁸ AH-UNAM, FUN, ramo Rectoría, caja 39, exp. 455, foja 5604-5605. 2 de julio, 1937.

El desarrollo de prácticas experimentales en el Instituto fue importante desde su fundación. Además del pabellón de Radiación Cósmica, se intentaron establecer otros espacios para la experimentación y la construcción de instrumentos. En 1939, la *Universidad de Harvard* donó al Instituto los instrumentos para la instalación de un laboratorio de Mecánica de Suelos, por intervención de Arthur Casagrande⁹ y su estudiante mexicano José A. Cuevas. El propósito de esta donación era la realización de investigaciones relacionadas con problemas locales de cimentación, “los cuales interesan en sumo grado a los investigadores extranjeros”.¹⁰ Este laboratorio dejó de ser parte del Instituto en 1942, a partir de lo cual fue integrado a la *Escuela Nacional de Ingenieros*.

También hubo dos donaciones de la *Fundación Rockefeller* con las que se intentó impulsar otros espacios para las prácticas instrumentales y experimentales. Una consistió en el envío de los instrumentos para la instalación del Laboratorio de Medidas Eléctricas y de Precisión,¹¹ que se planeaba fuera un buró de estándares,¹² y que fue posible por la ampliación de los programas de acción de la fundación donde se permitía la donación de instrumentos para laboratorios de la *UNAM*. En la segunda se consideraba la donación de dinero para la compra de instrumentos con los que se instalarían los talleres Mecánico y de Soplado de Vidrio.¹³ Esta última donación fue hecha explícitamente para que el físico español exiliado Blas Cabrera¹⁴ continuara sus investigaciones en México. Tanto el Laboratorio

⁹ Arthur Casagrande promovió los estudios en mecánica de suelos en diferentes instituciones del mundo mediante convenios y la formación de estudiantes. Uno de ellos fue Nabor Carrillo, quien en 1953 fue nombrado rector de la *UNAM*. La relación entre Carrillo y Casagrande fue determinante para que el primero entrara en contacto con el instrumento Van de Graaff y que después promoviera su adquisición.

¹⁰ AH-UNAM, FUN, sección Rectoría, serie 1/073 proyectos, caja 43, exp 413. “Programa de labores del Instituto de Física para el año 1939”. 23 de enero, 1939.

¹¹ AH-UNAM, FUN, sección Rectoría, serie 1/100 Asuntos Generales, subserie 1/100-61 Facultad de Ciencias, caja 67, exp. 673. 12 de septiembre, 1941.

¹² AH-UNAM, FUN, sección Rectoría, serie 1/100 Asuntos Generales, subserie 1/100-93 Instituto de Física, caja 76, exp. 863. 3 de agosto, 1942.

¹³ AH-UNAM, FUN, sección Rectoría, serie 1/100 Asuntos Generales, subserie 1/100-93 Instituto de Física, caja 76, exp. 863. 29 de mayo, 1942.

¹⁴ Blas Cabrera llegó a México en 1942 exiliado de España. Fue un físico experimental que se dedicó fundamentalmente a investigaciones sobre propiedades magnéticas de la materia y es reconocido por haber impulsado el desarrollo de la física en España a partir de la creación del *Instituto Nacional de Física y Química* en España en 1932, con un donativo que obtuvo de la *Fundación Rockefeller*. En la Universidad Nacional de México se dedicó a la enseñanza en la *Escuela*

como los talleres, fueron instalados de manera provisional en el Palacio de Minería, aunque no hay reportes ni artículos de investigación en relación a las investigaciones que realizaron o los instrumentos que fueron contruidos en ellos, por lo que es probable que no se lograran instalar.

Las becas que dieron las fundaciones *Rockefeller* y *Guggenheim*, fueron importantes en la formación de los físicos mexicanos en Estados Unidos y que a su regreso inaugurarían líneas de investigación en el Instituto. Sandoval Vallarta fue becado por la *Fundación Guggenheim* en 1927. Aunque esto ocurrió cuando aún estaba en el *MIT*, a partir de entonces fue consultado en relación a los aspirantes mexicanos a las becas que ofrecía dicha fundación. Así mismo, Baños consiguió una beca Guggenheim, con la que fue a estudiar al *MIT* con Sandoval Vallarta sobre aspectos teóricos de la radiación cósmica, estudios que continuó a su regreso a México en 1938 y que emprendió como parte de los trabajos del Instituto.

Carlos Graef también fue al *MIT* a estudiar con Sandoval Vallarta con una beca Guggenheim. A diferencia de Baños, a su regreso trabajó en el *Observatorio Astronómico de Tonantzintla* hasta que en 1945 fue nombrado director del *IF*. Este investigador se dedicó desde 1942 al estudio de la Teoría de Birkhoff. El interés en esta teoría surgió a partir de que su autor, George David Birkhoff, la presentó en el *Congreso Interamericano de Astrofísica* celebrado en Puebla en 1942 [Fernández y Mondragón, 1993].¹⁵ A partir de entonces Graef concentró su trabajo de investigación en la propuesta teórica de Birkhoff y cuando fue nombrado director del Instituto la incorporó como parte de los trabajos de esta institución. Aunque hubo otros investigadores que contribuyeron a esos estudios e incluso Jaime Lifshitz obtuvo una beca de la *Fundación Guggenheim* con la que realizó una estancia de investigación con Birkhoff, sólo Graef y Alberto Barajas (matemático mexicano que fue director de la Facultad de

Nacional de Ingenieros y la *Facultad de Ciencias*, además que a partir de 1943 fue el encargado de los Laboratorio de Medidas Eléctricas de Precisión y los talleres mecánico y de soplado de vidrio hasta su repentina muerte en 1945.

¹⁵ Birkhoff comenzó en México su gira por diferentes países de América Latina con el fin de incluir a esta región del planeta en las redes matemáticas internacionales, en el contexto de la política inter-americana generada durante el gobierno del presidente norteamericano Franklin D. Roosevelt. [Ortíz 2003]

Ciencias entre 1947 y 1957) dedicaron sus investigaciones por entero a ese tema. Así mismo, emprendieron el proyecto de elaborar un libro sobre la teoría de Birkhoff, para lo cual George Garret Birkhoff (hijo del autor de la teoría) gestionó apoyos con el gobierno norteamericano para que ambos fueran a la *Universidad de Harvard* a discutir sus avances,¹⁶ como en 1950 que consiguió financiamiento por parte de la *US Navy*.¹⁷ Entre 1948 y 1950, además de Graef y Barajas, colaboraron en la elaboración de capítulos Fernando Alba Andrade, Marcos Moshinsky, Fernando Enrique Prieto Calderón y Antonio Romero, todos ellos estudiantes de física en la Facultad de Ciencias.¹⁸

Las investigaciones que emprendió Leopoldo Nieto Casas a su regreso del *MIT* en 1943 y las que se realizaron en el laboratorio de Radioquímica, estuvieron relacionadas de manera directa con cuestiones locales. Nieto Casas, becado en 1942 por la *Fundación Rockefeller* para especializarse en Mecánica de Suelos en el *MIT*, colaboró en investigaciones con Mario Pani en relación a la construcción de complejos multifamiliares en la ciudad de México. En otra importante colaboración, Alfonso Caso transfirió al *IF* parte de la donación que había recibido el *Instituto de Antropología e Historia*, del cual era director, por parte de la *Fundación Rockefeller*. Con esa donación financiaron el establecimiento de un laboratorio de Carbono 14. Se esperaba que ahí se hicieran estudios de datación de piezas arqueológicas. Estas investigaciones fueron dirigidas por Augusto Moreno, quien años atrás había estudiado en la *Universidad de Chicago* con William Libby, inventor del método del carbono 14.

La formación de físicos en México comenzó en la *Facultad de Ciencias* de la *UNAM*, que fue creada al mismo tiempo que el Instituto. Pocos eran los estudiantes de la carrera de físico experimental o teórico (entre 1938 y 1950 se titularon tres estudiantes en física: Fernando Alba Andrade en 1943, Marcos Moshinsky en 1944 y Fernando Enrique Prieto Calderón en 1948) y los que había colaboraron

¹⁶ Graef, Carlos. “En el Campo de la Investigación, Campeones de la Ciencia”. *Revista de la Semana*, 84-86, 15 de septiembre, 1951.

¹⁷ “Aportaciones de México a las Ciencias Físicas y Matemáticas: una entrevista de Margarita Paz Paredes con Nabor Carrillo”. *Revista de la Universidad de México*, vol. 4, No. 48, diciembre 1950.

¹⁸ AH-UNAM, Fondo Memoria Universitaria, sección Rectoría. “Informe que rinde el rector de la UNAM al H. Consejo Universitario”. 1950.

en las investigaciones que se hacían en el Instituto, en particular en los trabajos en Radiación Cósmica y la Teoría de Birkhoff. También la *Facultad de Ciencias* se benefició de la construcción de Ciudad Universitaria, pues fue entonces cuando contaron con un edificio y pudieron aumentar el número de matriculados.

El *IF* contó con un espacio propio hasta la construcción de Ciudad Universitaria. Desde su creación se gestionó el préstamo de salones del Palacio de Minería para que los ocupara el Instituto. En ocasiones solicitaron nuevos edificios, aunque no tuvieron éxito.¹⁹ Tampoco se contaba con presupuesto suficiente para la contratación de personal y el desarrollo de los trabajos en el Instituto. Antes de la construcción de Ciudad Universitaria, el *IF* y la *Facultad de Ciencias* estuvieron alojados en algunos salones del Palacio de Minería, los cuales fueron prestados por la *Escuela Nacional de Ingenieros*.

Aún en esas circunstancias, se procuró la publicación de varios artículos sobre los resultados experimentales obtenidos con el contador de radiación cósmica, aspectos teóricos sobre el mismo tema y la teoría de Birkhoff, en revistas internacionales (*Physical Review*, *Review of Modern Physics*, *Journal of the Franklin Institute*, *Journal of Mathematics and Physics*), revistas nacionales (*Ciencia*, *Ingeniería*, *Revista de Estudios Universitarios*, *Revista Mexicana de Ingeniería y Arquitectura*) y en las memorias del *Primer Congreso Mexicano de Física* celebrado en 1943, de las reuniones de la *Sociedad Matemática Mexicana* y del *Congreso Interamericano de Astrofísica* de 1942. Los autores más frecuentes en dichas publicaciones fueron Alfredo Baños, Sandoval Vallarta y Carlos Graef.

El *IF* fue pieza clave en relación a la institucionalización y consolidación de la física en México. Para ello fueron fundamentales las colaboraciones e intercambios con investigadores e instituciones estadounidenses a través de convenios de colaboración, donaciones y el otorgamiento de

¹⁹ En 1942, Alfredo Baños solicitó al rector Rodolfo Brito Foucher que asignaran el edificio de Mascarones a la *Facultad de Ciencias* y al *IF*, del cual tenía noticia que iba a ser desocupado por la *Facultad de Filosofía y Letras* y la *Escuela de Verano*. Su solicitud no tuvo éxito. A finales de ese mismo año, Baños anunció que estaba gestionando la donación de un edificio para el instituto por parte de la Secretaría de la Defensa Nacional, lo que no ocurrió pues tiempo después renunció a su cargo de director del *IF*.

becas. Los físicos mexicanos becados regresaron al Instituto e incorporaron nuevas líneas de investigación. Así mismo, esos investigadores formaron a las nuevas generaciones de físicos en la *Facultad de Ciencias* de la UNAM. Sin embargo, las condiciones materiales y de presupuesto fueron limitadas. Esta situación cambió una vez que se construyeron las instalaciones de Ciudad Universitaria y que se compró el acelerador Van de Graaff.

En la descripción que he hecho sobre el proceso de consolidación del IF, aparecen nombres de científicos norteamericanos como Arthur Compton, George D. Birkhoff y Arthur Casagrande. Tienen en común la intención de establecer relaciones de intercambio, colaboración y cooperación en otros países, en alianza con el gobierno estadounidense que había emprendido una política de cooperación hacia América-Latina a través del *Interdepartmental Committee on Scientific and Cultural Cooperation*, que hacía efectivo lo referente al intercambio cultural e intelectual de la política del buen vecino²⁰ y que fue establecida por el gobierno de Franklin D. Roosevelt en 1933.²¹ Incluía diferentes rubros de acción, en particular favoreciendo el intercambio de profesores y estudiantes, la formación de científicos locales en instituciones norteamericanas a través del otorgamiento de becas, el financiamiento para el montaje de laboratorios y la promoción de convenios de colaboración; rubros que fueron cubiertos en el caso del IF. En lo que sigue mostraré que estos vínculos fueron determinantes para la adquisición del acelerador Van de Graaff.

²⁰ En el caso particular de la relación bilateral México-Estados Unidos, a pesar del distanciamiento y enfrentamiento generado entre ambos gobiernos con motivo de la expropiación petrolera mexicana de 1938, con el advenimiento de la guerra se establecieron diferentes mecanismos de cooperación sobre todo en el ámbito económico. En el siguiente capítulo abundaré sobre este tema.

²¹ Clark A. Miller sostiene, en su artículo “An Effective Instrument of Peace: Scientific Cooperation as an Instrument of U.S. Foreign Policy, 1938-1950”, que en la política hacia América Latina generada por el presidente Roosevelt desde el inicio de su gobierno, se configuró lo que sería después la política internacional del gobierno norteamericano en la época de la posguerra. Para Miller, los departamentos de cooperación internacional del gobierno estadounidense formados durante la guerra (1938-1945) operaban como entidades en donde los individuos cooperaban entre ellos por motivos profesionales y que mucha de esa actividad estaba justificada por una lógica que conectaba el intercambio científico con formas de intercambio intelectual y cultural. En esta particular forma de cooperación internacional se articula la conexión entre cooperación internacional, desarrollo, paz y seguridad, que sería parte de los discursos de las políticas internacionales en el ámbito de la ciencia y la tecnología impulsadas en la posguerra. El intercambio y la cooperación científica y tecnológica comenzó a tener un papel especial respecto de otras formas de intercambio cultural e intelectual, se implicaba que por ese medio se lograrían ciertos tipo de beneficios sociales para los países en el rumbo hacia el desarrollo.

1.2 Negociaciones y Financiamiento

De las etnografías del laboratorio, en particular a partir de los trabajos de Karin Knorr-Cetina (1981) y Latour y Woolgar (1986), se puso en evidencia cómo las decisiones que se toman en éstos son mostradas por los actores como inevitables, en una mirada teleológica que estabiliza la trayectoria que se siguió en la obtención de tal o cual resultado. Por el contrario, el científico se enfrenta a situaciones no previstas en las que convergen tanto elementos del contexto social, político y cultural, como de carácter técnico y epistemológico, a partir de los cuales toma decisiones sobre los experimentos, las técnicas, métodos de demostración e instrumentos que usará. Al respecto, Knorr-Cetina escribió “tendremos que tomar esas selecciones como producto de la co-ocurrencia e interacción de factores cuyo impacto y relevancia se constituyen en un tiempo y lugar dados, es decir, de las circunstancias en las cuales el científico actúa”. [Knorr-Cetina 2005, 70]

Desde esa postura analizaré la elección del acelerador Van de Graaff de 2 MeV. En particular destacaré cómo los vínculos personales, profesionales e institucionales previamente establecidos convergieron en la elección del instrumento, además de los que se generaron para adquirir el instrumento, entrenar a los científicos mexicanos y definir las líneas de investigación. También, referiré las negociaciones que se siguieron con el fin de conseguir el financiamiento para comprar el acelerador, en lo cual se aprovecharon la coyuntura por la que pasaba la *UNAM* en cuestión de apoyo del gobierno mexicano y el discurso internacional sobre las aplicaciones de la ciencia y la tecnología en la solución de problemas sociales. En ese sentido, el contexto fue favorable en la adquisición de un instrumento con el que se harían investigaciones en física nuclear experimental.

Acercamiento al instrumento

La compañía que fabricaba aceleradores de partículas tipo Van de Graaff tenía su sede en Boston, muy cerca del *MIT*. Su nombre era *High Voltage Engineering Corporation* (HVEC) y fue fundada por Robert Van de Graaff y John D. Trump en 1946, “la cual llegó a ser una de las más importantes constructoras de generadores electrostáticos para terapias contra el cáncer, radiografía industrial e investigaciones en física de altas energías”²² [Brenni 1999]. Entre la compañía y el *MIT* había una cercanía que iba más allá de la ubicación geográfica.

En 1931 Van de Graaff fue nombrado investigador asociado en el *MIT* por invitación de Arthur Compton, quien entonces era director de esa institución. Se dedicó a la construcción de un generador electrostático de enormes dimensiones en una bodega en las cercanías de Massachussets, en Round Hill. En este proyecto colaboraron John D. Trump y William Buechner como estudiante.²³ El instrumento consistía en unas columnas de 7 metros de alto y dos esferas de aluminio de 1.8 metros de diámetro, en las cuales se acumulaban las partículas cargadas generadas electrostáticamente. Imágenes de este enorme instrumento aparecieron en revistas técnicas y populares de la época. “Debido a las dificultades para instalar un tubo de descarga entre las terminales de las dos esferas del generador, nunca fue satisfactorio como acelerador, por lo que fue usado en investigaciones de rayos X de altas energías”²⁴ [Brenni 1999].

²² “... which became one of the most important manufacturers of electrostatic generators for cancer therapy, industrial radiography and research in high-energy physics.” [La traducción es mía].

²³ Parte de la información que usé para indagar sobre los instrumentos contruidos por Van de Graaff en el *MIT*, fue obtenida de una entrevista concedida por John C. Slater a Charles Wiener en 1963. La entrevista puede ser consultada en los archivos históricos de la *American Institute of Physics*, en el *Neils Bohr Library and Archives* (una transcripción de la entrevista se encuentra en la página: http://www.aip.org/history/ohilist/4893_1.html). Slater fue jefe del *Departamento de Física* del *MIT* durante el tiempo que Karl Compton ocupó la presidencia de dicha institución (1930-1948) y hasta los años sesenta. Slater y Compton emprendieron la transformación del *MIT* que lo llevaría a ser una de las más importantes instituciones de investigación en física y matemáticas. Entre 1943 y 1945, Slater se dedicó al desarrollo del radar en el *MIT*.

²⁴ “Due to the difficulties of mounting the discharge tube between the spherical terminals this generator was never satisfactory as an accelerator”. [La traducción es mía].



Imagen 2. Generador electrostático construido en Round Hill, Massachussets. [Fotografía obtenida de los *Emile Segre Visual Archives* del *American Institute of Physics*].

En 1935, Van de Graaff obtuvo la patente de su invento, asesorado por Arthur Compton y Vannevar Bush. En 1937, Van de Graaff y sus colaboradores fueron trasladados al *MIT*, al tiempo que consiguieron el financiamiento de la *Fundación Rockefeller* para construir un nuevo diseño de generador electrostático que estaría dentro de un sistema al vacío.



Imagen 3. Robert Van de Graaff (derecha) y William Buechner en el MIT. [Imagen del *MIT Museum Collections – People* en la página web <http://webmuseum.mit.edu/browser.php?m=people&kv=6699&i=11631> consultada el 1 de julio del 2011]

Durante la guerra las investigaciones que se realizaban en el *MIT* fueron dirigidas a propósitos bélicos, en particular Van de Graaff y su equipo trabajaron en el *High Voltage Radiographic Project* con financiamiento de la *US Navy*. Se dedicaron al desarrollo de máquinas electrostáticas con las que generaban rayos X de alto voltaje y que fueron usadas para analizar municiones. Después de la guerra, en 1946, fundó con Trump la compañía *HVEC*. Así mismo, desarrollaron un nuevo diseño de acelerador electrostático en el que el sistema para generar y acelerar partículas se aislaba del ambiente por medio de un tanque con gases a altas presiones. Además, el tubo acelerador se encontraba al vacío y se regulaba el potencial con un sistema de anillos equipotenciales.²⁵ El acelerador que fue comprado para el *IF* era de este tipo.

A finales de los años treinta, el *MIT* invirtió en la construcción de un acelerador ciclotrón cuando contrataron a Milton Stanley Livingston, colaborador de Ernest O. Lawrence de la *Universidad*

²⁵ Una forma de acelerar partículas cargadas consiste en la aplicación de una diferencia de potencial. El nuevo diseño que desarrolló Van de Graaff con Trump en los generadores electrostáticos, consistía de una serie de anillos equipotenciales, es decir, que tienen el mismo potencial, y con los que se aumentaba gradualmente el potencial del haz de partículas. De esta manera, una vez que se acumulaban las cargas generadas electrostáticamente, éstas eran aceleradas de un anillo equipotencial a otro por el tubo acelerador, el cual se encontraba al vacío.

de California en la construcción de sus primeros ciclotrones.²⁶ Sin embargo, continuaron las investigaciones con aceleradores Van de Graaff en el *High Voltage Laboratory* (HVL) adscrito al *Laboratory for Nuclear Science and Engineering* (LNSE) del MIT. Inclusive, en 1951 construyeron un acelerador Van de Graaff de 12 MeV con fondos de la *Office of Naval Research*, conocido como el *ONR-MIT generator*. En ese mismo año Buechner fue nombrado director del HVL. Según señala Harold Enge, uno de los estudiantes de Buechner, siguió siendo usado porque aunque no se alcanzaban energías tan altas como con el ciclotrón, para la física nuclear experimental fue importante lograr medidas más precisas de las secciones nucleares en núcleos ligeros. [Enge 1985] Como se verá más adelante, Buechner mantuvo una estrecha relación con las investigaciones en el *Laboratorio Van de Graaff* (LVG) del IF y promovió estudios sobre núcleos ligeros.

Los físicos mexicanos Sandoval Vallarta, Baños y Graef habían estudiado en el MIT. Como se señaló en la sección anterior, ellos fueron muy importantes en la orientación que se le dio al IF. Desde su creación se mantuvo una relación institucional con el MIT, favorecida por los vínculos que formaron estos importantes científicos mexicanos con esa institución.

En los inicios del IF también se establecieron vínculos institucionales con la *Universidad de Harvard*. Esto se dio a partir de que fueron donados los instrumentos para la instalación de un laboratorio de mecánica de suelos en el IF. La donación fue promovida por Arthur Casagrande, pionero en las investigaciones en mecánica de suelos y quien logró consolidar los estudios en esa área en la *Universidad de Harvard* y formar a muchos de los ingenieros de diversos países.²⁷ Nabor Carrillo fue uno de sus estudiantes entre 1940 y 1942. Estudió el doctorado en Mecánica de Suelos bajo su

²⁶ Los aceleradores ciclotrón consistían de un sistema de imanes con los cuales se aceleraban partículas cargadas de manera periódica. Su diseño no requería de altos voltajes para acelerar partículas.

²⁷ “En 1932 Arthur Casagrande comenzó su larga asociación con la Escuela de Graduados de Ingeniería, donde desarrolló un programa de instrucción que se convirtió en el campo de entrenamiento para la mayoría de los que trabajaban en mecánica de suelos y obtuvo para Harvard el reconocimiento como un destacado centro de enseñanza e investigación a nivel mundial en ese campo” (“In 1932 Arthur Casagrande began his long association with the Graduate School of Engineering at Harvard, where he developed a program of instruction that became the training ground for the majority of workers in soil mechanics and brought the recognition to Harvard as the world's outstanding center for teaching and research in that field”). [La traducción es mía]. Memorial Tributes: National Academy of Engineering 2 (1984).

dirección con una beca Guggenheim. A partir de entonces, Carrillo y Casagrande mantuvieron una relación profesional y de amistad. En 1947, Casagrande invitó a Carrillo para dar una conferencia en la *Graduate School of Engineering* de la *Universidad de Harvard* sobre sus contribuciones en mecánica de suelos aplicada. En la carta que Casagrande envió al entonces rector Salvador Zubirán en relación a dicha conferencia, escribió:

“También aproveché esta oportunidad para restablecer el contacto personal con mi ex-alumno, quien ha adquirido fama internacional. Me causa gran placer y satisfacción observar que por sí mismo ha logrado colocarse en una posición tan eminente, no sólo en mecánica de suelos sino también en todo el campo de la mecánica aplicada. Su Universidad debe estar congratulada por haber elegido al Dr. Carrillo para coordinar toda investigación científica, además de sus cargos como profesor e investigador”.²⁸

Carrillo fue nombrado profesor huésped en *Harvard* desde 1945 y a partir de entonces fue invitado a dar conferencias y seminarios durante el verano.²⁹ En su visita en el verano de 1950, Casagrande lo presentó con Dennis Robinson, cuñado suyo y presidente de la *HVEC*. Dichos personajes lo llevaron a conocer la compañía y el *High Voltage Laboratory* en el *MIT*, donde también conoció a Buechner.

²⁸ AH-UNAM, Fondo Nabor Carrillo [en lo sucesivo FNC], sección Formación Académica, subsección Nombramientos y Títulos, caja 1, exp. 5. “I also appreciated this opportunity to re-establish personal contact with my former student, who has acquired international fame. It gives me great pleasure and satisfaction to observe that he has succeeded in advancing himself to such an eminent position not only in soil mechanics but in the entire field of applied mechanics. Your University is to be congratulated for having chosen Dr. Carrillo to coordinate all scientific research, in addition to his positions as a professor and research worker”. [La traducción es mía].

²⁹ AH-UNAM, FUN, sección Rectoría, serie 1/102 Datos Biográficos, caja 5, exp. 87.



Imagen 4. Nabor Carrillo entregando a Arthur Casagrande su título de doctor honoris causa, durante los festejos por el IV centenario de la *Universidad Nacional* en 1951. [AH-UNAM]

La relación profesional y personal que había entre Carrillo y Casagrande fue determinante para establecer el contacto con la compañía que fabricaba los aceleradores tipo Van de Graaff y el *High Voltage Laboratory* del MIT. Así mismo, el vínculo entre ambos propició que algunos científicos mexicanos fueran enviados con Buechner al *HVL* para recibir entrenamiento una vez que se compró el instrumento en la compañía de Boston, a partir de lo cual se construyó una nueva vertiente en la relación institucional entre el IF y el MIT.

Negociaciones en México

Para el 12 de junio de 1950 se publicaba la siguiente nota en el periódico *El Porvenir* del estado de Nuevo León:

“El sábado 17 del actual llegará a la metrópoli Ulises [sic] S. Condon³⁰ jefe del Bureau Standard de Washington, a fin de cooperar a la fijación de las normas para la industria textil y el establecimiento de los

³⁰ El nombre correcto es Edward U. Condon, quien fue uno de los físicos norteamericanos más importantes que participaron en las discusiones de la posguerra sobre los usos de la energía nuclear y las políticas de estado en relación al financiamiento y rumbo de la actividad científica en la posguerra. [Wang 1999]

correspondientes laboratorios de investigación y pruebas. Viene invitado por el Dr. Nabor Carrillo y el ingeniero Rafael Illiescas Frisbie. Presidente y director general de los Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial instalados en Tecamachalco D. F. [...] También vendrá de Washington Dennis Robinson, especializado en aparatos eléctricos de poco costo para física atómica, quien sustentará una serie de conferencias ante hombres de negocios y técnicos mexicanos, sobre el tema de investigaciones industriales como inversión de magníficos resultados, materia que en EU es muy conocida pero que apenas empieza a abrirse paso en nuestro medio”.³¹

Se puede suponer que Carrillo, a su regreso de *Harvard* y aprovechando su puesto de presidente de los *Laboratorios Nacionales de Fomento Industrial* (en ese momento también ocupaba el cargo de *Coordinador de la Investigación Científica*³² en la *UNAM*), trajo a México al presidente de la *HVEC*, para la firma del contrato de compra-venta del acelerador. Ésta se llevó a cabo el 26 de agosto de 1950³³.

Al regreso de Carrillo a México después de su visita por EU, reunió a Graef, entonces director del *IF*, Alberto Barajas, director de la *Facultad de Ciencias*, y a Sandoval Vallarta, entonces subsecretario de educación pública y vocal de la *Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica*. A su vez ellos se reunieron con el rector Luis Garrido a quien le pidieron autorización para gestionar la adquisición del acelerador. Con la aprobación del rector, se reunieron con Carlos Lazo, Gerente General del Proyecto de Ciudad Universitaria, para solicitarle que los ayudara a conseguir fondos para comprar el instrumento. Los cuatro científicos consiguieron su propósito con Lazo, quien apoyó la propuesta y se reunió con Carlos Novoa, presidente del *Patronato Universitario*, quien a su vez discutió el asunto con el presidente de la República, Miguel Alemán.³⁴

³¹ “Laboratorio de Investigación para nuestra Industria Textil. Un especialista norteamericano viene a México invitado por el Ing. Illiescas”. *El Porvenir*, 13 de junio, 1950.

³² Nabor Carrillo ocupó el cargo de *Coordinador de la Investigación Científica* entre 1942 y 1953, sucediendo a Manuel Sandoval Vallarta.

³³ Avendaño Inestrillas, Jorge. “La UNA desintegra el átomo” *El Universal*, 19 de agosto, 1950, 1.

³⁴ Miguel Alemán fue el primer presidente de origen civil del Partido Nacional Revolucionario y egresado de la Escuela de Jurisprudencia de la *UNAM*. Para entonces la presidencia dominaba sobre los demás poderes de la república, por lo que cualquier proyecto importante dependía de las decisiones tomadas desde la presidencia para su realización. [Aguilar Camín y Meyer 1990]

En 1942, se comenzó a gestionar la construcción de Ciudad Universitaria en los pedregales de San Ángel, al sur de la Ciudad de México, con los trámites de expropiación de los terrenos en esa zona, lo cual fue promovido por Rodulfo Brito Boucher, entonces rector de la UNAM, con el respaldo del presidente de la República, Manuel Ávila Camacho.³⁵ Fue hasta 1946 que se concretó la expropiación, cuando Alemán asumió el cargo como presidente de México y asignó recursos para compensar a los ejidatarios. [Fundación UNAM, 2010] Con el gobierno de Alemán se consiguió el financiamiento necesario para concretar la construcción de Ciudad Universitaria.³⁶ Diversas situaciones fueron importantes para que esto sucediera. En particular, el hecho de que Luis Garrido fuera rector de la UNAM y que Carlos Novoa fuera nombrado como presidente del *Patronato Universitario* permitieron que hubiera un contacto cercano y personal con el presidente de la República. Según cuenta el Arq. Mario Pani, Director General del Proyecto de Conjunto, el nombramiento de Novoa fue “clave debido a su importante posición financiera, así como su cercana relación con el presidente Alemán”, [Pani 1979, 47] relación que le permitió lograr que el gobierno federal aportara las cantidades necesarias para la construcción. Así mismo, la relación entre el estado mexicano y la Universidad se vio favorecida con la designación de Luis Garrido como rector en 1948, cargo que ocupó hasta 1953: “vino a construir una vía de comunicación operativa de la mayor eficacia entre la UNAM y el gobierno federal, particularmente con el jefe del ejecutivo” [Marsiske 2001, 195]

³⁵ AH-UNAM, FUN, sección Secretaría General/ Patrimonio Universitario / Inventario, caja 260, exp. 1569.

³⁶ En ninguno de los textos que consulté relacionados con la historia de Ciudad Universitaria, queda claro de dónde se sacó el financiamiento para la construcción de la obra. Parte de los recursos se obtuvieron de la campaña de los Diez Millones, convocada por Salvador Zubirán y con la que se recolectaron fondos para el inicio de la construcción del proyecto. Aunque es cierto que el gobierno federal destinó parte del presupuesto de egresos de la nación para la construcción de Ciudad Universitaria, también lo es que los pagos se respaldaban con cartas de crédito aprobadas por Nacional Financiera. Además, como lo refiere el mismo Alemán en su informe de gobierno de 1950, fueron aportadas cantidades para el mismo propósito desde distintas dependencias gubernamentales, como el Departamento del Distrito Federal y la Secretaría de Hacienda. [Cámara de Diputados 1966]



Imagen 5. Carlos Lazo explicando los avances en la construcción de Ciudad Universitaria a Carlos Novoa y el ex-presidente de México, Miguel Alemán (en ese orden, de izquierda a derecha).³⁷

Como se verá más adelante, el dinero para comprar el instrumento se tomó de los fondos para la construcción de Ciudad Universitaria. El apoyo de Alemán fue reconocido en las referencias públicas en relación con el instrumento. Tanto Lazo como Carrillo, Graef, Barajas y Sandoval Vallarta aprovecharon entrevistas y discursos para reconocer su visión patriótica al apoyar la ciencia y su imagen como promotor de la cultura y la civilización del país. En consecuencia, su imagen pública fue favorecida con la adquisición del instrumento y, de hecho, fue manejado por éste en el rubro de logros de la política social de su gobierno, como lo confirma la mención que hizo del instrumento en su último informe de gobierno en 1952. No sólo eso: con el instrumento se desplegó un discurso público en el que se anunciaba la entrada de México a la era nuclear, lo que tenía que ver con el proceso de modernización del país, una de las principales preocupaciones del gobierno alemanista. Así mismo, su adquisición estaba en concordancia con el discurso internacional acerca de los usos de la energía

³⁷ Archivo General de la Nación [en adelante AGN], archivo Carlos Lazo [en lo posterior ACL], caja 31, folder Fotografías de los V Juegos Nacionales Estudiantiles con asistencia del C. Presidente de la República y Altos Funcionarios de su Gobierno, el día 22 de septiembre de 1951.

nuclear para el progreso y bienestar de las naciones, el cual era promovido por el gobierno de Estados Unidos. En ese sentido, con la adquisición del instrumento el gobierno mexicano confirmaba su calidad de aliado del gobierno norteamericano.

Financiamiento

Desde que se acordó la compra del instrumento se dijo que se trataba de una donación que hacía el presidente de la República. Sin embargo, se anunciaba también que se tomarían fondos destinados a la construcción de Ciudad Universitaria.³⁸

Los pagos relacionados con el proyecto de Ciudad Universitaria se hacían a través de cartas de crédito que expedía *Nacional Financiera*, cuyo presidente era Antonio Carrillo (hermano de Nabor Carrillo) y que durante el gobierno de Alemán consiguió importantes créditos por parte de bancos norteamericanos. Respaldados por dichas cartas de crédito, se extendían cheques a nombre de la cuenta Ciudad Universitaria de México, abierta en el *Banco de México*.³⁹

El 15 de agosto de 1950 se informaba que había sido abierta una carta de crédito por *Nacional Financiera* para Ciudad Universitaria en favor de la *HVEC* por 120 mil dólares, que al tipo de cambio de la época representaba un millón treinta y ocho mil pesos.⁴⁰ Es decir, se procedió de la misma manera que cualquier otra compra relacionada con la construcción de Ciudad Universitaria y en ese sentido queda en entredicho que haya sido una donación del presidente o al menos lo fue tanto como toda la obra.

³⁸ AH-UNAM, FMU, sección Publicaciones Periódicas, subsección Revista de la Universidad de México, rollo 8, volumen V, número 49, pág. 27. “El estudio de la energía nuclear en la Ciudad Universitaria”. Enero de 1951.

³⁹ AH-UNAM, FUN, sección Secretaría General, Gastos Generales, Compras, Reparaciones, Construcciones y Comunicaciones, serie 2/119, Exp. 717. Agosto 14, 1950.

⁴⁰ AH-UNAM, FUN, sección Secretaría General, Gastos Generales, Compras, Reparaciones, Construcciones y Comunicaciones, serie 2/119, Exp. 717. Agosto 15, 1950.

1.3 *El Van de Graaff y Ciudad Universitaria*

La construcción de Ciudad Universitaria

La adquisición del instrumento ocupó un lugar especial en los foros donde se daba cuenta sobre los avances en la construcción de Ciudad Universitaria. De ningún otro instrumento científico se hablaba. Se referían a los avances en la construcción de los diferentes edificios, los recursos, los retos arquitectónicos, todo en términos generales, y dentro de eso un apartado especial para hablar del instrumento:

“La energía atómica.

El deseo del Dr. Alemán, así como del señor Rector, es que no se terminen puramente los edificios, sino que en lo que sea posible, y ese será uno de nuestros mayores empeños, se entreguen con mobiliario y equipos nuevos. Concretamente, en el caso de este edificio de la Facultad de Ciencias, se firmó ya el contrato para la primera parte de su equipo. De todos los institutos que puede albergar esta torre elegimos el Instituto de Energía Nuclear. Se firmó un contrato con una compañía americana por ... \$1,300,000 para la compra del primer aparato desintegrador de átomos, el de Vaan der Graaf [sic], y con esto México, después de Francia, será el primer país latino... (una gran ovación interrumpe al orador)... que pueda dedicarse a trabajos de investigación y de aplicación de la energía atómica”.⁴¹

⁴¹ AH-UNAM, FMU, sección Publicaciones Periódicas, subsección Revista de la Universidad de México, rollo 8, volumen IV, número 46, pág. 16. “La Ciudad Universitaria de México”. Octubre de 1950. Discurso pronunciado por el Arq. Carlos Lazo.

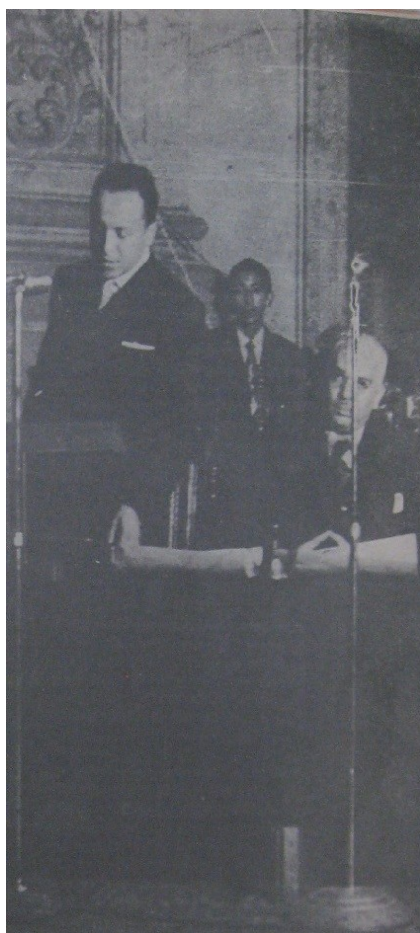


Imagen 6. Carlos Lazo durante la conferencia que sustentó en el Anfiteatro Simón Bolívar el 29 de agosto de 1950. Luis Garrido, entonces rector de la UNAM, se encuentra sentado a la derecha.⁴²

En las referencias públicas a la construcción de Ciudad Universitaria se expresaba gratitud a Alemán y se promovía una imagen en la que aparecía como el gran promotor del progreso y la cultura en el país: “La Ciudad Universitaria de México, por sí sola, basta para inmortalizar el nombre y la figura de Miguel Alemán como universitario, como estadista y como inigualable propulsor de la cultura mexicana”.⁴³ En esta tendencia, el instrumento representa una más de las acciones del gobernante en ese sentido: “En la Ciudad Universitaria se construye ahora un centro de investigaciones nucleares, gracias a la visión patriótica y a la generosidad del presidente Alemán”.⁴⁴

⁴² AGN, ACL, caja 31, fólder Recortes de Periódico.

⁴³ “Nace una ciudad: La ciudad universitaria, que albergará a 26.000 alumnos, es la obra magna del presidente Alemán”. *Impacto*, 15 de marzo, 1952, 48.

⁴⁴ Graef Fernández, Carlos. “En el campo de la investigación: campeones de la ciencia”. *Revista de la Semana*, 15 de

En los informes de gobierno de 1950 a 1952, Alemán refería la construcción de Ciudad Universitaria en los asuntos de política social. En uno de sus discursos decía que representaba la culminación del desenvolvimiento de las instituciones de educación superior en el país: “Los centros de cultura superior, los institutos politécnicos y las universidades de los Estados han entrado también en un franco desenvolvimiento que culminará con la edificación de la Ciudad Universitaria, para beneficio de todo el país”. [Cámara de Diputados 1966, 453] En el último informe de su gobierno anunciaba los edificios del conjunto arquitectónico de la Ciudad Universitaria que habían sido terminados, entre los que se encontraba el *Laboratorio Van de Graaff*⁴⁵ (LVG) y sobre el cual informaba que había sido equipado con un aparato desintegrador de átomos.

Las condiciones de infraestructura de la *UNAM* mejoraron con la construcción de Ciudad Universitaria. En particular, el *IF* fue beneficiado con instalaciones propias en la Torre de Ciencias, la adquisición del acelerador Van de Graaff, la construcción del Pabellón de Rayos Cósmicos y el Laboratorio de Gravitación. Las instalaciones del *Laboratorio Van de Graaff*, que fue construido con el propósito expreso de albergar el acelerador, fueron de las primeras en quedar listas y comenzaron a ocuparlas en 1951. Sin embargo, en otros casos hubo dificultades para cubrir las necesidades de infraestructura mínimas para ocupar los nuevos edificios. Por ejemplo, en 1954 los encargados de las obras en Ciudad Universitaria informaban a la Rectoría de la Universidad que el presupuesto, asignado por la Secretaría de Hacienda para el año siguiente, no alcanzaría para cubrir los gastos de instalación de laboratorios, mobiliario y equipo de las escuelas de Veterinaria, Odontología y Ciencias Químicas.⁴⁶ Este ejemplo revela la prioridad que tuvo el instrumento Van de Graaff para las autoridades

septiembre, 1951, 86.

⁴⁵ Se usaron diferentes nombres para referirse al edificio que se construyó para instalar el acelerador Van de Graaff (Instituto de Energía Nuclear, Centro de Investigaciones Nucleares, etc...) Sin embargo, en los artículos publicados por los investigadores que trabajaban en dicho espacio y con el instrumento, referían que estaban adscritos al *Laboratorio Van de Graaff*.

⁴⁶ AH-UNAM, FUN, sección Rectoría, serie Asuntos Generales, caja 54, exp. 528.

universitarias, los encargados de la construcción de Ciudad Universitaria y el gobierno mexicano en relación a la infraestructura que requería su adquisición.

Un Edificio para el Instrumento

En la construcción de Ciudad Universitaria se concreta un proceso histórico arquitectónico en el que participaron los más importantes arquitectos mexicanos de la época.⁴⁷ Carlos Lazo, Mario Pani, Enrique del Moral y más de sesenta arquitectos de la Escuela Nacional de Arquitectura, quienes habían ganado el concurso arquitectónico, se encargaron del desarrollo del proyecto. En este espacio también se plasmó la influencia del movimiento de integración plástica,⁴⁸ en el que colaboraban arquitectos, pintores, escultores, grabadores y diseñadores con el fin de lograr construcciones modernas en integración con obras artísticas. En relación al instrumento, se construyó un edificio con características especiales para que fuera instalado y fue de las primeras construcciones que se terminaron en Ciudad Universitaria.

La construcción del edificio necesario para la instalación del instrumento estuvo a cargo del Arq. Jorge González Reyna⁴⁹ y el Ing. Alberto Dovalí, quienes prestaron sus servicios profesionales al *Patronato de Ciudad Universitaria* para la formulación y construcción del proyecto del Pabellón Van de Graaff.⁵⁰ Sandoval Vallarta y Graef se encargaron de asesorarlos sobre los detalles técnicos. Una vez que estuvieron listos, los planos del edificio preparados por González Reyna y Dovalí fueron enviados

⁴⁷ “...para la arquitectura del país [la construcción de Ciudad Universitaria significó] la consolidación de las teorías que se habían venido enseñando desde los años treinta, así como la creación de una imagen de modernidad artística que satisfacía las aspiraciones de la cultura en la mitad del siglo”. [De Anda 2006].

⁴⁸ “...el objetivo que se propuso la integración fue el de crear un tipo de edificio con fuerte contenido de unidad plástica, en el que desde la concepción del programa estuvieran presentes los coautores artísticos que habrían de ocuparse de la solución de escultura y pintura, siempre desde la perspectiva de que sus colaboraciones formarían parte indisoluble del conjunto”. [De Anda 2006].

⁴⁹ González Reyna también se encargó del diseño arquitectónico del Pabellón de Rayos Cósmicos del IF. Se trata de uno de los edificios más sobresalientes del conjunto de Ciudad Universitaria por su novedoso diseño, pues se requirió de una cubierta con un espesor de cuatro centímetros. Ésta fue diseñada por Félix Candela y con ello comenzó a explorar la construcción de las cubiertas curvas que lo harían famoso en el ámbito de la arquitectura.

⁵⁰ AGN, ACL, caja 79, carpeta Energía Nuclear 12/146.

a la *HVEC* para su aprobación.⁵¹ Lazo envió dichos planos a la compañía por medio de Barajas y Graef,⁵² quienes habían viajado hacia la *Universidad de Harvard* en septiembre de 1950 para trabajar en el libro de la teoría de Birkhoff en colaboración con George Garret Birkhoff y con el financiamiento de la *US Navy*. El 25 de octubre de ese año, el ingeniero de instalación de la *HVEC*, D. A. Ross envió una carta a Lazo comunicándole que los planos habían sido aprobados por la compañía y que los enviarían de regreso indicando la localización del instrumento y los equipos complementarios para que fueran consideradas las instalaciones de agua y electricidad.⁵³ Así mismo, en dicha comunicación anunciaba que estaban preparando unos esquemas con detalles sobre el montaje del acelerador, las dimensiones del panel de control, la localización de los servicios de aire comprimido, el sistema de enfriamiento de agua, la instalación eléctrica, etc., para que se usaran en la instalación del instrumento.

El edificio del Van de Graaff consistió de “Una planta baja en que se encuentran dos oficinas para investigadores, sala, cuarto oscuro para fotografía, bodega y el laboratorio de desintegración atómica. La planta alta tiene dos pequeños laboratorios. El laboratorio está cubierto con láminas de aluminio que permiten la radiación”.⁵⁴ Alrededor del edificio se construyó una barda con la que delimitaron la zona conocida como “Jardín de las Radiaciones” y que incluía al Pabellón de Rayos Cósmicos y el Laboratorio de Gravitación.

⁵¹ AGN, ACL, caja 79, carpeta Energía Nuclear 12/146. 25 de octubre, 1950.

⁵² AGN, ACL, caja 79, carpeta Energía Nuclear 12/146. 25 de octubre, 1950.

⁵³ AGN, ACL, caja 79, carpeta Energía Nuclear 12/146. 25 de octubre, 1950

⁵⁴ AH-UNAM, FUN, sección Secretaría General/ Patrimonio Universitario / Inventario, caja 260, exp. 1569.

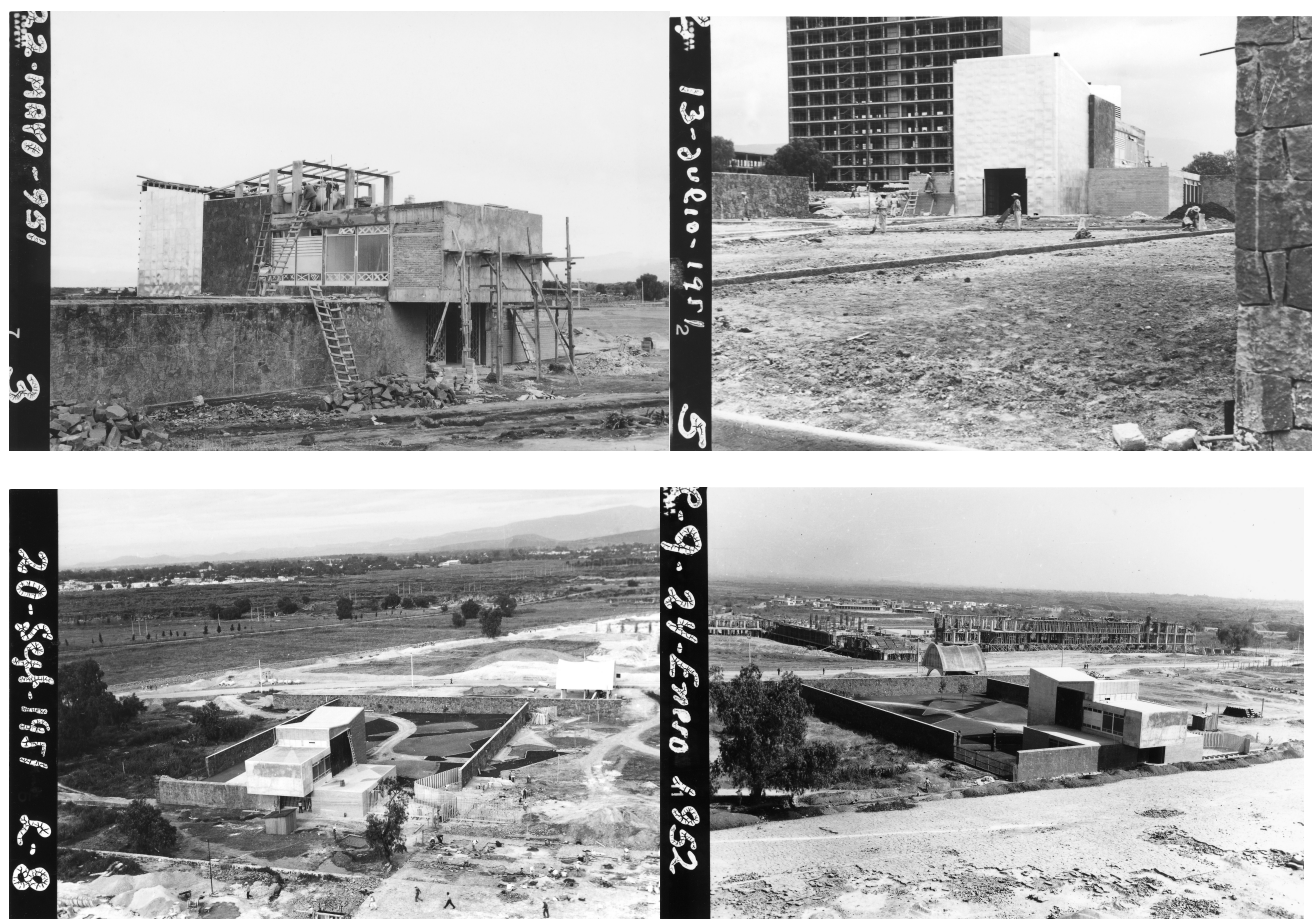


Imagen 7. Fotografías de la construcción del *Laboratorio Van de Graaff* entre mayo de 1951 y enero de 1952. [AH-UNAM] Nótese que los edificios aledaños a éste, incluyendo la Torre de Ciencias (que se puede apreciar en la imagen superior a la derecha), estaban aún en proceso de construcción cuando el laboratorio ya estaba terminado. En las imágenes inferiores puede apreciarse el Jardín de Radiaciones, que incluía el *Pabellón de Rayos Cósmicos* (edificio con techo curvo) y el *Laboratorio de Gravitación* (edificio de una planta junto al Laboratorio Van de Graaff).

En septiembre de 1951 se anunciaba que el edificio para el instrumento estaba terminado.⁵⁵ A finales de junio, el instrumento era transportado por ferrocarril hacia el pedregal de San Ángel, en las cercanías de Ciudad Universitaria.⁵⁶ Ambas cosas se hicieron bajo la presión de que el 1o. de junio de ese año expiraría el permiso de exportación del gobierno norteamericano, como lo atestigua la carta que envió Lazo a Robinson, gerente de la *HVEC*, para solicitarle que se hicieran los arreglos necesarios para que el instrumento cruzara la frontera antes de esa fecha: “Estamos preocupados por la fecha

⁵⁵ AH-UNAM, FMU, sección Publicaciones Periódicas, subsección Revista de la Universidad de México, rollo 8, volumen V, número 57, pág. 1. “Las obras de Ciudad Universitaria, muy adelantadas”. Septiembre de 1951.

⁵⁶ Avendaño Inestrillas, Jorge. “Pronto habrá estudios atómicos” *El Universal*, 4 de julio, 1951, 24.

límite del permiso de exportación del gobierno norteamericano y nos estamos esforzando por tener listo el edificio tan pronto como sea posible”.⁵⁷

En mayo de 1952, de los edificios que constituían el conjunto de Ciudad Universitaria sólo habían terminado de construir los campos deportivos, el Pabellón de Rayos Cósmicos y el Laboratorio Van de Graaff.⁵⁸ El resto de los edificios seguían en proceso de construcción. Aún así, en septiembre de 1952 celebraron la ceremonia de dedicación de Ciudad Universitaria, en el marco de los festejos por el IV Centenario de la *UNAM*. Aunque la obra fue terminada hasta 1955 con las asignaciones presupuestales que hizo Adolfo Ruíz Cortines como presidente de la República, las autoridades universitarias estimaron importante que la inauguración simbólica de Ciudad Universitaria fuera realizada como un acto del gobierno de Alemán, previo a la terminación de su cargo en diciembre de 1952.

El Mural de Chávez Morado

El acelerador Van de Graaff del *IF* quedó plasmado en una de las obras que hizo el muralista José Chávez Morado para la *Facultad de Ciencias*. Chávez Morado fue invitado por Raúl Cacho, arquitecto encargado de la construcción de la *Facultad de Ciencias*, a trabajar en los murales para decorar los edificios. Chávez Morado y Cacho intentaron ajustarse a los objetivos del movimiento de integración plástica, sin embargo, “aún cuando los arquitectos y el pintor avanzaron en el problema de la compenetración de las artes plásticas, no es esta obra aún una obra integral y unida”.⁵⁹ [Murales de Ciudad Universitaria 1954, 7] Aún a pesar de eso, Chávez Morado logró insertarse nuevamente en el

⁵⁷ AGN, ACL, caja 79, carpeta Energía Nuclear 12/146. 2 de abril, 1951. “We are worried about the dead-line of the export-permit of the American Government, and we are trying very hard to have the housing ready as soon as posible”. [La traducción es mía].

⁵⁸ AH-UNAM, FUN, sección Rectoría, serie 1/101 Informes, caja 5 exp. 88

⁵⁹ Según Chávez Morado, el problema de fondo ocurrido en Ciudad Universitaria en relación al movimiento de integración plástica, fue la contradicción entre una pintura realista (nacionalista) y una arquitectura internacional, abstracta y desligada del entorno físico y social. [Gobierno del Estado de Guanajuato 1988] “José Chávez Morado: su tiempo, su país y obra plástica”

movimiento muralista mexicano con los murales que realizó en los edificios de la Facultad de Ciencias y que, según el propio artista, fueron los primeros en su trayectoria que tuvieron cierta importancia. [Monsiváis 1989]

En el exterior del auditorio de la Facultad de Ciencias, realizó un gran mural que tituló “Evolución de la Energía” el cual “representa el esfuerzo del hombre para dominar las fuerzas de la naturaleza: desde el fuego hasta la energía nuclear”. [Murales de Ciudad Universitaria 1954, 7] El mural “El retorno de Quetzálcoatl” se encontraba sobre uno de los muros de la biblioteca de la Facultad y en él buscaba representar la universalidad de la cultura mexicana. Ambos murales coincidían en la intención de mostrar símbolos que refirieran al progreso de la ciencia y la riqueza de la cultura mexicana.

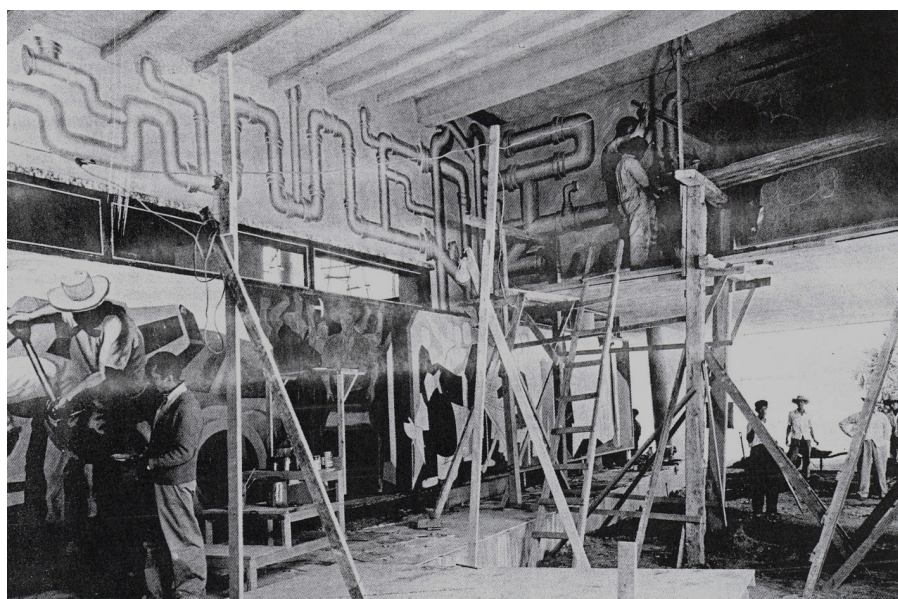


Imagen 8. Chávez Morado pintando detalles del mural "Los Constructores". [Santiago 1984, 8]

Por último, pintó un mural titulado “Los constructores” en una de las paredes inferiores del auditorio. En éste plasmó una “crónica de los estratos sociales que participaron en los trabajos de la Ciudad Universitaria, producto de la impresión que le habían causado no sólo los gigantescos problemas de ingeniería y arquitectura, sino la fuerte movilidad social que se produce en torno a obras de esa

envergadura”. [Tibol 1980, 29] He aquí una descripción del mural:

“En la primera escena aparecen los obreros mexicanos, de espaldas, encaminándose al trabajo. Junto a ellos, Coatlicue, la Madre Tierra Azteca, origen y fin de la vida, abraza a un niño que contempla una máscara teotihuacana que lleva entre las manos, imagen inmutable de una raza de constructores. La siguiente escena representa a dos peones en plena labor de pico y pala. Como centro de todo el mural, aparece un obrero conduciendo de frente un carro de mezcla; detrás de él una pléyade de operarios trabajan en diferentes actividades: los herreros, los plomeros y los carpinteros organizan con sus brazos y sus manos un dinámico contrapunto de formas, desvanecidas en la penumbra. [...] En la otra mitad del mural están los arquitectos: Eugenio Peschard, Félix Sánchez y Raúl Cacho discuten sobre los planos de la Unidad de Ciencias, colocados en un restirador; Carlos Lazo, planeador y director general de las obras de la Ciudad Universitaria, muestra a Carlos Novoa, presidente del Patronato, el avance de las mismas, y detrás de estos personajes principales aparecen los retratos de algunos ayudantes técnicos. Un conjunto de obreros, esquematizado al máximo, separa a los constructores de las obras materiales de la Ciudad Universitaria de los supervisores científicos que disfrutarán de los laboratorios, gabinetes de estudio y de las aulas; Carlos Graef Fernández contempla, sentado, el aparato Van de Graaff y tras él están colocados Alberto Barajas, Nabor Carrillo y Alberto Sandoval, destacadas personalidades en los estudios matemáticos, físicos y químicos de la Universidad” [Murales CU 1967, 28-29]



Imagen 9. Mural "Los constructores". [Fotografía tomada del libro *Pensamiento y Destino de la Ciudad Universitaria*]

Es significativo que el instrumento haya sido plasmado en esta obra en particular, dados los propósitos del muralista. Muestra el lugar emblemático que ocupaba el instrumento en relación a la Ciudad Universitaria.

1.4 Los Preparativos para la Instalación del Instrumento.

Una vez que se concretó la adquisición del Van de Graaff y mientras se esperaba a que fuera construido en la *HVEC*, se hicieron los preparativos para su arribo. Entre agosto y noviembre de 1950, Graef y Barajas visitaron la compañía para constatar los avances en la construcción del instrumento,⁶⁰ llevaron los planos del edificio del Van de Graaff al *Departamento de Instalación* de la *HVEC* para su aprobación y visitaron las instalaciones del *HVL* por invitación de Buechner: “El Sr. Ross [...] Ya estudió cuidadosamente los planos del edificio que tú [Lazo] nos proporcionaste y los aprobó. Nosotros hemos estado visitando con frecuencia la planta de la High Voltage y hemos visto terminadas varias partes de nuestro aparato. Ahora en la tarde visitamos el Laboratorio Van de Graaff [sic] y el Dr. William Buechner nos mostró los resultados de sus importantes investigaciones sobre los niveles de energía de los núcleos atómicos”.⁶¹

Para el envío del instrumento, fue necesario obtener el permiso de la *US Atomic Energy Commission*,⁶² el cual fue concedido en noviembre de 1950 “tras determinar que el equipo que será exportado no contiene ningún componente o aditamento secreto y que la fabricación de un aparato análogo no perjudicará las disposiciones vigentes”.⁶³ En 1946, la comisión de energía atómica norteamericana definió el término legal de “datos restringidos” e impuso los controles para su difusión.

⁶⁰ “Aportaciones de México a las Ciencias Físicas y Matemáticas: una entrevista de Margarita Paz Paredes con Nabor Carrillo”. *Revista de la Universidad de México*, vol. 4, No. 48, diciembre 1950.

⁶¹ AGN, ACL, caja 79, carpeta Energía Nuclear 12/146. 25 de octubre, 1950.

⁶² En otras ocasiones se requirió del permiso de la *US Atomic Energy Commission* con motivo de la importación de instrumentos para el *Laboratorio Van de Graaff*.

⁶³ “Será enviado a la Universidad Mexicana un Electrostático”. *El Nacional*, 7 de noviembre, 1950.

Representaba uno de los mecanismos establecidos por el gobierno norteamericano para ejercer control sobre las investigaciones en temas de energía nuclear emprendidas por otros países, al determinar unilateralmente lo que era secreto de lo que no y, en consecuencia, de lo que podía ser compartido o negado a otros países. [Krige 2010]

Así mismo, se requirieron los permisos aduanales para la importación del instrumento y se hicieron las negociaciones pertinentes entre la compañía ferrocarrilera norteamericana *Missouri Pacific Lines* y *Ferrocarriles Nacionales de México* para que no se cambiara el instrumento de carro de ferrocarril al cruzar la frontera, con el fin de evitar que éste se des-calibrara. Lazo solicitó a Novoa la gestión de dichos permisos cuando a finales de junio de 1951 la *HVEC* informó que el instrumento estaría en la frontera la semana siguiente: “Agradeceremos a usted que para evitar que el aparato sea cambiado de carro de ferrocarril al llegar a la frontera de Laredo, se consiga que el Sr. Lic. Don Manuel R. Palacios, Gerente General de los Ferrocarriles Nacionales de México, se comunique telefónicamente con el Sr. Pichardo, de la Embajada de México en Washington, para que a su vez este señor consiga de la Asociación Americana de Ferrocarriles la autorización necesaria para que el carro [...] en que viene el aparato a que hacemos mención, continúe hasta México”.⁶⁴ Esta negociación se hizo en el marco de la construcción de Ciudad Universitaria, con la consideración de que se trataba de un instrumento para ésta: “[...] por tratarse del material para la Ciudad Universitaria, creemos no habrá dificultad para conseguir este permiso”.⁶⁵ Como se verá más adelante, en particular Lazo se apropió del discurso de lo nuclear y la energía atómica incorporándolo a la Ciudad Universitaria y, a nivel nacional, promoviendo la formación de una *Comisión Nacional de Energía Atómica*, antecedente de la *Comisión Nacional de Energía Nuclear* creada por decreto presidencial en 1955.

⁶⁴ AGN, ACL, caja 79, carpeta Energía Atómica 12/146. 27 de junio, 1951.

⁶⁵ AGN, ACL, caja 79, carpeta Energía Atómica 12/146. 3 de julio, 1951.



Imagen 10. Acelerador Van de Graaff en mayo de 1952. [AH-UNAM]

Para la instalación del Van de Graaff se requirió, además de la construcción de un laboratorio con características especiales, de la capacitación de personal en el uso del instrumento y la elaboración de un plan de trabajo. El manejo y operación de un instrumento no es algo que pueda ser aprendido únicamente por medio de manuales. En lo que respecta a la construcción y uso de instrumentos científicos, se requiere de un tipo de conocimiento práctico, el conocimiento tácito, que circula mediante el entrenamiento personalizado. [Golinski 1998] El entrenamiento de científicos mexicanos en este sentido fue en el *HVL* del *MIT*, bajo la dirección de Buechner. Esto permitió el acercamiento a una cultura epistémica:⁶⁶ los arreglos experimentales, mecanismos y formas de demostración con las

⁶⁶ La noción de 'culturas epistémicas' la tomo del trabajo de Karin Knorr-Cetina: “esas amalgamas de acuerdos y mecanismos – bajo condiciones de afinidad, necesidad y coincidencia histórica – que, en un campo determinado, nos hacen saber qué sabemos” (“those amalgams of arrangements and mechanism – bonded through affinity, necessity, and historical coincidence – which, in a given field, make up we know what we know”). [La traducción es mía]. [Knorr-Cetina 1999, 1].

que se trabajaban en dicho laboratorio del *MIT*. Esta nueva vertiente en la relación institucional entre el *IF* y el *MIT*, determinó de manera fundamental el rumbo de las investigaciones que se harían con el instrumento.

Entrenamiento en el MIT

Cuando se decidió comprar el acelerador, en el Instituto no había estudios precedentes en física nuclear experimental, no se contaba con personal familiarizado en el uso del instrumento y tampoco se tenía experiencia en las técnicas y el tipo de resultados que se lograban con éste. Motivado por esa situación, en noviembre de 1950 el rector de la Universidad, Luis Garrido, le pidió a Carrillo que en su carácter de *Coordinador de la Investigación Científica* formara una comisión universitaria para la planeación del nuevo laboratorio.⁶⁷

A raíz de eso se formó el seminario de reacciones nucleares en el que participaron Fernando Alba, Marcos Moshinsky, Francisco Medina y Juan Manuel Lozano, los primeros dos investigadores del *IF* y los últimos estudiantes de la carrera de física en la *Facultad de Ciencias*. De los trabajos y discusiones en el seminario salió un informe firmado por Alba y dirigido a Carrillo en el que señalaban la necesidad de que un grupo de investigadores mexicanos fueran a Estados Unidos con Buechner al *MIT*, donde había un instrumento semejante al que habían comprado: “Si se quiere realizar este trabajo eficientemente consideramos necesario que un grupo de investigadores vaya a los Estados Unidos a estudiar con el Dr. W. W. Buechner, ya que él ha estado publicando, recientemente, investigaciones de este tipo, ejecutadas con un aparato semejante al nuestro, y además para informarse respecto a los blancos con isótopos enriquecidos que puedan conseguirse”⁶⁸. Aunque no era la única institución en el mundo donde se realizaba este tipo de investigaciones,⁶⁹ se prefirió el *MIT* porque el jefe del *HVL*,

⁶⁷ AH-UNAM, FUN, sección Rectoría, serie 1/101 Informes, caja 5, exp. 88.

⁶⁸ AH-UNAM, FNC, sección Formación Académica, subsección Currícula, serie Tesis, Nombramientos y Títulos, caja 1, exp. 8, Doc. 100. Noviembre 13, 1950.

⁶⁹ En la *Universidad de Wisconsin* había otro grupo de científicos, encabezados por Raymond Herb, que había diseñado un

Buechner, se había encargado de promover su laboratorio como el sitio más pertinente para la capacitación de los investigadores mexicanos. Esto lo hizo desde 1950 cuando Carrillo visitó la *HVEC* y el *HVL*, después durante el viaje de Graef y Barajas a Boston y mediante la comunicación que estableció con Sandoval Vallarta: “El profesor W. W. Buechner de dicho laboratorio, me indicó en carta de fecha del 11 del corriente [agosto de 1950] que el Departamento de Física del repetido Instituto estaría dispuesto a recibir en calidad de huésped a una persona enviada por la Universidad con la única condición de que ésta lo pida formalmente, y siempre y cuando la persona enviada no sea candidato para ningún grado académico”.⁷⁰



Imagen 11. William Buechner [Del *MIT Museum Collections – People*, en el sitio web: <http://webmuseum.mit.edu/browser.php?m=people&kv=6699&i=11631> consultado el 1 de junio del 2011]

Quién iría al *HVL* fue un tema en disputa entre Graef y Barajas y Sandoval Vallarta. Por un lado, Sandoval Vallarta proponía al ingeniero del *Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey*, Oliverio N. Hinojosa.⁷¹ Por otro lado, Graef y Barajas escribieron una carta a Lazo en octubre de 1950 en donde le decían que Alba Andrade les había informado que Sandoval Vallarta ya

acelerador electrostático semejante al que había en el *MIT* y el *IF*. Era considerado el grupo rival del *HVL* del *MIT*. De hecho, en algunas publicaciones relacionadas con las investigaciones efectuadas con el Van de Graaff del *IF* de la *UNAM*, se cuestionaban algunos resultados obtenidos por el grupo de Wisconsin.

⁷⁰ AGN, ACL, caja 79, carpeta Energía Atómica 12/146. 23 de agosto, 1950.

⁷¹ AGN, ACL, caja 79, carpeta Energía Atómica 12/146. 23 de agosto, 1950.

tenía un candidato: “Ya que el aparato de Van de Graaff será parte del equipo del Laboratorio de Física Atómica del Instituto de Física de la UNAM, te suplicamos muy atentamente que influyas para que se posponga el nombramiento hasta nuestro regreso. [...] Preferimos que el encargado sea un universitario preparado en la Facultad de Ciencias. Nuestra Universidad cuenta con ese centro de preparación de investigadores que forma eficientemente hombres de ciencia”.⁷² Lazo les respondió en los siguientes términos: “... pueden tener la seguridad que tal como he venido procediendo hasta la fecha, mientras yo esté encargado de la realización de Ciudad Universitaria de México, no se hará nada que esté relacionado con ustedes, sin que tengan conocimiento previo de ello”.⁷³ Lazo estuvo involucrado en este asunto pues en principio los fondos para los gastos del enviado al *MIT* serían cubiertos por Ciudad Universitaria. Así lo anunciaba Sandoval Vallarta cuando propuso al Ing. Hinojosa. Sin embargo, ni fue el Ing. Hinojosa ni los fondos los dio la Ciudad Universitaria.

Finalmente, con el apoyo de una beca del *Instituto Nacional para la Investigación Científica* (INIC),⁷⁴ institución en la que Sandoval Vallarta era vocal de las investigaciones en ciencias físicas y matemáticas, Alba Andrade y Díaz Losada fueron al *HVL* del *MIT* para ser entrenados por Buechner entre marzo y mayo de 1951.⁷⁵ Durante su estancia, visitaron la *HVEC* para “aprender los detalles de construcción del aparato”. [BSMF 1951, 37] Alba Andrade había trabajado previamente en el *IF*, mientras que Díaz Losada era conocido de Graef cuando trabajaron en el *Observatorio Astronómico de Tonantzintla*. Tenían experiencia en la construcción y manejo de instrumentos científicos, Alba en el

⁷² AGN, ACL, caja 79, carpeta Energía Atómica 12/146. 25 de octubre, 1950.

⁷³ AGN, ACL, caja 79, carpeta Energía Atómica 12/146. 7 de noviembre, 1950.

⁷⁴ Fue la primera vez que una institución del gobierno mexicano otorgó becas para la formación de físicos mexicanos, aunque en este caso no fue para la obtención de un grado académico. Previamente, entre 1935 y 1950, la *Fundación Guggenheim* otorgó becas a Alfredo Baños, Carlos Graef y Jaime Lifshitz; mientras que la *Fundación Rockefeller* becó a Leopoldo Nieto Casas. Con estas becas Baños, Graef y Nieto Casas estudiaron el doctorado en el *MIT*, mientras que Lifshitz fue a Harvard con el propósito de doctorarse, aunque no obtuvo el grado. Fueron los únicos físicos mexicanos que se formaron en el extranjero en ese periodo y que fundaron o se incorporaron al *Instituto de Física*, única institución mexicana dedicada a la investigación en física hasta 1950.

⁷⁵ Mansur, Miguel. “También con átomos somos buenos tiradores: nuestros físicos bombardean núcleos con la máxima precisión”. Revista de la Semana, *El Universal*, noviembre 2, 1952, 10 y 23.

Mansur, Miguel. “El primer físico nuclear de la UNA revela la marcha de la investigación atómica en México”. Revista de la Semana, *El Universal*, noviembre 9, 1952, 10 y 20.

Pabellón de Rayos Cósmicos y Díaz Losada en el observatorio. Ambos se encargaron de la instalación del instrumento contando con la asesoría de Buechner, quien visitó el laboratorio en varias ocasiones.



Imagen 12. Fernando Alba Andrade (izquierda) y Eduardo Díaz Losada (derecha).⁷⁶

Además, la adquisición del Van de Graaff involucró la presencia de miembros del ejército mexicano para resguardar al instrumento con efectivos del ejército que rodearon las instalaciones del *LVG* desde que éste llegó⁷⁷ y por medio de un ingeniero del ejército mexicano que fue asignado para acompañar a Alba y Díaz Losada durante su estancia en el *MIT* y que después se incorporó al personal del *LVG*. El 4 de noviembre de 1950, la *Presidencia de la República* en acuerdo con la *Secretaría de Hacienda y Crédito Público* y la *Secretaría de la Defensa Nacional*, emitieron un comunicado en el que giraban instrucciones para que Manuel Vázquez Barete fuera al *MIT* en calidad de estudiante en el

⁷⁶ Ortíz Tirado José María. “La Comisión Nacional de la Energía Nuclear”. *Revista Mañana*, 15 de septiembre, 1956. p. 123

⁷⁷ AGN, ACL, caja 83, carpeta Ciudad Universitaria: Recortes Periodísticos 1955. Fotos de Saúl Molina. 8 de junio, 1952

extranjero: “Gírense órdenes designando al C. Capitán 2do. I. C. Manuel Vázquez Barete, para que con la oportunidad debida se traslade a Cambridge, Mass., EE. UU. A., a fin que en el Instituto Tecnológico de Massachussets y en compañía de los investigadores de la Universidad Nacional Autónoma de México, haga estudios a partir del quince de noviembre actual y por el término de cuatro meses, sobre el manejo del Van de Graaff, que ha adquirido para sus experimentaciones la propia Universidad...”⁷⁸ Previamente, Vázquez Barete fue becado por el *Ejército Mexicano* a mediados de 1950 para cursar la carrera de Físico Teórico y para tomar cursos de Física Nuclear y Elementos de Ingeniería Nuclear en la *Facultad de Ciencias*.⁷⁹ El Ejército Mexicano se involucró en la adquisición del instrumento Van de Graaff porque lo nuclear se trataba como un asunto de seguridad nacional a nivel mundial.

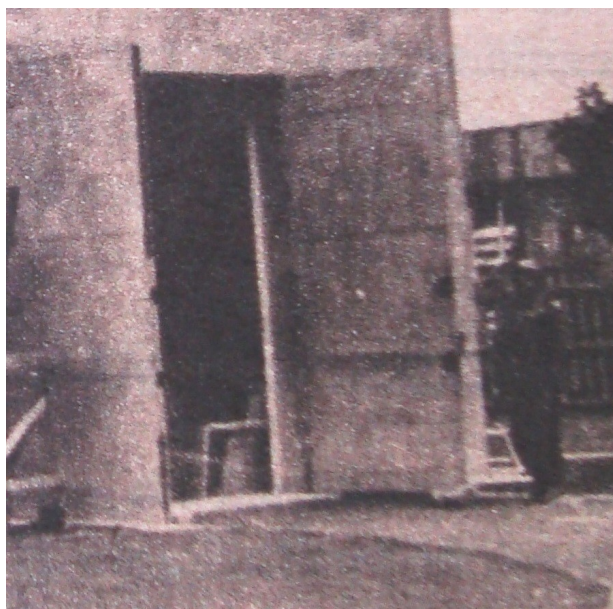


Imagen 13. La fotografía de la izquierda es un acercamiento a la entrada trasera del Laboratorio Van de Graaff, en la que se puede apreciar la presencia de un militar del lado derecho de la puerta de entrada. [Imagen incluida en el número especial del XIII aniversario de la revista *Mañana* titulado “La era atómica”] En la fotografía contigua está Manuel Vázquez Barete. [Imagen tomada del libro *Historia Gráfica del Instituto de Física*]

⁷⁸ AGN, ACL, caja 79, carpeta Energía Nuclear 12/146. 4 de noviembre, 1950.

⁷⁹ AH-UNAM, FUN, serie 1/229, subserie Becas, caja 153, exp. 1513. 2 de junio, 1950.

Las Visitas de William Buechner

En 1952, Buechner estuvo en México en dos ocasiones, en agosto⁸⁰ y noviembre.⁸¹ En su primera visita, que fue financiada por el *Departamento de Estado Norteamericano* bajo el programa de intercambio de profesores establecido entre ambos países, dictó conferencias en el *Instituto Mexicano-Norteamericano de Relaciones Culturales*.⁸² En la segunda ocasión, asistió a la ceremonia de dedicación de la Ciudad Universitaria, donde recibió el Doctorado Honoris Causa por la *UNAM*, cuya candidatura fue propuesta por Graef en los siguientes términos: “El Dr. Buechner, aparte de ser uno de los más destacados experimentadores de física nuclear, ha tenido una influencia muy importante en el impulso a los estudios nucleares en México, debiéndose a él en gran parte, la realización del Laboratorio de Física Nuclear”.⁸³

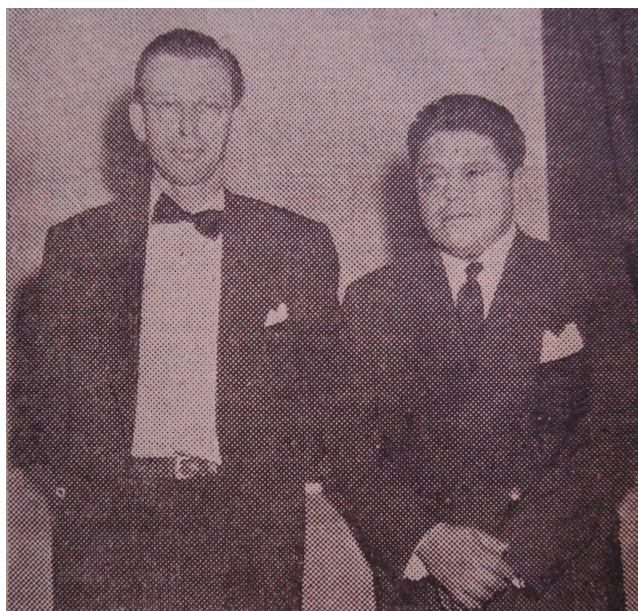


Imagen 14. William Buechner y Nabor Carrillo en agosto de 1952.⁸⁴

⁸⁰ “Conferencia de Buechner sobre energía nuclear” *El Nacional*, 6 de agosto, 1952, 1.

⁸¹ “Cocktail del Lic. Novoa en el Prado” *El Universal*, 23 de noviembre, 1952, 22.

⁸² “Conferencia de Buechner sobre energía nuclear” *El Nacional*, 6 de agosto, 1952, 1.

⁸³ AH-UNAM, FUN, sección Rectoría, exp. 423.

⁸⁴ “Habló sobre la medición de la energía atómica el Dr. William Buechner”. *El Nacional*, 9 de agosto, 1952. p. 1

En ambas ocasiones Buechner asistió al *LVG* para supervisar y asesorar los trabajos, además de reunirse con los directores de los institutos de Física y Matemáticas de la *UNAM*, Graef y Alberto Barajas, respectivamente, y con Carrillo.⁸⁵ Así mismo, entregó una carta dirigida a este último titulada “Suggestions regarding a Research Program for the Van de Graaff Laboratory of the University of Mexico”.⁸⁶ En ella proponía tanto el programa de investigaciones que debía seguirse como las técnicas que recomendaba usar. Los argumentos con los que fundamentaba la pertinencia de hacer ciertos estudios, aludían a la originalidad de los resultados en relación a los obtenidos en otras instituciones, la facilidad con que se podían obtener y la cercanía que éstos tenían con respecto a las investigaciones que realizaban en *MIT*. Este documento fue la base para definir los estudios que se realizarían con el Van de Graaff del *IF*.

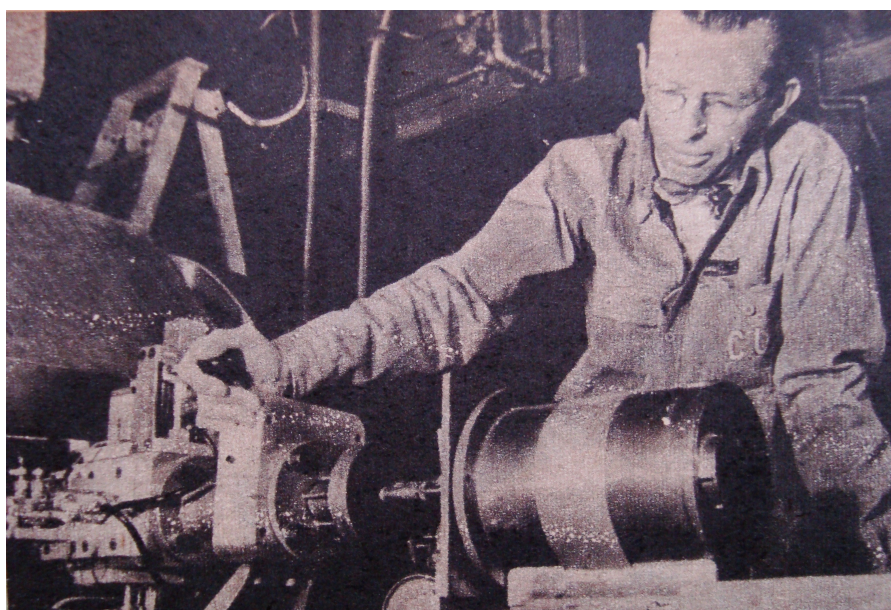


Imagen 15. Buechner en el Laboratorio Van de Graaff. [Imagen incluida en el reportaje especial de la revista Mañana titulado “La era atómica con que cuenta México”, 16 de junio, 1952]

Además, fue en esas visitas donde acordaron que Marcos Mazari, ingeniero civil entonces dedicado a la mecánica de suelos en *Ingenieros Civiles Asociados* y cercano a Carrillo, fuera al *MIT*

⁸⁵ AH-UNAM, FNC, sección Desarrollo Profesional, subsección UNAM, serie Coordinación de la Investigación Científica, caja 1, exp 9, Doc. 159. 3 de diciembre, 1952.

⁸⁶ AH-UNAM, FNC, sección Desarrollo Profesional, subsección UNAM, serie Coordinación de la Investigación Científica, caja 1, exp 9, doc. 147. 24 de septiembre, 1952.

como *Visiting Fellow*, con lo cual le permitirían trabajar en el *HVL* sin la obtención un grado académico.⁸⁷ Con ese propósito, Buechner gestionó la beca que el gobierno norteamericano otorgó a Mazari.⁸⁸ Así mismo, las autoridades universitarias le garantizaron un puesto de trabajo en el *IF*. De la colaboración que a partir de entonces se generó entre Buechner y Mazari, resultó la construcción de un instrumento complementario al acelerador Van de Graaff, el espectrógrafo magnético, y la publicación de múltiples artículos donde reportaban los resultados obtenidos en las investigaciones en las que Mazari participó durante el tiempo que estuvo en el *MIT*. la



Imagen 16. Marcos Mazari manejando los controles del acelerador Van de Graaff.⁸⁹

Buechner visitó el *LVG* al menos en dos ocasiones más, una en 1955 durante la asamblea conjunta de la *American Physical Society* y la *Sociedad Mexicana de Física* y en 1958. Para su visita de 1955 solicitó financiamiento en el *Committee on International Exchange of Persons* del gobierno norteamericano. Dicha oficina envió una carta a Carrillo, en su calidad de rector de la Universidad,

⁸⁷ AH-UNAM, FNC, sección Desarrollo Profesional, subsección UNAM, serie Coordinación de la Investigación Científica, caja 1, exp 9, doc. 159. 3 de diciembre, 1952.

⁸⁸ AH-UNAM, FUN, sección Rectoría, Serie 1/229 Becas, caja 154, exp. 1516. 27 de mayo, 1953.

⁸⁹ “La era atómica con que cuenta México”. *Mañana*, 16 de junio, 1952.

para pedir referencias sobre Buechner: “El Comité recibirá evidencias de su adaptabilidad, interés en relaciones humanas y su capacidad de liderazgo constructivo”.⁹⁰ Carrillo contestó elogiando la labor de Buechner en México y recomendándolo para obtener el apoyo del comité. En relación al *LVG*, señaló lo siguiente: “Contribuyó de una manera muy importante al establecimiento del Laboratorio Van de Graaff en la Universidad de México y mucha de la investigación que se ha llevado a cabo se debe en gran medida a su orientación”.⁹¹

La intervención de Buechner en el *LVG* se consolidó a partir de que se encargó de entrenar a los mexicanos que instalarían el instrumento. Las investigaciones que se realizaron, las técnicas que fueron usadas y algunos de los instrumentos que se construyeron, contaron con su asesoría. Sus recomendaciones, consejo y supervisión fueron determinantes para el rumbo del Laboratorio y del instrumento. Representa una de las muchas formas que tuvieron los mecanismos de intercambio y colaboración promovidos y apoyados por el gobierno norteamericano, para el cual el intercambio científico internacional “... no se trata sólo de compartir información. Cuando la ciencia en cuestión es también un asunto de estado de inmensa importancia para los intereses estratégicos nacionales, el intercambio internacional es a la vez una ventana, un sondeo, una ideología de la transparencia y, en virtud de ello, un instrumento de control, un panorámico desde donde explorar y vigilar”.⁹² [Krige 2006, 167]⁹³

⁹⁰ AH-UNAM, FUN, sección Rectoría, serie Asuntos Generales, caja 54, exp. 528. 8 de diciembre, 1954. “The Committee will come evidences of his adaptability, interests in human relations, and capacity for constructive leadership”. [La traducción es mía]

⁹¹ AH-UNAM, FUN, sección Rectoría, serie Asuntos Generales, caja 54, exp. 528. 14 de febrero, 1955. “He contributed in a very important way to the establishing of the Van de Graff Laboratory in the Univesity of Mexico, and much of the research that has been carried out owes a great deal to his guidance”. [La traducción es mía].

⁹² “... is not just about sharing information. When the science concerned is also an affair of state, of immense importance for national strategic interests, international exchange is at once a window, a probe, an ideology of transparency and, by virtue of that, an instrument of control, a viewpoint from which to look in and watch over”. [La traducción es mía].

⁹³ El mejor entendimiento del alcance y significado de la relación generada entre Buechner, los científicos del *IF* y el instrumento Van de Graaff, sería posible mediante la búsqueda concreta en los archivos del *MIT* y los *National Archives* en Estados Unidos, lo cual estuvo fuera de alcance para la presente investigación.

Capítulo 2. *El Van de Graaff y sus Significados en el Discurso de la Modernización y la Conformación de la Nuclearidad en México.*

En este capítulo discutiré los sentidos en los que se movilizó al instrumento en el discurso público. En primer lugar, en la prensa escrita mexicana se desplegó un discurso público con el que se puso al instrumento como parte del proyecto modernizador del gobierno de Miguel Alemán, lo cual está relacionado con el proyecto y la propaganda de Ciudad Universitaria. En segundo lugar, daré cuenta del discurso público en relación al instrumento que lo alejaba del poder destructivo de la energía nuclear y, en vez de ello, lo trasladaba al discurso de la modernización del país y la solución de problemas sociales, es decir, movilizándolo al espacio de lo común. Por último, escribiré sobre cómo el instrumento se insertó en las discusiones sobre los usos pacíficos de la energía nuclear, promovidas por el gobierno estadounidense en foros internacionales.

2.1 *El Van de Graaff en la prensa escrita*

En esta parte del capítulo mostraré el discurso desplegado en la prensa nacional en relación al instrumento en dos sentidos: como parte del proyecto modernizador de Miguel Alemán y por sus aplicaciones en la solución de problemas sociales. Por ello, es importante empezar con el papel que jugaba la prensa escrita en México durante los años cincuenta.

En la prensa escrita se encuentra una expresión importante de lo público que responde a la búsqueda de lugares comunes para el tratamiento de cuestiones públicas. Se trata de un sentido de lo público como lo de interés común en contraposición a lo privado o de un grupo particular. Este sentido de lo público se encuentra entrelazado con la política y el ejercicio del poder. [Rabotnikof 2005] Tal es

el caso de la prensa escrita en México en el siglo XX, que se caracteriza tanto por la dependencia con el poder político como porque se desenvuelve en un ámbito empresarial.

La prensa en el siglo XX mexicano⁹⁴ tiene características distintas de aquella que fue publicada durante el siglo anterior. Para Fernández Christlieb [Fernández 1982], en los últimos años del siglo XIX comienza una etapa notablemente diferente en la historia de la prensa nacional, que se consolida en la década de los años veinte y que se relaciona con cambios tanto en el panorama nacional como internacional. A esta nueva etapa la llama “periodismo oficialista”. Considera que su surgimiento coincide con la consolidación del capitalismo en lo económico y la corporativización del Estado Mexicano, es decir, con la instauración del Estado Moderno Mexicano en el que prevalece un sólo modelo a seguir enarbolado por el Partido Nacional Revolucionario - que en 1946 se transformó en el Partido Revolucionario Institucional -, al cual el periodismo quedó subordinado. El periódico es para entonces una empresa a la que se le permite operar en la medida en que logra aliarse al poder político y económico; se trata de una prensa que “se somete en lo económico, al anunciante y en lo político al Presidente”. [Fernández 1982, 24]

A la par que el estado mexicano iba adquiriendo un carácter corporativo, comenzaron a operar diversos mecanismos institucionales reguladores de la actividad editorial desde el gobierno. Entre estos mecanismos se encuentran: la necesidad de obtener un certificado de licitud previo a la circulación de algún medio impreso, un permiso para la importación de maquinaria y artículos editoriales, la

⁹⁴ En relación a las investigaciones sobre la comunicación en México, hay artículos e incluso libros enteros donde se sostiene que es un campo en formación sobre el que hay muy pocos estudios, muchos problemas abiertos y que habría que fortalecer esas investigaciones a partir de nuevos proyectos y estudios de posgrado. [Fuentes Navarro, 2004] En la revisión que hace Celia del Palacio Montiel sobre las publicaciones en torno a la historia de la prensa en México del siglo XIX y XX entre los años 1998 y 2004, señala los esfuerzos que se han emprendido en esta materia, lo que se había logrado y los temas que faltaban por trabajar. Señala de manera enfática que “Son muy pocos los trabajos que intenta vincular a los periódicos con su momento y explicar sus devenires en relación con los acontecimientos no sólo políticos, sino sociales y económicos”. [Del Palacio Montiel 2004, 23] En relación a trabajos sobre historias generales del periodismo en México, en su estudio deja ver que hay pocas publicaciones al respecto en relación con aquellas que se refieren a estudios de caso. En la búsqueda que emprendí con el propósito de ubicar históricamente la prensa en México de los años cincuenta, encontré que el trabajo de Fernández Christlieb [Fernández 1982] es un referente repetido en los estudios relacionados. Para los propósitos de este trabajo, sus reflexiones e investigación son de enorme valor.

existencia de un organismo estatal dedicado a producir e importar papel para periódico, la organización de un departamento dedicado a la configuración de la información producida en cada dependencia estatal y una franquicia postal para la distribución de diarios y revistas.

Aunque la principal función asumida por la gran prensa oficial fue justo la de ser tribuna de expresión del estado mexicano, eso no excluye que los diarios hayan cumplido otro tipo de funciones como la de difundir cultura o entretener a los lectores.

En síntesis, nos dice la autora:

“Concebimos el periódico como un conjunto de mensajes implícitos y estructurados, expresión de un sistema de valores de un grupo determinado; sistema que defiende los intereses de dicho grupo y da origen a comportamientos prescritos frente a determinados problemas sociales, económicos o políticos. La historia del periodismo mexicano habla de una constante injerencia de los diversos gobiernos en los diarios de la época. Injerencia manifestada, tanto en la propiedad, como en el control de la prensa en oposición. En el siglo XX, conforme se configuraba el Estado mexicano, la participación de los gobiernos en la prensa fue adquiriendo nuevas formas. La propiedad estatal de órganos periodísticos continuó, pero junto a ella se idearon, además, mecanismos de participación antes desconocidos. Tal es el caso de los procedimientos utilizados durante las cuatro últimas décadas [entre los años cuarentas y ochentas] para divulgar los acontecimientos generados en el seno del gobierno y para distribuir el papel periódico a los diarios que se publican en la República Mexicana”. [Fernández 1982, 33-34]

El Van de Graaff, Ciudad Universitaria y la Modernización del País.

De la búsqueda hemerográfica encontré que sólo se escribió acerca del instrumento en prensa escrita entre 1950 y 1957, concentrándose la mayor parte de las referencias entre 1950 y 1952, los últimos dos años del gobierno del presidente Alemán. Para la década de los cincuentas estaba bien establecida la relación de subordinación de la prensa escrita frente al estado mexicano, en este sentido se puede entender que la presencia del instrumento en la prensa estuvo estrechamente ligada al gobierno de Alemán y su imagen.

El afán industrializador de los años cuarenta fue central tanto para la administración de Manuel Ávila Camacho (1940-1946) como la de su sucesor Alemán (1946-1952). El proceso de

industrialización era clave para la modernización del país, además de la tecnificación del campo mexicano, la construcción de infraestructura y los procesos de urbanización. En esos años, desde los gobiernos en turno se generó una concepción de la nación como heredera de la historia revolucionaria y que había entrado en un proceso de transformación cuyos logros y beneficios estaban por llegar, esperanza y promesa de la modernidad.⁹⁵ [Aguilar Camín y Meyer, 1990]

Alemán fue el primer presidente que no era parte de las fuerzas armadas de México sino de origen civil y egresado de la *Escuela de Jurisprudencia* de la UNAM. Su gobierno comenzó en 1946, en los inicios de la posguerra. Alemán, como su antecesor, impulsó la industrialización del país como parte fundamental del proceso de modernización. Además, se promovió la tecnificación de la agricultura, la urbanización de la población y la construcción de infraestructura.

De 1940 a 1960 la población mexicana pasó de 19'654'000 a 34'923'000 habitantes. En la década de los cuarenta la tasa media anual de crecimiento demográfico fue 2.755%; mientras que en la de los cincuenta fue de 3.078%. El crecimiento poblacional se entendía como una consecuencia del desarrollo económico: “Este crecimiento es resultado de una elevación sustancial del nivel de vida de la población, como lo demuestra el hecho de que proviene, por una parte, del mantenimiento de una alta tasa de natalidad – característica de un país joven y en desarrollo -...” [Presidencia de la República 1963, 21] Así mismo, la urbanización de la población representaba un indicador de mejoramiento del nivel de vida. De 1940 a 1960 la población urbana aumentó de 21.9% a 37.5%; mientras que el porcentaje de población rural disminuyó de 78.1% a 62.5%.

Se entiende, además, que el crecimiento en el producto interno bruto de la década de los cuarentas y cincuenta tiene su origen en la industrialización del país. Así se entiende porque, por ejemplo, en 1940, 24.5% del producto interno bruto tenía su origen en el sector industrial, en 1950 el

⁹⁵ Se trata de una lógica en la que, como Echeverría describió en relación a la modernidad, “Lo moderno es lo mismo que lo bueno; lo malo que aún pueda prevalecer se explica porque lo moderno aún no llega del todo o porque ha llegado incompleto”. [Echeverría 1997, 134].

porcentaje aumentó a 32.5% y el de 1960 a 36.1%. [Presidencia de la República 1963, 34] Así mismo, se destinaban importantes recursos públicos tanto para el fomento agropecuario,⁹⁶ industrial⁹⁷ y el sector de comunicaciones y transportes⁹⁸, aspectos fundamentales para el proceso de modernización.

Fue una época de gran entusiasmo por la aparente mejora de las condiciones económicas y sociales en el país. En ese sentido, esta ilusión fue en parte producto de las necesidades y movilización de recursos con motivo de la Segunda Guerra Mundial, que beneficiaron económicamente al país, sobre todo por los acuerdos económicos que se establecieron con Estados Unidos. Desde los inicios de los años cuarenta, el gobierno norteamericano había estrechado las redes de cooperación con México en ámbitos culturales e intelectuales, económicos y de defensa militar. Durante la guerra, México abasteció de materias primas a Estados Unidos, llegando incluso a un acuerdo de cooperación económica en 1942 que fijaba los precios de algunos productos y se concedían préstamos al gobierno mexicano para la construcción de una infraestructura que permitiera el flujo de productos y para el fortalecimiento de la industria nacional. Para ello, durante el gobierno de Ávila Camacho se resolvieron los problemas pendientes con aquel gobierno que dificultaban la relación diplomática, como la compensación a ciudadanos norteamericanos afectados por la revolución mexicana y a las empresas norteamericanas por los conflictos ferroviarios y la expropiación petrolera. Al finalizar la guerra la industria mexicana tuvo que competir con la industria extranjera, en particular la norteamericana, y no logró ajustarse a sus requerimientos en cuestión de competitividad y producción, por lo que se concentró en satisfacer la demanda interna. Durante el gobierno de Alemán, al tiempo que se conseguían créditos y préstamos en bancos norteamericanos con los que se pretendía fortalecer la infraestructura nacional y apoyar la generación de nuevas empresas, la inversión de capital

⁹⁶ En 1940, 44.3 millones de una inversión pública total de 336.2 millones de pesos; en 1950, 551.8 millones de un total de 2'665.6 millones de pesos; y en 1960, 587.6 millones de un total de 8'772 millones de pesos en inversión pública. [Presidencia de la República 1963]

⁹⁷ En 1940, 60.7 millones; en 1950, 635.1 millones; y en 1960, 2'903.5 millones. [Presidencia de la República 1963]

⁹⁸ En 1940, 455.6 millones; en 1950, 1'090.4 millones; y en 1960, 2'997.8 millones. [Presidencia de la República 1963]

norteamericano en territorio mexicano aumentó rápidamente. Sin embargo, algunas de las consecuencias negativas que se tuvieron que enfrentar fueron el aumento de la deuda externa, la desestabilización de la moneda mexicana⁹⁹ y el aumento de la inversión extranjera en el país. Paralelamente, en el discurso gubernamental se anunciaban los logros y promesas en relación a la modernización del país.

En el capítulo anterior señalé que la construcción de una parte de Ciudad Universitaria (la obra se terminó de construir durante la administración de Adolfo Ruiz Cortínez) fue un proyecto que el gobierno de Alemán asumió como propio al destinar recursos públicos para ese propósito. También mencioné que públicamente los encargados de la obra y las autoridades universitarias reconocieron y mostraron gratitud a las acciones del gobernante en beneficio de la universidad. Para Alemán, con la construcción de Ciudad Universitaria no sólo se beneficiaría a la comunidad universitaria y al sistema educativo mexicano,¹⁰⁰ sino que representaba una base del progreso para beneficio del país entero: “será una de las más firmes bases para que el futuro de México no tenga duda en su derrotero de progreso”.¹⁰¹

⁹⁹ En 1948 y 1949 se devaluó el peso mexicano frente al dólar.

¹⁰⁰ Durante la presidencia de Alemán, 1947-1952, el gasto del gobierno federal en educación fue de 1'885'637 miles de pesos de un total de 16'369'571 miles de pesos, es decir, un 11.5% del gasto total. [Nacional Financiera 1974, 402] En cuanto a lo que se destinó como inversión pública federal en el rubro de educación e investigación, también se registra un aumento gradual en los años de su gobierno: 1947, 13 millones de pesos; 1948, 17 millones; 1949, 15 millones; 1950 (año en que inicia la construcción de Ciudad Universitaria), 29 millones; 1951, 102 millones; y 1952, 221 millones. [Nacional Financiera 1974, 358-359]

¹⁰¹ “Nace una ciudad: La ciudad universitaria, que albergará a 26.000 alumnos, es la obra magna del presidente Alemán”. *Impacto*, 15 de marzo, 1952, 51.



Imagen 17. Torre y Facultad de Ciencias.¹⁰²

La ciencia ocupó un papel primordial en el proyecto: “La airosa Torre de Ciencias de la Ciudad Universitaria, se yergue sobre el pétreo panorama transformado por el civilizador espíritu del gran Presidente de México M. Alemán”.¹⁰³ La ceremonia de la primera piedra de Ciudad Universitaria, con la cual se daría inicio a la construcción, fue en el edificio de la Facultad de Ciencias.¹⁰⁴ En julio de 1950, un mes después que iniciara formalmente la construcción, Carrillo, Sandoval Vallarta, Graef y Barajas, consiguieron el apoyo del Rector, de los encargados de la construcción de Ciudad Universitaria, en particular del Arq. Lazo, y del presidente de la República para comprar el generador electrostático Van de Graaff. Con la adquisición del instrumento, afirmaba el Arq. Lazo, gerente

¹⁰² AGN, ACL, caja 31, fólder Ciudad Universitaria de México.

¹⁰³ “Nace una ciudad: La ciudad universitaria, que albergará a 26.000 alumnos, es la obra magna del presidente Alemán”. *Impacto*, 15 de marzo, 1952, 48.

¹⁰⁴ Valeria Sánchez Michel, estudiante del doctorado en historia del *Colegio de México*, en su tesis sobre historia de Ciudad Universitaria, sostiene que dónde colocar la primera piedra fue un tema de debate y lo que sucedió muestra la importancia que la ciencia tenía en ese momento y del poder que tenían un grupo de científicos encabezados por Nabor Carrillo. Aunque se esperaba que la ceremonia de la primera piedra fuera en lo que correspondería a la *Facultad de Derecho*, de la cual egresó el presidente de la República, finalmente fue en la *Facultad de Ciencias*.

general de Ciudad Universitaria, “hemos querido establecer un símbolo de la modernidad de esta nueva Universidad, que esta idea de la energía nuclear, manejada por el estudiante mexicano, no con finalidades políticas o militaristas, sino con finalidades humanas, de desarrollo de todos nuestros recursos naturales, modele también el pensamiento de nuestros filósofos, de nuestros economistas, de nuestros técnicos, y sea el espíritu que debe centrar a esta universidad”.¹⁰⁵ El proyecto de Ciudad Universitaria era modernizador para la UNAM y como parte de ello se usó de estandarte al Van de Graaff. A su vez, ambos eran símbolo del progreso del país.

Como parte del proyecto de Ciudad Universitaria, se instituyó un departamento de propaganda cuya dirección estaba a cargo del Lic. Almiro P. de Moratinos. Este departamento se mantuvo vinculado a la prensa nacional para la difusión de los trabajos de Ciudad Universitaria. Además, publicaron folletos, postales y otros materiales con los que se promovieron los logros del proyecto en universidades extranjeras y embajadas. La adquisición del instrumento Van de Graaff fue difundida también por estos medios, lo cual pone de manifiesto el Dr. Fidel Alsina de la *Comisión Nacional de Energía Atómica* de Argentina cuando solicitó información técnica sobre dicho instrumento a Graef y Sandoval Vallarta: “A través del Sr. Lic. Almiro P. de Moratinos he tenido el agrado de recibir el ejemplar de “Construcción Moderna” dedicado a vuestra Ciudad Universitaria. Entre las muchas cosas de admirar, encuentro una de particular interés: el laboratorio del acelerador Van der [sic] Graaff. Estamos aquí, en estos momentos, erigiendo un acelerador de cascada, para 1.5 MeV, y nos interesaría mucho conocer algunos detalles sobre el equipo mexicano”.¹⁰⁶

En particular, Lazo llevó el discurso de lo nuclear a la Ciudad Universitaria y a nivel nacional, dada su cercanía con el gobierno federal, promovió la formación de una comisión mexicana de energía atómica. En unas notas incluidas en su archivo personal, bajo resguardo del *Archivo General de la*

¹⁰⁵ AH-UNAM, FMU, sección Publicaciones Periódicas, subsección Revista de la Universidad de México, rollo 8, volumen IV, número 46, pág. 16. “La Ciudad Universitaria de México”. Octubre de 1950.

¹⁰⁶ AGN, ACL, caja 70, carpeta Energía Atómica. Abril 29, 1952.

Nación, en las que describe la “evolución de la energía” hasta la energía atómica y donde destaca sus bondades en beneficio del progreso de la humanidad, afirmaba “Es una evolución de evoluciones [...]”. De este mismo concepto se desprende la organización de la nueva Universidad de México y del Mundo”.¹⁰⁷ La re-organización de la Universidad era parte del proyecto de Ciudad Universitaria,¹⁰⁸ la que para Lazo tenía una “analogía de estructura” con los logros potenciales de la energía nuclear, es decir, la era nuclear como una nueva realidad en la que se tendría una fuente ilimitada de energía y que llevaría a una era de la abundancia. En los discursos que ofreció sobre el proyecto usó metáforas en este sentido. Fue una forma en que Lazo incorporó el discurso de lo nuclear a la Ciudad Universitaria respaldado por Barajas, Carrillo, Graef y Sandoval Vallarta.

Lazo también promovió que se organizara una comisión mexicana de energía atómica considerando el interés nacional en la creación de un organismo que se hiciera cargo de todo lo relativo al estudio y aplicaciones de la energía nuclear, que el instrumento Van de Graaff estaba próximamente a llegar y que “es necesario asignar los fondos suficientes con el fin de establecer, sin demora, los trabajos de investigación y aplicación que es posible efectuar con el aparato...”. [Lazo 1952, 81] Así, la comisión propuesta por Lazo – que presentó con el respaldo de Barajas, Carrillo, Graef y Sandoval Vallarta - se planteó como una medida con la cual se suministrarían los fondos necesarios para poner en marcha las investigaciones en energía nuclear con el Van de Graaff, al tiempo que se promoverían este tipo de investigaciones, se buscarían yacimientos de elementos radioactivos en el territorio mexicano y fomentarían las investigaciones científicas y aplicaciones industriales de la energía atómica. Dicha comisión estaría integrada por los directores de la *Facultad de Ciencias*, del *IF* y de la *Coordinación de Ciencias* de la *UNAM*, así como el vocal físico-matemático del *INIC* y el gerente de Ciudad Universitaria; es decir, Barajas, Graef, Carrillo, Sandoval Vallarta y Lazo, respectivamente. [Lazo

¹⁰⁷ AGN, ACL, caja 79, carpeta Energía Atómica.

¹⁰⁸ En su trabajo de investigación doctoral, Valeria Sánchez Michel encuentra que en el tiempo que se construyó Ciudad Universitaria, se promovieron reformas a la Ley Orgánica de la UNAM y a los planes de estudio, así como una reestructuración del sistema de investigación científica.

1952, 81-84] Aunque la creación de una comisión como la que proponía Lazo fue decretada por el gobierno de México hasta 1956 – después de la conferencia internacional de Átomos para la Paz celebrada en Ginebra en 1955 y a la que acudieron Carrillo, Graef y Sandoval Vallarta como representantes del gobierno mexicano – y en la cual no participó, su propuesta es sólo un antecedente en ese sentido, con la particularidad y relevancia para nuestro caso de que fue planteada a partir de la adquisición del Van de Graaff. Lo anterior es un ejemplo de la movilización del instrumento en la conformación del programa nuclear mexicano.

Se trataba de un instrumento científico que era usado para investigaciones en física nuclear experimental. Invertir en la adquisición del instrumento fue visto como una vía para la entrada del país a la era nuclear y, en ese sentido, con el instrumento se estaba configurando la nuclearidad¹⁰⁹ de México: “México está ahora incorporándose definitivamente a la era atómica al poner en actividad el programa de investigaciones nucleares en el laboratorio de física de la nueva Ciudad Universitaria”.¹¹⁰ En la prensa nacional fueron publicados artículos donde se proyectaban aplicaciones del instrumento con las que se apoyaría a la industria nacional¹¹¹ o se solucionarían importantes problemas nacionales como la producción agrícola.¹¹² La industria y la agricultura eran aspectos fundamentales del proyecto modernizador de esos años, así que ubicar las aplicaciones del instrumento en estos aspectos era una forma de ponerlo en sintonía con ese proceso. Así mismo, los potenciales beneficios para el país entero estaban ligados al discurso de los usos pacíficos de la energía nuclear: “la Universidad de México [pondrá] en marcha dentro del país la excitante era atómica, promesa de un futuro más cómodo,

¹⁰⁹ El término “nuclearidad” lo retomo de la propuesta de Gabrielle Hecht: “[...] esto es, el grado en que una nación, un programa, una política, una tecnología o incluso un material cuenta como nuclear”. [Hecht 2006, 25]

¹¹⁰ “Experiencias Atómicas”. *Mañana*, 21 de Junio, 1952, p 13

¹¹¹ “... será posible ahora en nuestro país la realización de estudios de rayos X sobre láminas metálicas en su fabricación. Con tal peso la moderna industria mexicana habrá dado un paso adelante de inmensa e incalculable importancia”. Experiencias Atómicas, *Mañana*, 21 de junio 1952, p 13.

¹¹² “He aquí el dato revelador de un futuro brillante para la agricultura y la alimentación mexicana, se han hecho estudios sobre el bombardeo atómico de las semillas con magníficos resultados, pues las plantas que nacen de dichos gérmenes crecen más exuberantes que las plantas no bombardeadas”. “Idea Universitaria Semillas Atómicas desde la Ciudad U”, *El Universal*, 8 de julio, 1952, p 10.

higiénico y desahogado cuando, como lo va a hacer México, se aprovecha la energía de los átomos para fines de paz”.¹¹³

Las aplicaciones del Van de Graaff a problemas sociales y los usos pacíficos de la energía nuclear.

En la prensa mexicana entre 1950 y 1952, principalmente, se desplegó un ejercicio propagandístico con la intención de difundir la adquisición del instrumento Van de Graaff en un discurso prometedor para el país mediante la entrada a la era atómica.

Como he dicho antes, el instrumento representaba en el discurso público la entrada de México a la era nuclear con sus potenciales beneficios para el país entero. En primer lugar, el instrumento permitiría la formación de científicos y técnicos en la operación y usos de instrumentos nucleares: “La finalidad de la adquisición del aparato Van de Graaff [...] es formar científicos y técnicos mexicanos que puedan manipular y poner en servicio las máquinas de energía nuclear en un futuro próximo, con lo cual se logrará poner a México en el aspecto científico técnico a la altura de la época”¹¹⁴

En las notas periodísticas, discursos, conferencias y entrevistas se dejaba en claro que el instrumento no serviría para construir una bomba atómica. En cambio, tendría múltiples usos que se traducirían en beneficios para el país: “Dentro de poco nos enteraremos por los periódicos que la Universidad de México ha tomado muy en serio la idea de establecer una unidad instrumental para investigación de energía nuclear, con la cual si no ha de llegarse al extremo de fabricar bombas atómicas, si se tratará de formar técnicos que sepan manejar la energía nuclear y aplicarla para fines agrícolas, industriales, científicos, médicos, etc.”¹¹⁵

El miedo a lo nuclear prevalecía en esos años por las muestras del poder destructivo de la

¹¹³ Avendaño Iniestrillas. “México y la Fuerza Atómica”. *El Universal*, 17 de julio, 1952, 4.

¹¹⁴ Mansur, Miguel. “Vaticina a México un Buen Porvenir Atómico...” *El Universal*, 26 de octubre, 1952,

¹¹⁵ Avendaño Iniestrillas, Jorge. “La UNA desintegra el átomo” *El Universal*, 19 de agosto, 1950, 1.

bomba atómica. Eran años en que el mismo día que aparecía una nota titulada “Armas a Base de lo Atómico”¹¹⁶ - donde informaban sobre el nuevo armamento que estaban construyendo en Estados Unidos - se encontraba otra cuyo título era “Calibración del Campo Magnético y Atómico, pero también del Espíritu”¹¹⁷ para referirse a las investigaciones que se realizaban en el *LVG* del *IF*. En ese sentido, tenía razón de ser el esfuerzo mediático para justificar que en el país se invirtiera en un instrumento relacionado con lo nuclear, con la garantía de que no serviría para fines bélicos.

Al respecto de las potenciales investigaciones y aplicaciones del Van de Graaff mexicano hubo dos tendencias en el discurso público. Por un lado, Graef, como director del *IF*, se encargó de promover la idea de que el instrumento sería usado para la solución de problemas sociales al menos en tres sentidos: la radiación de semillas como el maíz y el trigo¹¹⁸, la esterilización de alimentos¹¹⁹ y en los tratamientos contra el cáncer.¹²⁰ Las notas periodísticas en las que se mencionan estas aplicaciones en particular, refieren a Graef como la fuente de donde se obtuvo esa información a través de entrevistas o conferencias que él mismo ofreció: “La ciencia en México, afirma el doctor Graef, tiene un interés muy grande en las mutaciones que se pueden producir artificialmente en el maíz y en otras plantas clave de nuestra agricultura. El estudio sistemático de estas mutaciones es de enorme importancia para nuestro país”.¹²¹

¹¹⁶ Moore, Danton. “Armas a Base de lo Atómico”. *El Universal*, 26 de septiembre, 1951, 1.

¹¹⁷ Lara Barragán, Antonio. “Calibración del Campo Magnético y Atómico, pero también del Espíritu”. *El Universal*, 26 de septiembre, 1951, 1.

¹¹⁸ “Con dicho aparato es factible realizar investigaciones biológicas de la misma naturaleza de las que se hacen en otros países. Aquí se podría estudiar, por ejemplo, las mutaciones que sufre el maíz al someterlo a rayos X de gran penetrabilidad y obtener un nuevo tipo de grano más apto a nuestras necesidades y circunstancias agrícolas”. Mansur, Miguel. “Vaticina a México un Buen Porvenir Atómico...”. *El Universal*, 26 de octubre, 1952. También véase, Avendaño Inestrillas, Jorge. “Idea universitaria. Semillas atómicas desde la Ciudad U.” *El Universal*, 8 de julio, 1952, 10.

¹¹⁹ “La esterilización de antibióticos en la industria farmacéutica y de conservas en la industria de la alimentación, puede lograrse por los rayos catódicos que el Van de Graaff es capaz de producir en abundancia”. Mansur, Miguel. “Vaticina a México un Buen Porvenir Atómico...”. *El Universal*, 26 de octubre, 1952.

¹²⁰ “Actualmente se está usando el aparato para aplicaciones de terapia profunda curativas de los cánceres humanos”. Inestrillas, Avendaño. “México y la Fuerza Atómica”, *El Universal*, 17 de julio, 1952, 4.

¹²¹ Mansur, Miguel. “Vaticina a México un Buen Porvenir Atómico...”. *El Universal*, 26 de octubre, 1952.



Imagen 18. Carlos Graef (abajo) y Alberto Barajas en el Laboratorio Van de Graaff. [Imagen tomada del libro *Historia Gráfica del Instituto de Física*]

La otra tendencia en el discurso refería los usos para la investigación en física nuclear experimental, en particular, sobre la estructura de los núcleos ligeros, el tema de investigación que promovió Buechner para el *LVG*. En una declaración conjunta de Barajas, Carrillo, Graef y Sandoval Vallarta, enviada a *El Universal*¹²² y *El Nacional*¹²³, fueron más moderados sobre las aplicaciones del instrumento: “El aparato Van de Graaff de la Universidad Nacional se utilizará principalmente para la investigación en física nuclear [...] tiene por objeto principal la investigación de la estructura de los núcleos livianos”.¹²⁴ Por su parte, en las entrevistas hechas a Díaz Losada¹²⁵ y Alba Andrade¹²⁶,

¹²² “El Átomo. Hablan 4 Sabios”. *Revista de la Semana*, 31 de agosto, 1952.

¹²³ “Orientaciones sobre Estudios Nucleares aquí. El Aparato Graef que donó el Sr. Presidente”. *El Nacional*, 31 de agosto, 1952, p. 1.

¹²⁴ “El Átomo. Hablan 4 Sabios”. *Revista de la Semana*, 31 de agosto, 1952, p. 5

¹²⁵ Mansur, Miguel. “También con átomos somos buenos tiradores: nuestros físicos bombardean núcleos con la máxima precisión” *Revista de la Semana*, 2 de noviembre, 1952, 10 y 23.

¹²⁶ Mansur, Miguel. “El primer físico nuclear de la UNA revela la marcha de la investigación atómica en México” *Revista de la Semana*, 9 de noviembre, 1952, 10 y 20.

encargados de la instalación del instrumento, nada refieren sobre las aplicaciones que promovía Graef, ellos se centraban en hablar sobre el bombardeo de núcleos ligeros con el fin de determinar las energías de las correspondientes reacciones nucleares. En ambos casos, por supuesto, dejaban claro que estas investigaciones ponían al país en el panorama mundial de la física nuclear, lo cual, sostenían, era de vital importancia para el desarrollo del país.

Ligado con las versiones sobre las aplicaciones del instrumento y con el rumbo que debía seguirse para formar un programa de investigación nuclear en el país, en 1952 se evidenció públicamente una división en la comunidad de físicos mexicanos, cuyos representantes eran por un lado Graef y por otro, Sandoval Vallarta.¹²⁷

“... surgen las críticas contra el director del Instituto de Física, doctor Graef Fernández o se señalan errores de apreciación al director del Instituto de Investigación Científica, doctor Manuel Sandoval Vallarta, en torno de la investigación nuclear que se cobijarán en la futura Ciudad Universitaria. Los que pueden considerarse como amigos del doctor Sandoval Vallarta señalan que los flameantes aparatos adquiridos para el Instituto de Energía Nuclear, de la Universidad, por indicaciones del doctor Graef Fernández, para investigación atómica, son anticuados, y por ende, no muy eficientes para el futuro de estos estudios. Los amigos del doctor Graef Fernández, apuntan por su parte, que el camino que señala el doctor Vallarta para la investigación de la energía atómica en México, es completamente erróneo, puesto que señala la utilización de equipos ya fuera de toda consideración en los campos de la exploración moderna y en uso de otros países adelantados”.¹²⁸

Como se verá más adelante, esta división prevaleció incluso en la *Comisión Nacional de Energía Nuclear* creada en 1956. Estos hechos revelan que la comunidad de físicos mexicanos no era monolítica y que había disputas sobre la orientación que se daría a las investigaciones nucleares en México y la adopción de otros programas. A pesar de su diferencias, ambos grupos estuvieron en las delegaciones diplomáticas enviadas a las reuniones internacionales en las que se configuró la implementación de programas nucleares, al igual que en las organizaciones nacionales con el mismo propósito. Todos ellos aprovecharon la oportunidad que representaba el reposicionamiento de la ciencia

¹²⁷ Es posible que esta clase de diferencias motivaran que en 1953 Sandoval Vallarta cambiara su adscripción como investigador de la *UNAM*, pasando del *IF* al *Instituto de Geofísica*, del que Monges López era director, y que involucró que el Pabellón de Rayos Cósmicos también fuera adscrito a dicho instituto. A partir de entonces, las investigaciones en radiación cósmica dejaron de ser parte de las líneas de investigación del *IF*.

¹²⁸ *Archivo Histórico Manuel Sandoval Vallarta*, Universal, 23. VIII. 1952. Una transcripción de la nota del periódico se encuentra en la tesis de licenciatura de Angélica María Cacho Torres titulada: “Manuel Sandoval Vallarta, política y desarrollo científico en México 1940-1970”.

y la tecnología en el discurso público e influyeron en la orientación que se dio, en particular, al programa nuclear mexicano.

La presencia del instrumento Van de Graaff del *IF* en la prensa nacional estuvo orientada tanto a promover una imagen de modernización del país durante el gobierno alemanista como a asociarlo al ámbito de lo común en función de sus aplicaciones a la solución de problemas sociales y de lo que significaba para la ciencia nacional. Lo primero es consecuente con la función que desempeñaba la prensa nacional en relación con el poder político. Lo segundo, fue un ejercicio de legitimación pública del instrumento y de cierta orientación en el establecimiento de programas nucleares en el país. Así mismo, las potenciales aplicaciones y usos de la energía nuclear eran parte de un discurso internacional, promesa de la prosperidad y bienestar de los países. Se trata de una época en que por sí misma la adopción de programas de investigación en física nuclear era símbolo de una prosperidad que llegaría con el tiempo.

2.2 El Van de Graaff y el Internacionalismo Científico de la Posguerra.

Internacionalismo Científico, Usos Pacíficos de la Energía Nuclear y el Discurso del Desarrollo

El fin de la Segunda Guerra Mundial fue el punto de partida de cambios importantes en la reconfiguración geopolítica del mundo y en la organización del orden mundial. La forma de entender y manejar las relaciones internacionales fue distinta desde entonces. La ciencia y la tecnología adquirieron un lugar especial en las relaciones diplomáticas, no sólo como formas de intercambio y cooperación intelectual y cultural entre las naciones, sino como una vía para declarar alianzas o diferencias políticas en un discurso en el que serían vistas como un medio para la solución práctica de problemas sociales. Por ello, fueron fundamentales en las agendas internacionales, en particular lo referente a los usos de la energía atómica. El intercambio, cooperación y asistencia en ciencia y

tecnología constituyó una de las prioridades en la política internacional.

El discurso del internacionalismo científico fue una de las características de este reposicionamiento de la ciencia y la tecnología en la Posguerra y durante la Guerra Fría, el cual se entendía como la idea de que la cooperación internacional en estos rubros contribuye de modo importante a los objetivos de la paz internacional y la prosperidad de los países. Otro elemento fundamental de este proceso es que los científicos se posicionaron como interlocutores en las relaciones internacionales, y se convirtieron en expertos indispensables para la definición de las agendas políticas internacionales:

“Especialmente en las agencias especializadas y en programas de asistencia económica y técnica, científicos, ingenieros, economistas, agrónomos y otros expertos llegaron a ser participantes al frente en la negociación, creación y administración de nuevas instituciones globales y programas políticos [...] La creciente presencia de expertos en asuntos diplomáticos – y sus roles en la transformación de la ciencia y la tecnología como instrumentos de la cooperación multilateral y del gobierno – fue un resultado directo de un nuevo compromiso con el internacionalismo en los apuntalamientos ideológicos de la política exterior estadounidense en la posguerra.”¹²⁹ [Miller 2006, 134-135]

Las agencias especializadas se crearon a partir de la ONU y fueron una propuesta del gobierno norteamericano con el apoyo de sus aliados, a partir de la celebración de múltiples conferencias internacionales que comenzaron en 1943 con la *Conferencia de Naciones Unidas sobre Alimentos y Agricultura*. [Miller 2006, 134] Éstas se constituyeron como los principales espacios internacionales desde donde se configuraban e instrumentaban los programas de intercambio, cooperación y asistencia en ciencia y tecnología.¹³⁰ Entre las principales instituciones de expertos creadas entre 1944 y 1950

¹²⁹ “Especially in the UN specialized agencies and in programs of economic and technical assistance, scientists, engineers, economists, agronomists, and other experts became frontline participants in the negotiation, creation, and management of new global institutions and policy programs. [...] The growing presence of experts in diplomatic affairs – and their roles in transforming science and technology into instruments of multilateral cooperation and governance – was a direct result of a novel commitment to scientific internationalism in the ideological underpinnings of postwar U. S. Foreign policy. Scientific internationalism can be understood as the idea that international cooperation in science contributes in important ways to the furtherance of broader goals of international peace and prosperity.” (traducción mía) [Miller 2006 134-135]

¹³⁰ En estos espacios se jugaban los intereses particulares de cada nación, por ejemplo, para el gobierno Suizo las agencias especializadas constituían espacios de neutralidad política, especialmente aquellas que fueron catalogadas por su ministro de asuntos internacionales entre 1945 y 1961, Max Petitpierre, como organizaciones técnicas, es decir, aquellas dedicadas a aspectos de las relaciones internacionales que no fueran militares ni políticos, según su propia manera de

están: *Food and Agriculture Organization* (FAO; 1945), el *International Monetary Fund* (FMI; 1945), el *World Bank* (WB; 1944), the *United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization* (UNESCO; 1946), el *World Meteorological Organization* (1946) y la *World Health Organization* (WHO; 1948). En el caso de la *International Atomic Energy Agency*,¹³¹ se habían dado las primeras iniciativas desde 1946; sin embargo, las diferencias políticas entre Estados Unidos y la Unión Soviética dificultaron ese propósito.

Dentro de los aspectos de la ciencia y la tecnología, el tema de lo nuclear tenía una relevancia particular. En los primeros años posteriores a la Segunda Guerra Mundial, en Estados Unidos cualquier aspecto relacionado a ese tema era secreto. Sin embargo, una vez que el gobierno norteamericano perdió el monopolio de la bomba atómica en 1950, cuando la Unión Soviética hizo su primera prueba atómica, promovió un discurso en el que los potenciales usos de la energía nuclear en sentidos distintos a lo militar y la guerra, constituían una vía para la prosperidad y bienestar de los países. La energía nuclear era una solución potencial a múltiples problemas sociales. En particular, el discurso del gobierno norteamericano en distintos espacios internacionales se centraba en las aplicaciones para la industria, agricultura y medicina.

En 1953 el presidente de los Estados Unidos, Dwight Eisenhower dio el discurso “Atomic Power for Peace” en la *Asamblea General de Naciones Unidas*, sobre los usos pacíficos de la energía atómica. Entre las propuestas estaba la creación de una *Agencia Internacional de Energía Atómica*:

“La responsabilidad más importante de esta Agencia de Energía Atómica sería idear métodos por los cuales estos materiales fisionables serán destinados al servicio de los intereses pacíficos de la humanidad. Los expertos se

entender lo militar y lo político. El gobierno suizo reorientó y se apropió del discurso de la neutralidad en su política exterior y como parte de su identidad nacional, para lo cual su posicionamiento en temas de ciencia y tecnología desde las agencias especializadas y organizaciones europeas como el *CERN*, fueron fundamentales. [Strasser 2009]

¹³¹ La *International Atomic Energy Agency* (IAEA) fue creada en 1957. Lo que se disputó en los primeros años en torno al cómo se elegirían a los países miembros de esa organización, muestra que en la posguerra y desde las agencias especializadas no sólo se ponía en juego el proceso de la guerra fría, sino también los procesos de descolonización, en particular en el caso de la India y Sudáfrica. En conexión con lo anterior, el caso sudafricano es un ejemplo importante de la configuración de nuclearidades como el grado en que una política, un programa o un material contaban como nucleares. La delegación diplomática sudafricana en la *IAEA* promovió que se considerara a los países productores de materiales fisionables como parte de esta organización. [Hecht 2006]

movilizarían para aplicar la energía atómica a las necesidades de la agricultura, medicina y otras actividades pacíficas. Un propósito especial sería proveer de energía eléctrica en abundancia a las regiones del mundo hambrientas de energía. Además, los poderes participantes se dedicarán a reforzar la atención de necesidades en vez del miedo de la humanidad”.¹³² [Government Printing Office 1955, 6]



Imagen 19. Dwight Eisenhower durante su discurso "Atomic Power for Peace" en la Asamblea General de la ONU.

Con este discurso se fue articulando una política internacional con la que se regularían y promoverían ciertos usos de la energía nuclear, a la vez que se desviaba la atención de lo militar y la guerra hacia una imagen positiva del átomo: “Átomos para la paz no era solamente un instrumento de propaganda, un intento de promover una imagen no-belicosa de los Estados Unidos en el exterior y para alejar el miedo a lo nuclear localmente. Fue también un intento para desviar las herramientas y recursos del programa militar de Moscú y para restringir a las naciones desarrolladas a actividades civiles”¹³³ [Krige

¹³² “The more important responsibility of this Atomic Energy Agency would be to devise methods whereby thus fissionable material would be allocated to serve the peaceful pursuits of mankind. Experts would be mobilized to apply atomic energy to the needs of agriculture, medicine, and other peaceful activities. A especial purpose would be to provide abundant electrical energy in the power-starved areas of the world. Thus the contributing powers would be dedicating some of the strength to serve the needs rather than the fears of mankind”. (traducción mía)

¹³³ “Atoms for peace was not simply an instrument of propaganda, an attempt to promote nonbellicose image of the United States abroad ant to allay the fear of nuclear at home. It was also an intended to divert skills and resources from Moscow's military program and to restrict developing nations to purely civil activities”. (traducción mía)

2006, 163] Átomos para la Paz fue una iniciativa política que cumplió con múltiples objetivos.

Como un mecanismo para la implementación de la política norteamericana de Átomos para la Paz, en agosto de 1955 se llevó a cabo la primera *International Conference on the Peaceful Uses of Atomic Energy* en Ginebra, a la cual asistieron científicos e ingenieros representantes de setenta y tres países (entre los que estaba México), observadores y periodistas. La delegación norteamericana fue la más numerosa, seguida por la delegación británica y la de la Unión Soviética. La delegación norteamericana se encargó de difundir información acerca de sus reactores nucleares y sus usos en biomedicina y agricultura, promoviendo la adopción de programas de investigación nuclear en esa dirección entre los demás países.

“Para los científicos (y los estados que ellos representaban) la ocasión fue no sólo una oportunidad para compartir conocimiento y construir confianza y credibilidad. Fue también una vía para introducirse a la vida del laboratorio de otros, para aprender acerca de sus técnicas de investigación, para acceder a sus resultados de investigación y para evaluar la calidad de lo que ellos estaban haciendo. La conferencia de Ginebra ayudó a los científicos a situar su trabajo con respecto a la (desclasificada) investigación de frontera”.¹³⁴ [Krige 2006, 166]

Como se puede entrever del discurso de Eisenhower y de la interpretación de John Krige sobre la política de Átomos para la Paz, la ciencia y la tecnología fueron promovidas como un parámetro que distinguiría a los países desarrollados de los que aspiraban a serlo. La articulación del discurso del desarrollo por la vía de la ciencia y la tecnología tiene también su inicio en los primeros años posteriores a la Segunda Guerra Mundial. Como parte de la reorganización geopolítica del mundo, los países industrializados, en particular Estados Unidos, promovieron una división del mundo entre países desarrollados y países no-desarrollados. Según este discurso, los países desarrollados tenían los elementos indispensables para ayudar a los países que no lo eran mediante los mecanismos de cooperación y asistencia¹³⁵ configurados en la *ONU* y sus agencias especializadas. [Escobar 1995, 3-4]

¹³⁴ “... for scientists (and the states they represented) the occasion was not simply an opportunity to share knowledge and build trust and credibility. It was also a way to probe into the laboratory life of others, to learn about their research techniques, to access their research results, and to assess the quality of what they were doing. The Geneva conference helped scientists situate their work with respect to the (desclassified) research frontier”. (traducción mía)

¹³⁵ Alexis de Greif y Mauricio Nieto [de Greif y Nieto, 2008] afirman que en los estudios sobre las relaciones tecnocientíficas internacionales se hace una distinción asimétrica con respecto a las relaciones internacionales entre los

En particular, a mediados de la década de los cincuenta y en el marco de la política de Átomos para la Paz, el gobierno norteamericano promovió programas de asistencia científica y tecnológica para los países no-desarrollados, en particular para la articulación de programas de reactores nucleares. Para ello se firmaron acuerdos con ese gobierno que motivaron la organización de comisiones de energía atómica en cada país. El significado que tenía la implementación de programas nucleares para los gobiernos de estos países, estaba ligado a la aspiración al desarrollo. En ese sentido, en el caso del gobierno mexicano se corrobora que “... el interés por cuestiones nucleares surge no por su potencial bélico sino por su significado dentro de las prácticas del desarrollo”. [León Gómez 2004, 33] A la par, para los científicos locales significaba una oportunidad sin precedentes para la obtención de infraestructura, lo cual capitalizaron según sus propios intereses. [de Greif y Nieto 2008, 65]

Participación de México en el Internacionalismo Científico de la Posguerra

Desde los primeros años posteriores a la Segunda Guerra Mundial, México participó en las agencias y reuniones internacionales desde donde se implementó esta idea del internacionalismo científico. Carrillo, Graef y Sandoval Vallarta fueron los primeros científicos en ser incorporados a las delegaciones diplomáticas en representación del país, lo que los posicionó como expertos científicos. Su primera participación en reuniones de esta índole fue en 1946 para las pruebas atómicas del Atolón de Bikini y la reunión de la *Asamblea General de la ONU* donde se formó la primera comisión de energía atómica.

En mayo de 1946, Carrillo recibió la notificación del gobierno mexicano sobre su nombramiento como delegado científico en representación del país para las pruebas del Atolón de

países industrializados, en los que se habla de “intercambio científico”, mientras que en el caso del intercambio Norte-Sur se refieren a “cooperación científica y técnica” pues se basan en el análisis de los programas de asistencia para el desarrollo. Sostienen que en esta forma de interpretar las relaciones tecnocientíficas internacionales subyace la idea de que las prácticas científicas no vinculadas al desarrollo en el Sur fueran marginales en las relaciones políticas y científicas internacionales, lo cual es un producto histórico en sí mismo.

Bikini, tarea que realizaría en compañía del Teniente Coronel Ingeniero Industrial Juan Loyo González.¹³⁶ Comenzaba su gestión como *Coordinador de la Investigación Científica* de la UNAM, sucediendo en el cargo a Sandoval Vallarta. Para esas fechas ya era ampliamente reconocido por sus investigaciones sobre el hundimiento de la Ciudad de México y de Long Beach.¹³⁷ La realización de este viaje recibió un apoyo parcial del gobierno mexicano ya que, aunque lo financió el gobierno mexicano a través de una partida de la *Secretaría de Relaciones Exteriores*, la UNAM proporcionó una cantidad complementaria a petición del oficial mayor de dicha secretaría.¹³⁸ Las pruebas del Atolón de Bikini fueron anunciadas en el mundo como la primera explosión nuclear para la investigación científica; Estados Unidos las promovió a través de la ONU, para que asistieran los representantes de la comunidad internacional y de esta manera recalcar su poder, así como validar las pruebas atómicas con fines pacíficos. Con este nombramiento Carrillo comenzó a ser reconocido en el país como experto científico en temas nucleares:

“... fui delegado Científico de México en las pruebas del Atolón de Bikini y Asesor Técnico en la Comisión de Energía Atómica de las Naciones Unidas. Por supuesto que para desempeñar estas comisiones, que me fueron confiadas entre otras razones por falta de verdaderos especialistas mexicanos en esta nueva rama de la ciencia, tuve que dedicarme a estudiar la bibliografía existente y tanto de esto, como de las numerosas discusiones que tuve con expertos de otros países he derivado ideas generales sobre los problemas más importantes de la energía atómica, así como de las consecuencias no bélicas para México y para la humanidad, de los estudios atómicos”¹³⁹

Carrillo también fue asesor técnico por parte de México en la *Comisión de Energía Atómica de las Naciones Unidas*, en la reunión de la *Asamblea General de la ONU*, celebrada en Nueva York en 1946.¹⁴⁰ La delegación mexicana estuvo integrada por Sandoval Vallarta, Carrillo, Graef, Manuel Cabrera Carrasquedo y Carlos Peón del Valle. [INEHRM 1987, 133] Dicha reunión fue presidida por Sandoval Vallarta. México participó en esta reunión como miembro no permanente del *Consejo de*

¹³⁶ AH-UNAM, FNC, sección Formación Académica, subsección Nombramientos y Títulos, caja 1, exp. 5. Mayo 27, 1946.

¹³⁷ AH-UNAM, FUN, sección Rectoría, serie 1/1002 Datos Biográficos, caja 5, exp. 87. Mayo 29, 1959.

¹³⁸ AH-UNAM, FNC, sección Formación Académica, subsección Nombramientos y Títulos, caja 1, exp. 5. Mayo 27, 1946.

¹³⁹ AH-UNAM, FNC, serie Formación Académica, exp. 1, doc. 1.

¹⁴⁰ Ese mismo año, Carrillo fue a la primera y segunda reunión internacional de la UNESCO.

Seguridad de las Naciones Unidas, al igual que Australia, Brasil, Egipto, Países Bajos y Polonia. Fue el primer intento para conformar una organización internacional dedicada a la regulación de la energía atómica. En una entrevista, Sandoval Vallarta afirmaba que la razón principal por la que no se pudo mantener dicha organización fue el conflicto entre EU y la Unión Soviética.¹⁴¹

La participación de Carrillo, Graef y Sandoval Vallarta en los foros internacionales, los convirtió en los únicos expertos en México en materia de los usos de la energía nuclear, lo cual les dio poder de decisión sobre la creación de programas en este tema. Así, puede entenderse que cuando solicitaron el financiamiento para el Van de Graaff del *IF* en 1950, públicamente y en los círculos políticos eran considerados como los más calificados para hablar sobre el tema de lo nuclear y definir el rumbo y el modo de encauzar el programa mexicano de investigación en temas nucleares. Ninguno de ellos realizó investigaciones en el *LVG* y, de hecho, sus propios temas de investigación no estaban orientados directamente al tema de lo nuclear. En cambio, Alba Andrade se incorporó a las delegaciones diplomáticas que asistieron a conferencias, congresos y reuniones internacionales en temas de lo nuclear a partir de que se encargó de la instalación del Van de Graff. Es decir, con la adquisición del instrumento Alba fue incluido en las delegaciones diplomáticas mexicanas como experto científico en temas nucleares.

En julio de 1952 se celebró en Brasil el *Simposium Internacional de Física Nuclear* organizado por la *UNESCO*. Como delegados de México fueron Alejandro Medina,¹⁴² Sandoval Vallarta, Alba y Marcos Moshinsky. En dicha ocasión, Medina presentó sus estudios sobre pilas atómicas desarrollado en el *INIC*, Moshinsky expuso sus trabajos teóricos sobre reacciones nucleares y Alba “presentó el resultado de sus estudios sobre el Van de Graaff”.¹⁴³ Lo que presentó la delegación mexicana refiere a

¹⁴¹ Heliodoro Valle, Rafael. “Diálogo con Manuel Sandoval Vallarta”. *Revista de la Universidad de México*, Vol. IV, No. 43, julio 1950, p. 8.

¹⁴² Alejandro Medina realizó una estancia en la *Universidad de Chicago*, donde Enrico Fermi construyó la primera pila atómica. A su regreso se incorporó al Laboratorio de Física del *INIC* que encabezaba Sandoval Vallarta.

¹⁴³ Mansur, Miguel. “El primer físico nuclear de la UNA revela la marcha de la investigación atómica en México” *Revista de la Semana*, 9 de noviembre, 1952, 10 y 20.

las investigaciones relacionadas con lo nuclear que se desarrollaban en el país. Así mismo, dan cuenta de los únicos espacios donde se desarrollaban investigaciones en ese tema, es decir, el *INIC* y el *IF*.

Como una de las actividades internacionales en relación a la política de Átomos para la Paz promovida por el presidente norteamericano Eisenhower, en 1955 se llevó a cabo la conferencia internacional sobre los usos pacíficos de la energía nuclear. En representación de México fueron Carrillo, Graef, Tomás Gurza, Sandoval Vallarta y Rodrigo Vázquez. [Domínguez Martínez 2000, 221] En esa ocasión el gobierno norteamericano instaba a los demás países a que se emprendieran programas para la construcción de reactores nucleares, para lo cual prestarían asesoría y cooperación.¹⁴⁴ En la ceremonia de clausura de dicha reunión, Carrillo fue el encargado de dar el discurso de la delegación mexicana. En esa ocasión anunciaba lo que había en el país sobre el tema: “ En México, por el grado de desarrollo de nuestra economía y de nuestra industria y por la naturaleza del problema de investigación nuclear, nuestros trabajos se han limitado a estudios esencialmente científicos, investigación básica”.¹⁴⁵ En ese momento en el país se contaba con el *LVG* y con los trabajos en el *INIC*, que tenía un departamento de física, encabezado por Sandoval Vallarta, y que había comenzado un programa de investigaciones en reactores nucleares dirigido por Medina.

¹⁴⁴ En otras ocasiones, el gobierno de Estados Unidos ofreció asistencia técnica, como en 1958.

¹⁴⁵ AH-UNAM, FNC, sección Desarrollo Profesional, subsección Discursos, caja 3, exp. 4, docs. 552-557. Agosto 1955.

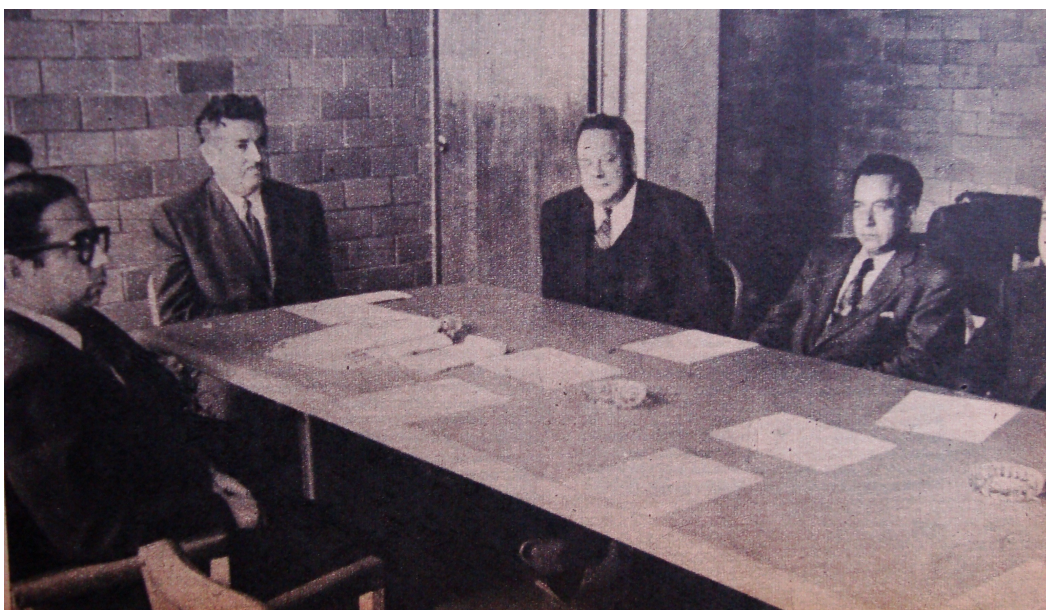


Imagen 20. Reunión de la CNEN. De izquierda a derecha: Fernando Alba Andrade, Alberto Barajas, Carlos Graef y Eduardo Díaz Losada.¹⁴⁶

Tras dicha reunión, fueron convocados para la creación de la *Comisión Nacional de la Energía Nuclear* (CNEN) que fue encargada de la implementación de programas nucleares en México. Alba Andrade, Barajas y Graef eran miembros del Consejo Consultivo, mientras que Carrillo y Sandoval Vallarta fungieron como vocales. La división que se anunciaba con motivo de la adquisición del Van de Graaff, prevaleció en dicha comisión. De acuerdo a una entrevista concedida por Juan Manuel Lozano, quien en los años cincuenta se incorporó a la planta de investigadores del *IF*, al interior de la comisión estaban en pugna dos posiciones respecto a la investigación nuclear: por un lado, Sandoval Vallarta consideraba importante desarrollar el proyecto a partir de los recursos humanos, científicos y tecnológicos propios y, por otro lado, Carrillo y Graef que optaban por la incorporación de nuevos resultados científicos y tecnológicos generados en el exterior a la par que se formaran profesionales locales que los instrumentaran. [Azuela y Talancón 1999, 56] Las dos posturas participaron en los espacios que se crearon con el propósito de instrumentar un programa nuclear mexicano y en las

¹⁴⁶ Ortiz Tirado, José María. “La Comisión Nacional de Energía Nuclear”. *Mañana*, 15 de septiembre, 1956. p. 121

representaciones diplomáticas que participaron en las reuniones internacionales sobre el tema de lo nuclear en los cincuentas. Graef apoyó la adquisición del Van de Graff y la orientación que se le dio a las investigaciones con este instrumento. Su preferencia por este tipo de instrumentos para la investigación científica en física nuclear la continuó en la *CNEN* cuando promovió la compra de un Van de Graaff tipo tandem a la *HVEC* y de un reactor para investigación Triga Mark III a la *General Electric* a mediados de los sesentas.

En 1956 se llevaron a cabo la primera y segunda reuniones del *Comité Científico de las Naciones Unidas sobre los Efectos de las Radiaciones Atómicas*, en la que Alba Andrade participó como delegado por México. La tesorería de la *UNAM*, por indicaciones del rector Carrillo, pagó el importe del pasaje México-Nueva York y los viáticos de Alba, Manuel Martínez Báez (Director de la *Escuela e Instituto de Salubridad y de Enfermedades Tropicales* de México) y Horacio Zalce, para que asistieran a dicha reunión en representación del país. Dicha cantidad fue repuesta posteriormente por la *Secretaría de Relaciones Exteriores*.¹⁴⁷ A su regreso se estableció un programa de medición de precipitación radioactiva coordinado desde el *IF* y bajo los auspicios de la *CNEN*. Con ese propósito fueron instaladas estaciones para la captación de precipitación radioactiva en diferentes puntos del país y la información que se recababa fue procesada en el *IF* por investigadores que colaboraban en el *LVG*.

Ciertamente, aunque el instrumento Van de Graaff fue difundido como los inicios de un programa de investigación en relación a los usos pacíficos de la energía nuclear, no es central en la configuración de un programa nuclear mexicano. De hecho, fue relevante en esa dirección sólo por un corto tiempo, quizá hasta 1955 cuando se optó por nuevos proyectos en el país a raíz de la conformación de la *CNEN*, alejando al instrumento de las iniciativas nacionales y dejándolo a las posibilidades del *IF*. Una de sus contribuciones más importantes para la conformación de un programa nuclear mexicano, está en que en torno del instrumento se formó un grupo de científicos y técnicos

¹⁴⁷ AH-UNAM, FUN, sección Patronato-Tesorería/Intercambio Estudiantil/Viaje de Profesores, serie 6-1/523, caja 434, exp. 2400. Marzo 13, 1956.

mexicanos expertos en el manejo de instrumentos relacionados con lo nuclear y que posteriormente participarían en los proyectos que emprendería la *CNEN* como respuesta a los programas de asistencia y cooperación configurados desde la *ONU*. En ese sentido cubrió el propósito de formar expertos en el manejo de instrumentos para la investigación nuclear.

Aunque la adquisición del instrumento Van de Graaff no se realizó bajo los programas de asistencia y cooperación que ofrecía el gobierno norteamericano desde la *ONU* y sus agencias especializadas, como en el caso del programa de reactores nucleares, el instrumento quedó circunscrito a los procesos internacionales en relación con el manejo de la ciencia y la tecnología en las relaciones internacionales, en particular lo referente a la energía nuclear. Los mecanismos que implementó el gobierno norteamericano para promover el intercambio, asistencia y cooperación internacional en ciencia y tecnología, favorecieron la generación del vínculo entre el laboratorio de Buechner del *MIT* y el Laboratorio Van de Graaff del *IF* pues, como mencioné anteriormente, se usaron los apoyos que ofrecía dicho gobierno para las visitas que realizó Buechner y la beca con la que Mazari fue al *MIT*. Por otra parte, la adquisición del instrumento y la importación de otros instrumentos complementarios estuvieron sujetas a las regulaciones y mecanismos impuestos por la *US Atomic Energy Commission* y que se debían seguir para acceder a materiales, instrumentos o asistencia en temas nucleares. De esa forma, el instrumento y lo que se gestionó a partir de su adquisición fue acotado por los mecanismos internacionales que implementó el gobierno norteamericano y con los que moldeó su discurso del internacionalismo científico.

Capítulo 3. *Cultura Material y Prácticas Experimentales del Van de Graaff*

En este capítulo le daré seguimiento a las prácticas científicas que se generaron en torno al instrumento. Revisaré sobre las prácticas instrumentales y experimentales asociadas al instrumento para con ello dar cuenta de la cultura material que se generó alrededor del Van de Graaff y los usos del instrumento para la realización de experimentos.

La cultura material¹⁴⁸ es central en este capítulo. Consideraré que desde la disposición de las partes del acelerador y su distribución en el espacio arquitectónico del laboratorio se involucra ya una forma en particular de relacionarse con el instrumento. Así mismo, el seguimiento de las modificaciones que se le hicieron nos refiere a un proceso de apropiación del instrumento en las condiciones del laboratorio. El diseño y la construcción de instrumentos es fundamental en este proceso, además de que con ello se conformó una tradición en ese sentido en el Instituto.¹⁴⁹

¹⁴⁸ La noción de cultura material fue introducido por antropólogos y arqueólogos dedicados al estudio de los objetos. En sus estudios mostraron cómo los objetos se encuentran cargados de significados, más allá de sus características físicas y sus usos. Para su análisis resulta fundamental entenderlos como situados física, temporal y culturalmente. A su vez, los objetos mismos tienen agencia y generan prácticas culturales.

¹⁴⁹ Peter Galison considera que la instrumentación es una sub-cultura de la ciencia que no está subordinada a las prácticas experimentales y teóricas, sino que sigue su propia dinámica.

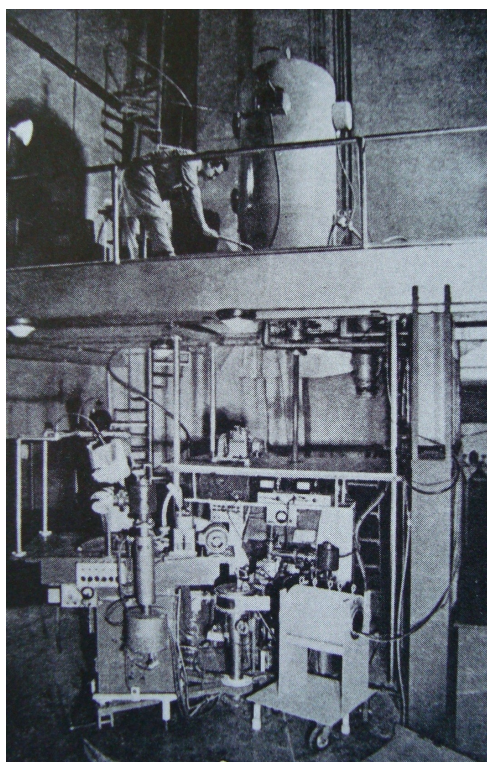


Imagen 21. Distribución del acelerador Van de Graaff en el Laboratorio de Ciudad Universitaria. [Imagen tomada del libro *Historia Gráfica del Instituto de Física*]

La organización y distribución del trabajo en el laboratorio refieren una sub-cultura en el Instituto asociada a los instrumentos científicos y los experimentos en física nuclear. Con la adquisición del acelerador, se creó la sección de física nuclear experimental del *Instituto de Física*, en la cual colaboraban investigadores del Instituto -físicos e ingenieros, algunos de los cuales se integraron a partir de entonces -, alumnos de la carrera de física experimental de la Facultad de Ciencias, técnicos y las microscopistas. Con el Van de Graaff se formaron físicos de la Facultad de Ciencias, de hecho algunos experimentos e instrumentos que se hicieron fueron el motivo de tesis de licenciatura, maestría y doctorado. Además, se formaron técnicos especializándose en el diseño y construcción de instrumentos de precisión.

En el *Laboratorio Van de Graaff* se dio la paulatina incorporación de mujeres al *Instituto de Física*. Como microscopistas, colaboraron en las investigaciones experimentales encargándose del

análisis de trazas nucleares y su participación se mencionaba en los agradecimientos de los artículos que se publicaron. Así mismo, mujeres estudiantes de la carrera de física experimental se unieron al grupo de investigación del Laboratorio y realizaron investigaciones en núcleos ligeros con el acelerador, con las cuales hicieron sus respectivas tesis de licenciatura y publicaron artículos. Hasta mediados del siglo XX, la física fue una profesión predominantemente masculina,¹⁵⁰ por lo que este hecho marca un ligero cambio en relación a la situación de género en las prácticas de la física en México.¹⁵¹



Imagen 22. Microscopistas. [Imagen tomada del libro *Historia Gráfica del Instituto de Física*]

A partir de las investigaciones que se emprendieron con el acelerador, las técnicas que se usaron y las estrategias de análisis de resultados, se muestra la cercanía con las culturas epistémicas del *High Voltage Laboratory* del MIT y la *Universidad de Rice*. Para ello fueron determinantes los vínculos que

¹⁵⁰ En ese periodo, ninguna mujer se graduó de la licenciatura en física de la *Facultad de Ciencias* y sólo tres mujeres trabajaron en el *Instituto de Física*. Se trata de Consuelo Gómez Noriega, Enriqueta González Baz y Manuela Garín de Álvarez. González y Garín ingresaron a la licenciatura en matemáticas en 1937, siendo las primeras mujeres matemáticas en México. González Baz realizó investigaciones teóricas sobre la ecuación diferencial de Van der Pol, bajo la asesoría de Solomon Lefschetz, y en teoría de redes con George Garret Birkhoff. Por su parte, Gómez Noriega y Garín de Álvarez trabajaron en técnicas fotográficas para la detección de radiación cósmica en el Pabellón que tenía el Instituto.

¹⁵¹ La discusión de cuestiones de género en la física mexicana es un tema por sí mismo que requiere de un análisis más profundo que no se ha hecho.

se establecieron con Buechner y Tom Bonner, investigadores de esas instituciones, respectivamente. Estos vínculos se construyeron a partir de las visitas e intercambios en ambos sentidos: las que realizaron estos investigadores al *Laboratorio Van de Graaff* (ocasiones en las que enseñaron técnicas y colaboraron en algunos experimentos) y las de algunos investigadores del *Instituto de Física* a dichas instituciones norteamericanas.

Los artículos publicados en revistas científicas, las ponencias en congresos, libros conmemorativos y algunos reportajes especiales que se hicieron sobre el instrumento, han sido muy importantes para esta parte de la tesis. A partir de estos materiales obtuve información sobre cómo funcionaba el acelerador, las modificaciones que se le hicieron y los instrumentos complementarios que se construyeron, así como las investigaciones que se desarrollaron y los grupos de trabajo. Entre otras cosas no tuve acceso a bitácoras ni manuales del instrumento de la época.

Los artículos publicados me han dado información sobre las necesidades a las que respondieron las modificaciones que se le hicieron al Van de Graaff y los instrumentos que se construyeron. A partir de éstos es que puedo sostener que con el acelerador hubo un proceso de adaptación y apropiación, respondiendo a las condiciones locales del laboratorio y a nuevos proyectos de perfeccionamiento de éste para calibrarlo y obtener resultados más precisos. Sin embargo, en relación a los grupos de trabajo, se tiene la limitación de que los autores de los artículos no necesariamente reflejan quién, de hecho participó en las investigaciones.¹⁵² Además, lo que se reporta suele referir sólo a lo que se considera exitoso en la práctica científica y no a los intentos fallidos, por lo que la reconstrucción sobre las prácticas experimentales e instrumentales, así como la cultura material tiene limitaciones en ese sentido.

Los investigadores del Instituto presentaron los resultados de los experimentos hechos con el Van de Graaff en reuniones internacionales sobre usos pacíficos de la energía nuclear y congresos

¹⁵² En el caso de las investigaciones sobre precipitación radioactiva participaron principalmente Tomas Brody y Jorge Rickards, aunque en las publicaciones sobre sus resultados aparecía como primer autor Fernando Alba Andrade.

especializados en masas nucleares. Con ello participaron del internacionalismo científico de la posguerra y tuvieron presencia en algunos foros científicos. Sin embargo, el diálogo que establecieron con la comunidad científica internacional dedicada a la investigación en física nuclear experimental fue escaso y sus trabajos no fueron relevantes en ese ámbito.

En 1963, se emprendió el proyecto de transformar el Van de Graaff como un acelerador de electrones. Con esta transformación, que es sustancial respecto de la configuración del instrumento y la conformación de otras líneas de investigación y grupos de trabajo, considero que se trata de otro instrumento que involucra nuevos significados e implicaciones.

3.1 Instalación y Calibración del Van de Graaff

El acelerador Van de Graaff de 2 MeV llegó a México en 1951. El proceso de instalación del instrumento tomó al menos dos años y para ello se le hicieron modificaciones con el fin de resolver problemas de calibración en las condiciones del laboratorio, además del diseño y construcción de instrumentos complementarios al acelerador.



Imagen 23. De izquierda a derecha: Manuel Vázquez Barete, Eduardo Díaz Losada, Alonso Fernández y Fernando Alba Andrade. [Instituto de Física 2010]

Entre 1951 y 1953 el instrumento Van de Graaff fue instalado y calibrado: “El proceso de instalación y calibración del acelerador se termina hacia finales de 1953 e intervienen principalmente en ello Fernando Alba, Alonso Fernández y Enrique [sic] Díaz Losada”. [Instituto de Física 1986, 2]

Los participantes en estos trabajos iniciales eran principalmente ingenieros. Alba lo era por parte de la *Escuela Nacional de Ingenieros* de la *UNAM*, además de físico experimental egresado de la *Facultad de Ciencias* en la misma institución. Díaz Lozada era egresado de la *Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica* (ESIME) del *Instituto Politécnico Nacional*. En los años cuarenta, ambos colaboraron en la construcción de instrumentos para el *Observatorio Astronómico de Tonantzintla*, donde también estaba Graef. Además, Alba trabajó con el encargado de la Estación de Radiación Cósmica del *IF*, Manuel Perrusquía, y con Graef en desarrollos teóricos de la teoría de Birkhoff. En marzo de 1951, Alba y Díaz Lozada fueron comisionados para asistir al laboratorio de Buechner en el *MIT* con el fin de aprender detalles de la instalación y funcionamiento del instrumento. A su regreso a mediados de 1951, se encargaron de instalarlo en su edificio de Ciudad Universitaria. Además, Alba Andrade invitó a su ex-alumno de la *ESIME*, Alonso Fernández, para que participara en estos trabajos. También lo hicieron los hermanos Luis y Juan Velázquez como técnicos, quienes después quedarían a cargo del manejo del instrumento.

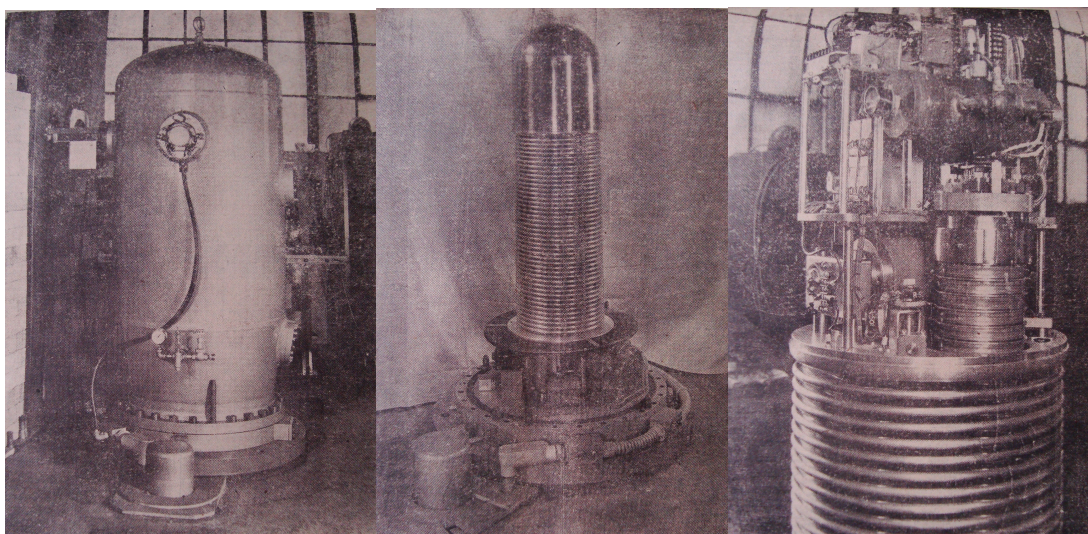


Imagen 24. Fotografías del instrumento: el tanque, su interior y la terminal de alto voltaje.¹⁵³

El acelerador Van de Graaff que vendió la *HVEC* constaba de tres partes básicamente: el tanque donde se generaba el haz de partículas, un deflector magnético y la cámara de blancos. El haz de partículas se generaba en el interior del tanque y era acelerado en el tubo acelerador que estaba al vacío, para después pasar por el deflector magnético (un sistema de electroimanes), donde era desviado y enfocado con el fin de hacerlo impactar en la muestra colocada en la cámara de blancos. Fue uno de los diseños de los aceleradores tipo Van de Graaff de la *HVEC* con el que se pudo tener más control del potencial y reducir su tamaño para facilitar su movilidad.

El tanque contenía al generador electrostático, la fuente de alto voltaje, la cámara de ionización y el tubo acelerador de partículas (imagen 24). El generador electrostático consistía de una banda de hule que giraba por medio de un motor. Al girar se colectaban cargas eléctricas que eran generadas por propiedades electrostáticas de los materiales. Dichas cargas eléctricas se depositaban en la terminal de alto voltaje (con forma de bala), con lo cual se generaba un campo eléctrico. Éste debía ser homogéneo en todo el sistema, por lo que el generador y el tubo acelerador se encontraban rodeados de un sistema

¹⁵³ Mansur, Miguel. “Vaticina a México un Buen Porvenir Atómico...”. *Revista de la Semana*, 26 de octubre de 1952.

de anillos equipotenciales, conectados entre sí por resistencias, y con los que se lograba tener un gradiente de potencial homogéneo. A su vez, se reducían las propiedades conductoras del medio al interior del tanque para evitar que se formara un arco eléctrico entre la terminal de alto voltaje y las paredes del tanque. Esto se hacía introduciendo al tanque una mezcla de nitrógeno y bióxido de carbono a altas presiones.

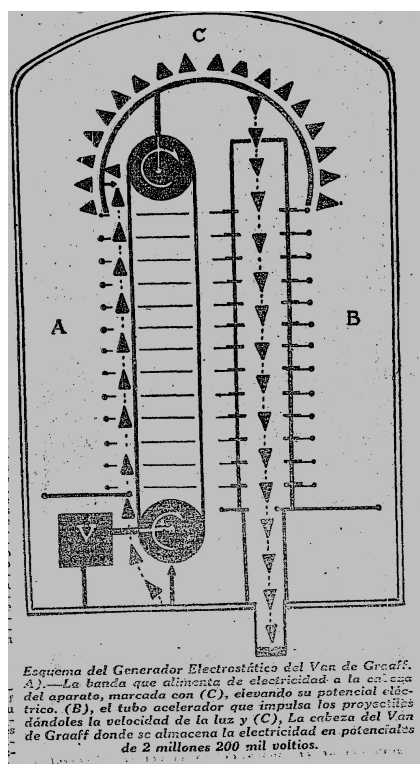


Imagen 25. Esquema del interior del tanque del acelerador Van de Graaff que acompañó una entrevista a Carlos Graef en la que explicaba el funcionamiento del instrumento.¹⁵⁴

El tubo acelerador¹⁵⁵ se encontraba al vacío - el que se obtenía con una bomba de difusión - y rodeado por otro sistema de anillos equipotenciales con el que se lograba un gradiente de potencial homogéneo como el descrito anteriormente. En la parte superior del tubo se encontraba una cámara de ionización de tipo capilar, la cual se usaba para ionizar gases que eran introducidos a la terminal de alto

¹⁵⁴ Mansur, Miguel. “Vaticina a México un Buen Porvenir Atómico...”. *Revista de la Semana*, 26 de octubre de 1952.

¹⁵⁵ Es importante notar que el tubo acelerador estaba en una posición vertical. Hubo otros diseños de aceleradores Van de Graaff en los que el tubo acelerador se colocaba de manera horizontal, como el de la *Universidad de Wisconsin* y el de la *Universidad de Notre Dame*.

voltaje con el fin de obtener los iones positivos que después serían acelerados por la diferencia de potencial generada con los anillos equipotenciales. Así, el haz de partículas pasaba por el tubo acelerador hasta el deflector magnético donde, por medio de un campo magnético generado por un sistema de electroimanes, era filtrado y enfocado para dirigirlo a la cámara de blancos, donde impactaba con cierto material. Por el rango de energías que se alcanzaban en el acelerador (hasta 2 MeV) los materiales que se colocaban en la cámara eran de átomos ligeros cercanos a la configuración del hidrógeno.

Instalar y calibrar el instrumento implicó que fuera modificado, además del diseño y construcción de instrumentos complementarios, con lo cual el instrumento estaba siendo adaptado al nuevo laboratorio. Para ello, se tuvieron que resolver múltiples problemas. Regular la velocidad de la banda del generador electrostático era muy importante para generar un haz de partículas estable, lo que era un reto si se considera que en 1952 Ciudad Universitaria aún estaba en construcción y había interrupciones y fluctuaciones constantes al suministro eléctrico. También debían generar altas presiones en el tanque y calibrar el campo magnético del deflector. Otro problema era controlar el vacío en el tubo acelerador, lo cual les tomó meses¹⁵⁶ y se complicó cuando comenzaron a usar deuterio en la cámara de ionización. Así mismo, era importante estandarizar las técnicas de emulsiones nucleares y de lectura de placas fotográficas.

Para el *Congreso Científico Mexicano* celebrado en septiembre de 1951, Alba Andrade participó con la ponencia titulada: “Calibración del campo magnético del aparato Van de Graaff de la UNAM”, [UNAM 1953] en la que anunciaba los trabajos de calibración en el deflector magnético para lograr campos magnéticos de hasta 6'500 gauss.¹⁵⁷ Así mismo, en 1952 Alba y Leopoldo Nieto Casas

¹⁵⁶ “Llegó el gran día en que el instrumento estaba listo, las vacas sagradas le dieron la bendición para conectarlo e iniciar las pruebas de alineamiento del haz, después de haber trabajado por meses para lograr el vacío necesario.” [Fernández 2010, 41]

¹⁵⁷ Lara Barragán, Antonio, “Calibración del Campo Magnético, pero también del Espíritu”. *El Universal*, 26 de septiembre, 1951. pp. 1 y 12. En 1953 fueron publicadas algunas de las ponencias presentadas en el Congreso Científico Mexicano; sin embargo, la ponencia de Alba no fue incluida en las memorias. [UNAM 1953]

publicaron en el *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* un artículo titulado: “Detección de partículas cargadas y neutrones con emulsiones fotográficas”. El primer artículo se refiere a la instalación y calibración del instrumento, mientras que el segundo a una técnica que estaban aprendiendo para las posteriores investigaciones.

En estos trabajos iniciales de instalación del instrumento, se contó con la supervisión de Buechner, quien en 1952 realizó dos visitas al *Laboratorio Van de Graaff*,¹⁵⁸ además que mantenía correspondencia con Alba y Graef.¹⁵⁹ Buechner también donó una cámara de blancos donde se colocaban las muestras que serían bombardeadas y con la que se harían los primeros experimentos. [Mazari 1981, 26]

En 1952, Alba anunciaba en una entrevista que se estaban haciendo pruebas con el acelerador para calibrarlo: “Informa el maestro Alba, que los estudios realizados en este sentido [bombardeo de núcleos con un haz de partículas] han sido sobre todo con el objeto de calibrar el aparato y ponerlo en condiciones de una máxima finura. Se han bombardeado núcleos de litio siete con protones.”¹⁶⁰ Según la misma fuente, también se bombardeó berilio, plata y flúor.

¹⁵⁸ “Conferencia de Buechner sobre energía nuclear” *El Nacional*, 6 de agosto, 1952, 1.

¹⁵⁹ Mansur, Miguel. “El primer físico nuclear de la UNA revela la marcha de la investigación atómica en México” *Revista de la Semana*, 9 de noviembre, 1952, 10 y 20.

¹⁶⁰ Idem.

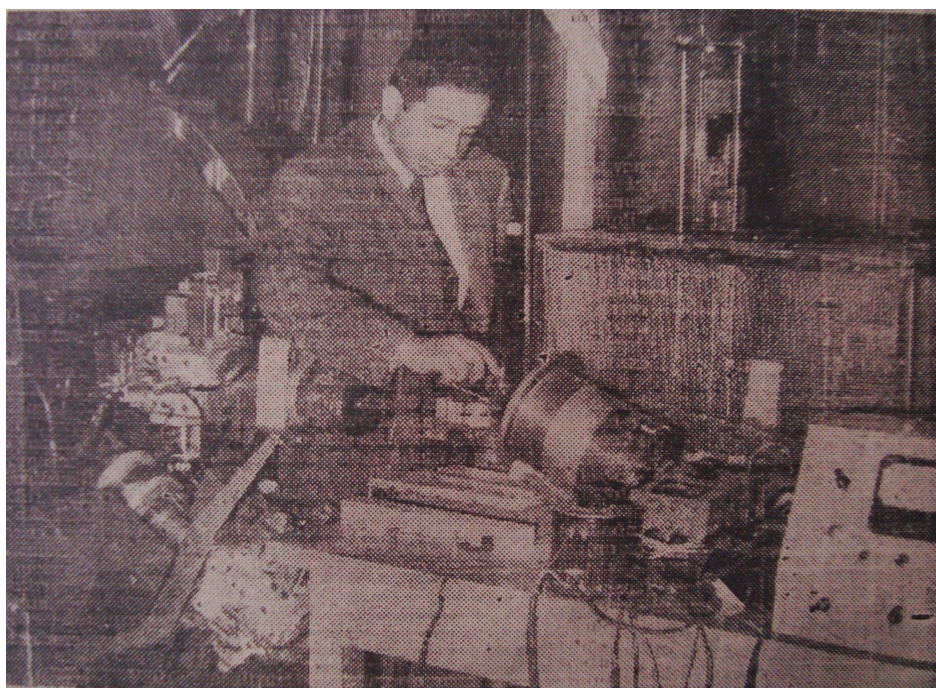


Imagen 26. Fernando Alba Andrade con la cámara de blancos (1952).¹⁶¹

Para producir el haz de deuterones se requirió de agua pesada. Ésta era sometida a un proceso de electrólisis con el que se obtenía el deuterio para ser suministrado a la cámara de ionización del acelerador Van de Graaff. El agua pesada fue comprada a la empresa noruega *Norsk Hydra-Elektrisk Kvoelstofaktieselskab*, para lo cual Carlos Lazo realizó las gestiones de importación. Se eligió esta compañía porque aunque “Esta substancia se fabrica en varios países del mundo [...] sólo Noruega permite su exportación”.¹⁶² Para solicitar el permiso de exportación al gobierno Noruego por las vías diplomáticas del gobierno mexicano, se tenía que precisar que el agua pesada sería utilizada exclusivamente para el acelerador Van de Graaff y que no sería enviada a otros países. Años más tarde, en 1955, Buechner donó agua pesada, aunque en ese caso los permisos de exportación pasaron por la *US Atomic Energy Commission* y fueron gestionados por el entonces rector Nabor Carrillo.¹⁶³

¹⁶¹ Mansur, Miguel. “El Primer Físico Nuclear de la UNA Revela la Marcha de la Investigación Atómica en México”. *Revista de la Semana*, 9 de noviembre, 1952. p. 10

¹⁶² AGN, ACL, caja 79, fólder Energía Nuclear 12/146. Marzo 12, 1952.

¹⁶³ AH-UNAM, FUN, sección Rectoría, serie Asuntos Generales, caja 54, exp. 520. Julio 1, 1955.

Para el proceso mediante el que se obtenían deuterones del agua pesada, también se requería de nitrógeno líquido. Así fue que por primera vez en Petróleos Mexicanos se encargarían de producirlo.¹⁶⁴

El instrumento para electrolizar el agua pesada fue construido en el Instituto:

“En un aparato electrolizador, que se construyó en el laboratorio del Van de Graaf de la Ciudad universitaria electrolizamos el agua pesada transformándola en oxígeno y deuterio. El deuterio o hidrógeno pesado [...] después de pasar por un acumulador o una trampa enfriada con aire líquido, es comprimido en un tanque pequeño que se coloca dentro de la terminal y se conecta a la cámara de ionización. En esta cámara el deuterio se ioniza y los iones positivos entran al tubo acelerador donde reciben un impulso debido al campo eléctrico”.¹⁶⁵

Siguiendo las publicaciones que se presentaron en la *Revista Mexicana de Física* (RMF) en relación al instrumento y que aparecieron a partir de 1954, los primeros artículos se referían a instrumentos que se construyeron en el *IF* para resolver problemas que se habían presentado en el acelerador derivados de su calibración en las condiciones del laboratorio, como la cámara de ionización de radio-frecuencia [Alba, et. al. 1954] y un sistema estabilizador de potencial.¹⁶⁶ [Díaz, et. al., 1954] La cámara de ionización de radio-frecuencia fue necesaria para la ionización del deuterio y la obtención de un mejor vacío. Sustituyó a la que el acelerador Van de Graaff tenía originalmente. El diseño y la construcción de este instrumento fue hecho en el *Laboratorio Van de Graaff* y en ello colaboraron Alba Andrade, Díaz Losada, Fernández e Indalecio Gómez, este último como técnico. Fue un instrumento construido en el Instituto, aunque sus componentes fueron compradas a la *HVEC*.

¹⁶⁴ “Experiencias Atómicas”. *Mañana*, 21 de junio, 1952. p 13.

¹⁶⁵ Mansur, Miguel. “También con átomos somos buenos tiradores: nuestros físicos bombardean núcleos con la máxima precisión” *Revista de la Semana*, 2 de noviembre, 1952, 10 y 23.

¹⁶⁶ Aunque estos artículos fueron publicados hasta 1954, según la entrevista que concedió días Losada, los trabajos para el sistema estabilizador de potencial habían comenzado desde 1952. Mansur, Miguel. “También con átomos somos buenos tiradores: nuestros físicos bombardean núcleos con la máxima precisión” *Revista de la Semana*, 2 de noviembre, 1952, 10 y 23.

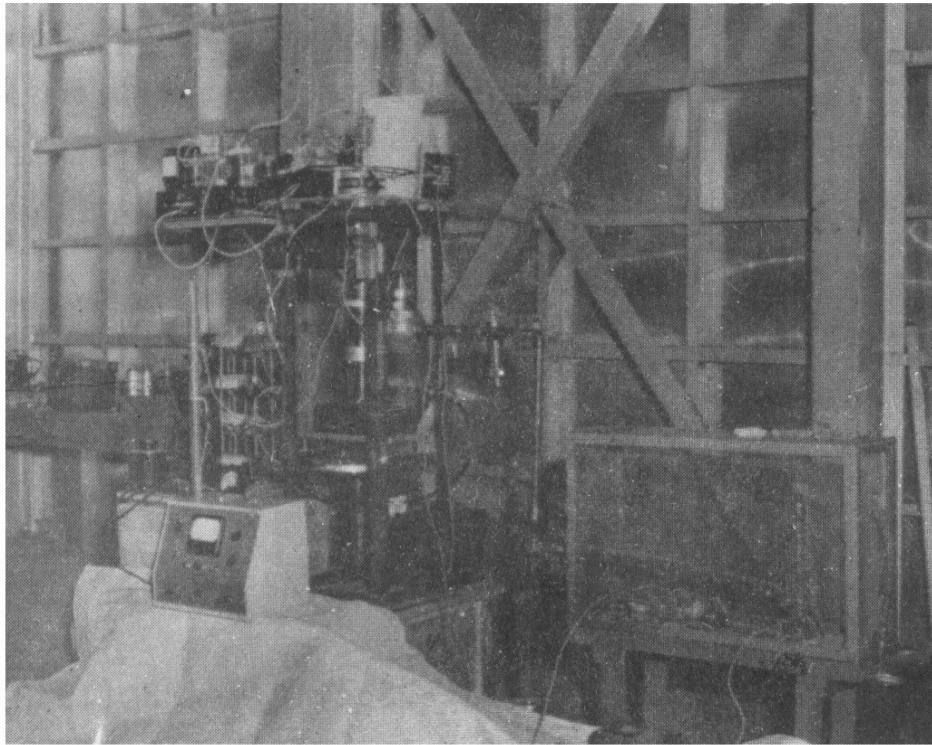


Imagen 27. Arreglo de la cámara de ionización. [Alba 1954, 113]

El sistema estabilizador de potencial fue diseñado y construido en el *LVG* por los ingenieros eléctricos Díaz Losada y Fernández y por el técnico Luis Velázquez. Consistía de un circuito adicional para estabilizar el potencial en la terminal de alto voltaje y en los anillos equipotenciales, lo que afectaba el haz de partículas:

“La variación de cualquiera [...] de las corrientes, se traduce en una variación del potencial. Estas variaciones son frecuentes e inevitables y son más notables en el tubo acelerador, debido a fluctuaciones en la cámara de ionización que lo alimenta. También son notables las variaciones en la corriente de carga suministrada por la banda; hemos conseguido mantener prácticamente constante la velocidad de la banda y el potencial de las puntas que la cargan, mediante un regulador de voltaje que alimenta el motor y el rectificador de carga, no obstante, las irregularidades mecánicas y eléctricas de la banda, determinan fluctuaciones apreciables”. [Alba, et. al. 1954, 116]¹⁶⁷

¹⁶⁷ Habría que considerar que la instalación eléctrica en Ciudad Universitaria presentó diversos problemas. Así lo manifiesta Lazo en una carta dirigida a Sandoval Vallarta para responder a las quejas de éste sobre las interrupciones en el suministro de energía eléctrica y que afectaban los trabajos en el Pabellón de Rayos Cósmicos. [AGN, ACL, caja 79, fóldeo Energía Nuclear 12/146, 4 de abril, 1952]. En 1952, Ciudad Universitaria se encontraba aún en fase de construcción, las instalaciones eléctricas no eran definitivas y aunado a los arreglos que la compañía de luz mexicana hacía en zonas aledañas, se tenían constantes cortes del suministro de energía eléctrica. De modo que la instalación del acelerador seguramente se vio afectada por estas circunstancias.

Con este sistema se logró estabilizar el potencial en el acelerador y mantener un haz de partículas con energía constante y enfocado a un blanco dado, lo cual fue importante en el proceso de calibrar el instrumento y hacer más preciso el haz de partículas.

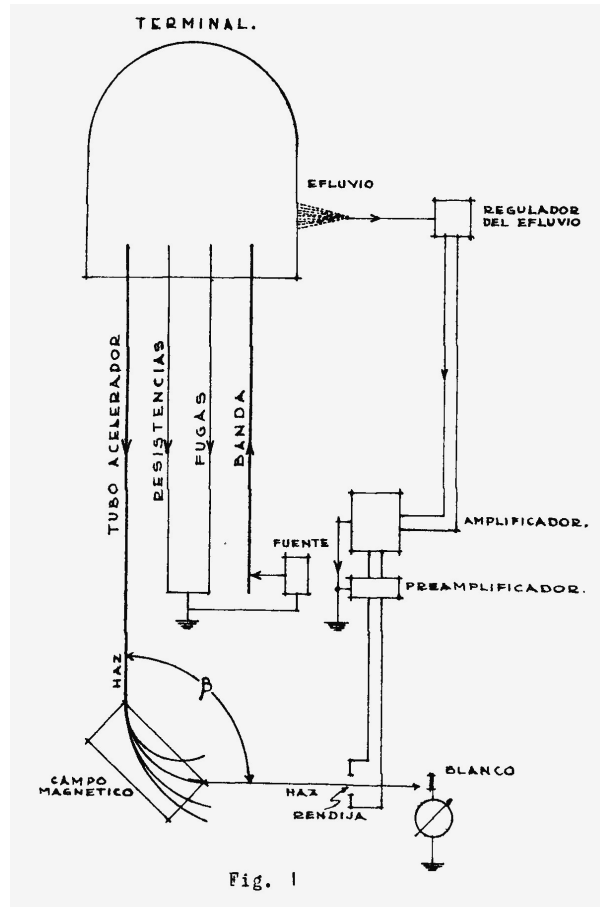


Imagen 28. Arreglo del instrumento con el sistema estabilizador de potencial. [Díaz Losada et. al. 1954, 117]

De esta manera se fue conformando una tradición en la construcción de instrumentos científicos, pues entre otras cosas, como señala Alba, “El equipo adicional que se requiere para realizar investigaciones en el campo nuclear es más costoso que el acelerador de partículas, por lo que nosotros montamos un valioso taller mecánico y un taller electrónico para construir los equipos e instrumentos necesarios” [Alba 2010, 29] En el laboratorio colaboraban físicos, ingenieros y los técnicos de los talleres mecánico y de electrónica. Implicaba una forma de trabajo particular en la que, entre otros

aspectos, “el experimentador participa en todas las etapas desde el diseño del aparato hasta su empleo final”. [Rickards 2010, 60]

A partir de la adquisición del Van de Graaff, los técnicos se incorporaron al Instituto aún sin haber recibido un entrenamiento formal o contar con un título que los acreditara. Su participación fue fundamental para el diseño, construcción, operación y mantenimiento de instrumentos. En el taller mecánico estaban Indalecio Gómez, Hiram Galván, Luis Soto y Teodoro Trejo, mientras que en el electrónico trabajaron Ignacio Castro, Jorge Dorantes y Mario Vázquez Reyna. Por su parte, Luis, Juan y Francisco Velázquez se encargaron del funcionamiento cotidiano del Van de Graaff.

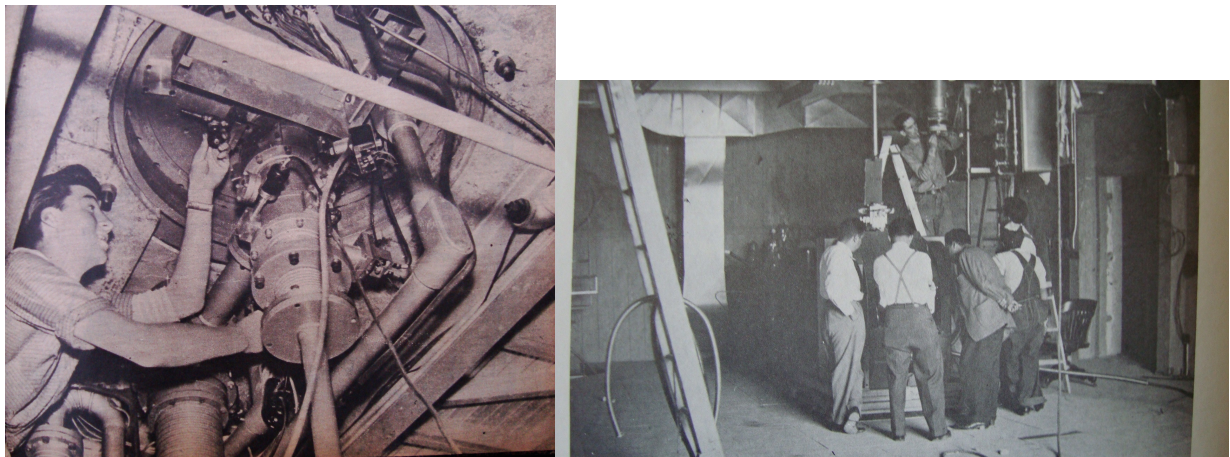


Imagen 29. Técnicos haciendo ajustes al acelerador.

3.2 El espectrógrafo magnético de Mazari

De los instrumentos que se construyeron en el *Laboratorio Van de Graaff*, el espectrógrafo magnético es particularmente importante por lo que movilizó y las implicaciones que tuvo. Para su construcción se requirieron piezas que no se habían construido antes en México, como la cámara de vacío. Ello permitió que el grupo involucrado se volviera especialista en este tipo de instrumentos, con lo que fue posible que se construyeran otros espectrógrafos magnéticos para el Instituto y para la *Comisión Nacional de Energía Nuclear*. Por otra parte, con este espectrógrafo magnético se le dio un

nuevo impulso a las investigaciones con el acelerador Van de Graaff pues permitió abarcar el análisis de las propiedades nucleares de otros elementos con mayor precisión.

Durante la estancia de Mazari en el *High Voltage Laboratory* del *MIT* entre 1953 y 1954, participó en los trabajos de diseño y construcción de un espectrógrafo magnético en colaboración con Buechner y sus alumnos de doctorado, Cornelius P. Browne, C. D. Buntschuh y Harold Enge. [Buechner et. al. 1954] A partir de entonces se estableció la colaboración de Mazari con el grupo del *HVL*. A su regreso a México en 1954, emprendió el proyecto de construcción de un instrumento similar por sugerencia de Buechner. Mazari justificaba así esta elección: “principalmente por haber visto que los resultados obtenidos con ella eran muy favorables, así como por el ahorro de tiempo que significaba tanto en el enfoque como en la calibración del equipo”. [Mazari et. al. 1957, 14]

El proyecto fue apoyado por Carrillo, Barajas y Graef. El espectrógrafo se terminó de construir en 1956. Para ello, se contó con la asistencia de Buechner y Browne, quienes se mantuvieron en contacto con Mazari. En el caso de Buechner, fue invitado varias veces a México para asesorar en la construcción de este instrumento, como en su visita de 1955. También, colaboraron en la construcción de algunas partes del espectrógrafo el *Laboratorio de Mecánica de Suelos* de la empresa *Ingenieros Civiles Asociados* (donde había trabajado Mazari), el *Instituto de Ingeniería* de la *UNAM* y el *Observatorio Astronómico de Tonantzintla*. La fabricación de muchas piezas se realizó en la *Industria Eléctrica de México* y *Talleres Arias* y la mayor parte de los elementos mecánicos y los circuitos electrónicos fueron contruidos por el personal del taller del *IF*. [Mazari 1981]

Fundamentalmente se usó el diseño del instrumento del *MIT*, al igual que los dispositivos electrónicos. Sin embargo, se le hicieron modificaciones para adaptarlo a las condiciones de infraestructura en el laboratorio. Así se reportó en el artículo publicado en la *RMF*, donde se encuentran referencias como la siguiente, a propósito de los circuitos electrónicos que se usaron: “Los circuitos de estos dispositivos fueron diseñados y contruidos por personal de la U.N.A.M., basándose

fundamentalmente en ideas desarrolladas por el grupo del M.I.T.; se introdujeron en sus diseños las modificaciones pertinentes para adaptarlas a las condiciones propias del Laboratorio.” [Mazari, et. al. 1957, 18]

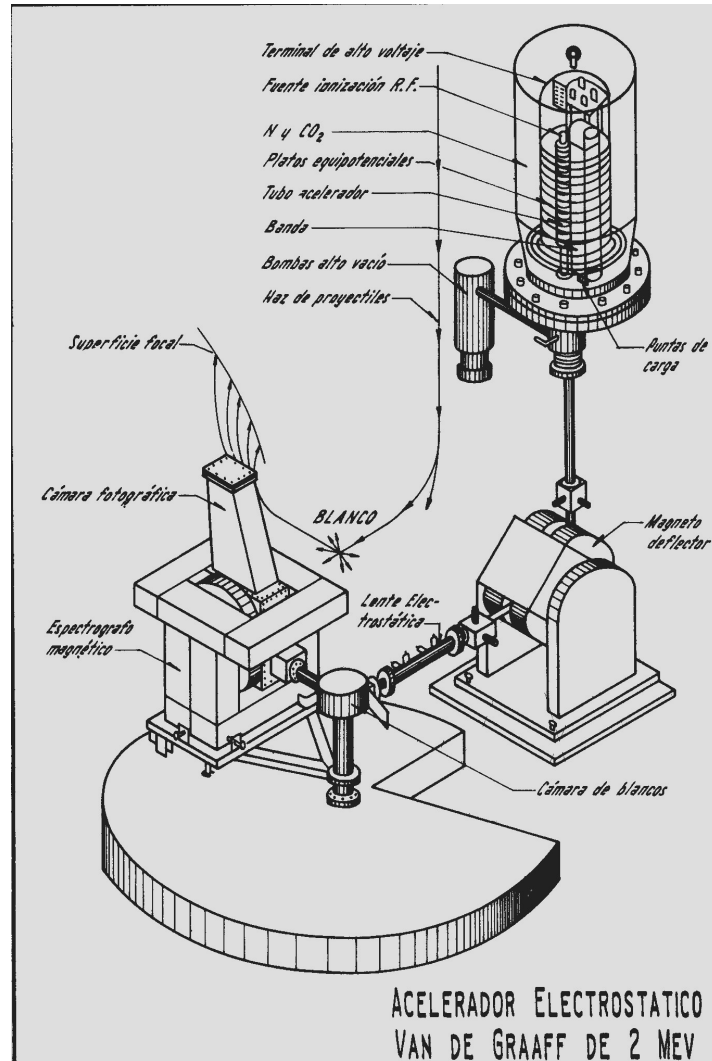


Imagen 30. Esquema del Van de Graaff incluyendo el espectrógrafo magnético. [Mazari et. al. 1959, 8]

De las modificaciones en el diseño del aparato con respecto al del *MIT*, una de ellas que Mazari consideraba importante y que a su juicio debía ser incorporada en los futuros diseños de este tipo de instrumento, es la caja de vacío, con lo que se enfrentó el hecho de que en laboratorio de la *UNAM* no se contara con un detector de fugas como en el *MIT*. Para ello se usaron unas juntas de hule que podían

apretarse según se necesitara. Mazari sugería que este diseño era más efectivo que el original para evitar fugas. Para medirlas, en el laboratorio se usó una técnica indirecta mediante la ionización de una bobina de Tesla, pues era con lo que se contaba. Los polos magnéticos adjuntos a la caja de vacío se colocaron de tal manera que pudieran ser desmontados sin afectar la calibración de ésta, lo cual según Mazari les ahorraría hasta un mes de trabajo. También se construyeron una cámara de blancos y una fotográfica. El vacío al que debía estar todo el sistema implicó que se requirieran de cuatro bombas de vacío, dos mecánicas y dos de difusión de mercurio, además de termopares y medidores que fueron importados de Estados Unidos. La medición del campo magnético generado por los polos se hizo por medio de fluxómetros de resonancia magnética nuclear.

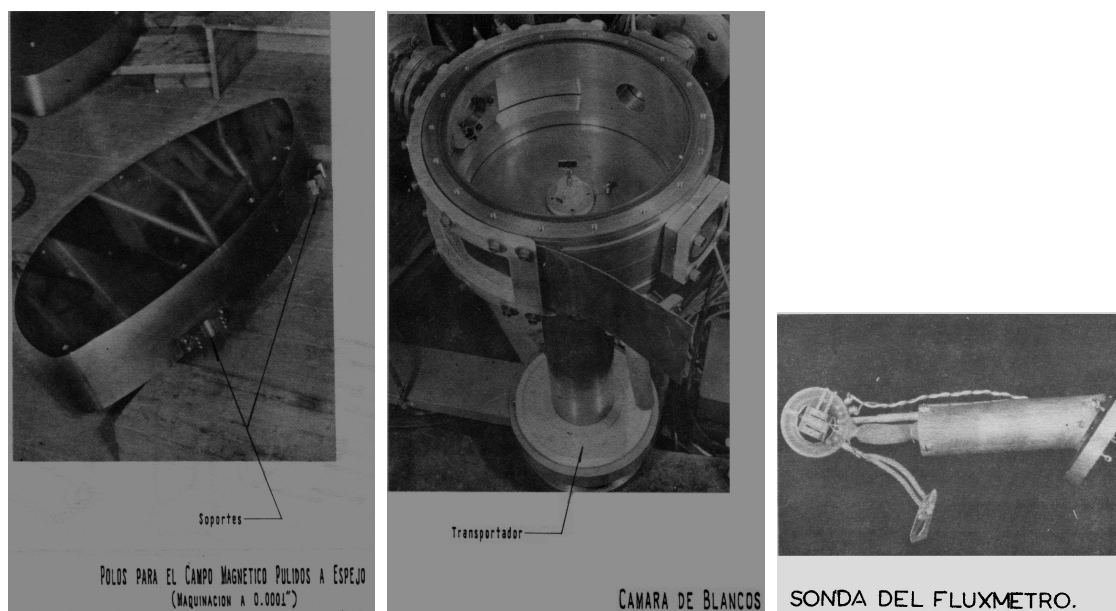


Imagen 31. Partes del espectrógrafo magnético. [Mazari et. al. 1957]

Con este espectrógrafo se lograba hacer un análisis más preciso de las reacciones nucleares pues era posible obtener una mayor amplitud de espectros, así como las distribuciones angulares correspondientes. Era un instrumento complementario al acelerador que implicaría investigaciones más precisas sobre los núcleos ligeros, como las que se hacían en el laboratorio de Buechner. De esta manera aumentarían las posibilidades mismas del acelerador Van de Graaff en términos de las

investigaciones que se podrían realizar, ya que con el espectrógrafo se pudo abarcar un mayor número de elementos para su análisis, lo que se había visto limitado a las posibilidades del deflector magnético que venía originalmente con el acelerador. Se pudieron hacer investigaciones combinadas de proyectil-blanco para reacciones del tipo protón-partícula alfa (p, α), deuterón-protón (d, p), deuterón-partícula alfa (d, α). Jorge Rickards, María Esther Ortiz y Alejandra Jáidar, entonces estudiantes de la carrera de físico experimental, realizaron investigaciones usando el espectrógrafo magnético y con sus resultados, además de publicar artículos, realizaron sus respectivas tesis de licenciatura. A finales de los años cincuenta, Mazari en colaboración con Rickards y Ortiz, emprendieron el proyecto de construir otro espectrógrafo magnético que se acoplaría al primero, con lo cual desarrollarían una técnica de doble espectrógrafo magnético. Ortiz realizó su tesis de licenciatura con los resultados obtenidos mediante esta técnica.

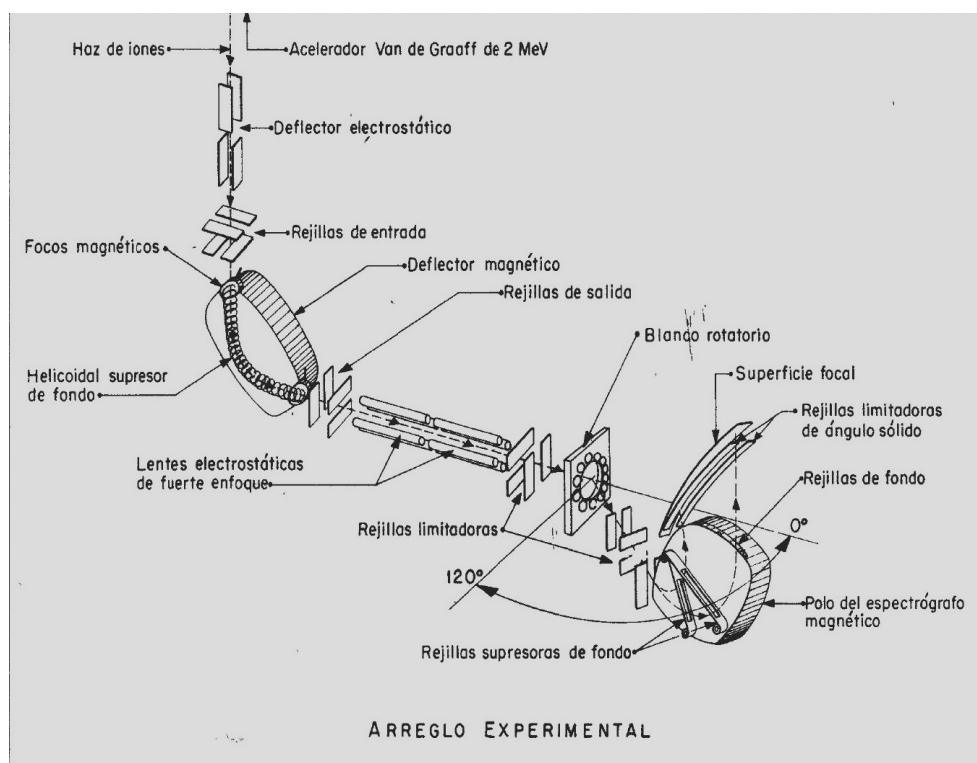


Imagen 32. Arreglo experimental del espectrógrafo doble. [Ortiz 1961, 295]

Con Mazari como principal promotor de la construcción de espectrógrafos magnéticos, se conformó un grupo especializado en su diseño y construcción, además de las técnicas de análisis de reacciones nucleares asociadas a este tipo de instrumento. Los espectrógrafos magnéticos fueron contruidos como instrumentos complementarios de los aceleradores que llegarían al *Instituto de Física* más tarde, como el Dinamitrón, para el cual diseñaron otro tipo de espectrógrafos (estereo-espectrógrafo y espectrógrafo Q-absoluto).¹⁶⁸

3.3 Publicaciones y líneas de investigación

Con el acelerador Van de Graaff, en el Instituto se estableció una línea de investigación sobre núcleos ligeros promovida por Buechner. Los experimentos que se hicieron con el acelerador se diversificaron tanto con la técnica de neutrones rápidos – enseñada por Tom Bonner en su visita de 1954 - como con la construcción de los espectrógrafos magnéticos. Además, el grupo se involucró en los estudios de precipitación radioactiva por un contrato firmado con la *Comisión Nacional de Energía Nuclear* y por una iniciativa internacional promovida desde la comisión formada con ese propósito en la *ONU* en 1956.

Los experimentos que se hicieron sirvieron sobre todo para establecer en el *IF* los estudios en física nuclear experimental y consolidar un grupo especializado en ello. Los artículos donde se reportaban los resultados obtenidos con experimentos en los que se usó el Van de Graaff fueron publicados en su mayoría en la *Revista Mexicana de Física*. Hasta 1963, sólo Mazari publicó en revistas científicas internacionales, aunque fueron producto de sus colaboraciones con el grupo del *MIT* y con experimentos que se hicieron con el acelerador Van de Graaff ONR-MIT de 12 MeV. En ese sentido, es limitado el impacto de las investigaciones que se hicieron con el acelerador en la comunidad

¹⁶⁸ Ambos espectrógrafos fueron vendidos a la *Comisión Nacional de Energía Nuclear* para acoplarlos al acelerador Tandem que fue comprado a mediados de los años sesenta.

científica internacional dedicada a temas de física nuclear experimental. Sin embargo, una vez que se construyeron los espectrógrafos magnéticos, se obtuvieron resultados que el grupo encabezado por Mazari presentó en congresos internacionales y algunos artículos fueron publicados en revistas internacionales.

Los autores principales de los artículos científicos eran los físicos e ingenieros del Laboratorio. Salvo algunas excepciones, los técnicos y las mujeres microscopistas no aparecieron como co-autores; se les mencionaba en el contenido del artículo, sobre todo para reconocer y agradecer su valiosa colaboración.

Núcleos Ligeros: Conexión IF – MIT

El primer artículo sobre estudio de núcleos ligeros, línea de investigación que había recomendado Buechner, fue publicado en 1955 en la *RMF*. Las siguientes publicaciones sobre ese tema aparecieron hasta 1959, con experimentos en los que ya se usaba el espectrógrafo magnético construido en el Instituto. En total fueron publicados nueve artículos entre 1955 y 1963 en relación al estudio de núcleos ligeros. Para la realización de estos experimentos se tuvieron que preparar las muestras correspondientes. En algunos casos, los investigadores del *LVG* se encargaron de prepararlas, llegando incluso a constituir una línea de especialización en películas delgadas. En otros casos, Buechner, Bonner y algunas instituciones extranjeras donaron algunos blancos. También hubo casos en los que fueron comprados por el Instituto.

En el artículo donde se reportaron las primeras investigaciones con el Van de Graaff, se analizaron las reacciones nucleares $^{169}_{6}\text{C}^{12}(\text{d}, \text{p})_{6}\text{C}^{13}$ y $_{8}\text{O}^{16}(\text{d}, \text{p})_{8}\text{O}^{17}$, [Alba, et. al. 1955] en particular los niveles de energía y distribución angular de los protones que se producen en dichas reacciones. Para

¹⁶⁹ La notación que se usa para describir las reacciones nucleares es de la siguiente manera: $\text{b}(\text{e}, \text{s})\text{r}$, donde b es el núcleo que se bombardea y que se coloca en la cámara de blancos, e es la partícula entrante generada en el tubo acelerador, s la partícula saliente que se registra en las placas fotográficas y r es el núcleo resultante. [Mazari, et. al. 1957, 30]

este experimento se usó un haz de deuterio. Sin embargo, por el tubo acelerador se aceleraba deuterio con diferentes masas, por lo que mediante el campo magnético producido en el deflector magnético se separaban y seleccionaban aquellas con la energía requerida en la reacción. Así mismo, se usó un filtro de aluminio para evitar que deuterones dispersados o neutrones de baja energía llegaran a las placas fotográficas. Las muestras de carbono y oxígeno, preparadas en el *LVG*, fueron colocados en la cámara de blancos que donó Buechner. Para detectar los protones producto de la reacción se usaron placas fotográficas de 50 micras y para el análisis de éstas, microscopios. Con los resultados se elaboraron gráficas para determinar la energía de salida del protón y los resultados fueron comparados con predicciones teóricas.

Jorge Dorantes y Alfonso Urbina se encargaron del revelado de las placas donde se detectaron las trazas de las partículas producto del choque del haz con el blanco. Para el análisis de placas nucleares se contrató a varias mujeres jóvenes que desde entonces se encargaron de contar las trazas. Así se hacía también en el *High Voltage Laboratory* del MIT. [Browne 1991] El análisis de las placas fotográficas al microscopio y del conteo de trazas estuvo a cargo de Lilia Aldave, Gloria Cadena, Beatriz Casillas, Silvia Castillo, Blanca Galván, Georgina Moreno y Edda Osalde. Por su parte, los hermanos Velázquez se encargaron del manejo y mantenimiento del acelerador, además de los técnicos Ignacio Castro, Gilberto López, Roberto Domínguez, Francisco Velázquez.

Una vez que construyeron el espectrógrafo magnético las investigaciones con el acelerador cobraron un nuevo vigor. En 1959, Alba, Mazari y Luis Velázquez enviaron un artículo a la *RMF* en el que reportaban las modificaciones que se le habían hecho al acelerador en comparación con su configuración original, así como estudios preliminares con el acelerador Van de Graaff y el espectrógrafo, para de ese modo “demostrar las posibilidades actuales del equipo”. [Mazari, et. al. 1959, 2] Reportaban el bombardeo de muestras delgadas de cobre con protones de 1.5 MeV y el

análisis de los residuos de la reacción con el espectrógrafo magnético, con lo que identificaron Ta^{181} , Cu^{63-65} , Cl^{35} , S^{32} , O^{16} , N^{14} , C^{13} y C^{12} . Con estos resultados determinaron que el análisis químico de muestras con el espectrógrafo magnético tenía una buena resolución hasta masas nucleares cercanas al Na^{23} . También reportaron los resultados de bombardear muestras de arcillas del Valle de México, en donde encontraron la presencia de hierro en un orden del 10%, hallazgo que fue importante en la reclasificación de dichas arcillas. Para estos experimentos contaron con la visita de Buechner en 1958.

Los artículos siguientes publicados en la *RMF* entre 1959 y 1961, refieren al bombardeo de F^{18} , F^{19} , F^{20} , O^{16} y O^{17} . De estos resultados destacan los obtenidos por Rickards, [Rickards 1960] donde daba cuenta de dos nuevos niveles de energía para el F^{20} y que serían reconocidos en la recopilación de reacciones que publicó Fay-Ajzenberg del grupo del *MIT*. En síntesis, con el primer espectrógrafo magnético se obtuvieron medidas de masas nucleares y espectros de energía para isótopos de hidrógeno, helio, litio, berilio, boro, carbono, nitrógeno, oxígeno, flúor, neón, sodio, magnesio, aluminio, silicio, potasio, azufre y potasio. [Instituto de Física 1986, 3]

Entre 1961 y 1963, se construyó otro espectrógrafo magnético que sería acoplado al primero. Con ambos espectrógrafos se monitorearía simultáneamente al blanco durante el bombardeo. Con los resultados se midieron masas nucleares, momento angular y valores Q de energía liberada en la reacción (suma de las masas del núcleo blanco y del proyectil, menos la suma de las masas del núcleo residual y la partícula emergente). En los experimentos con el segundo espectrógrafo participaron Alejandra Jáidar, María Esther Ortiz, Ariel Tejera, Gilberto López, Mazari y Rickards. En particular, se hicieron estudios sobre las propiedades del F^{20} , Na^{23} y Mg . Con estas investigaciones, Jáidar y Ortiz realizaron sus tesis de licenciatura.

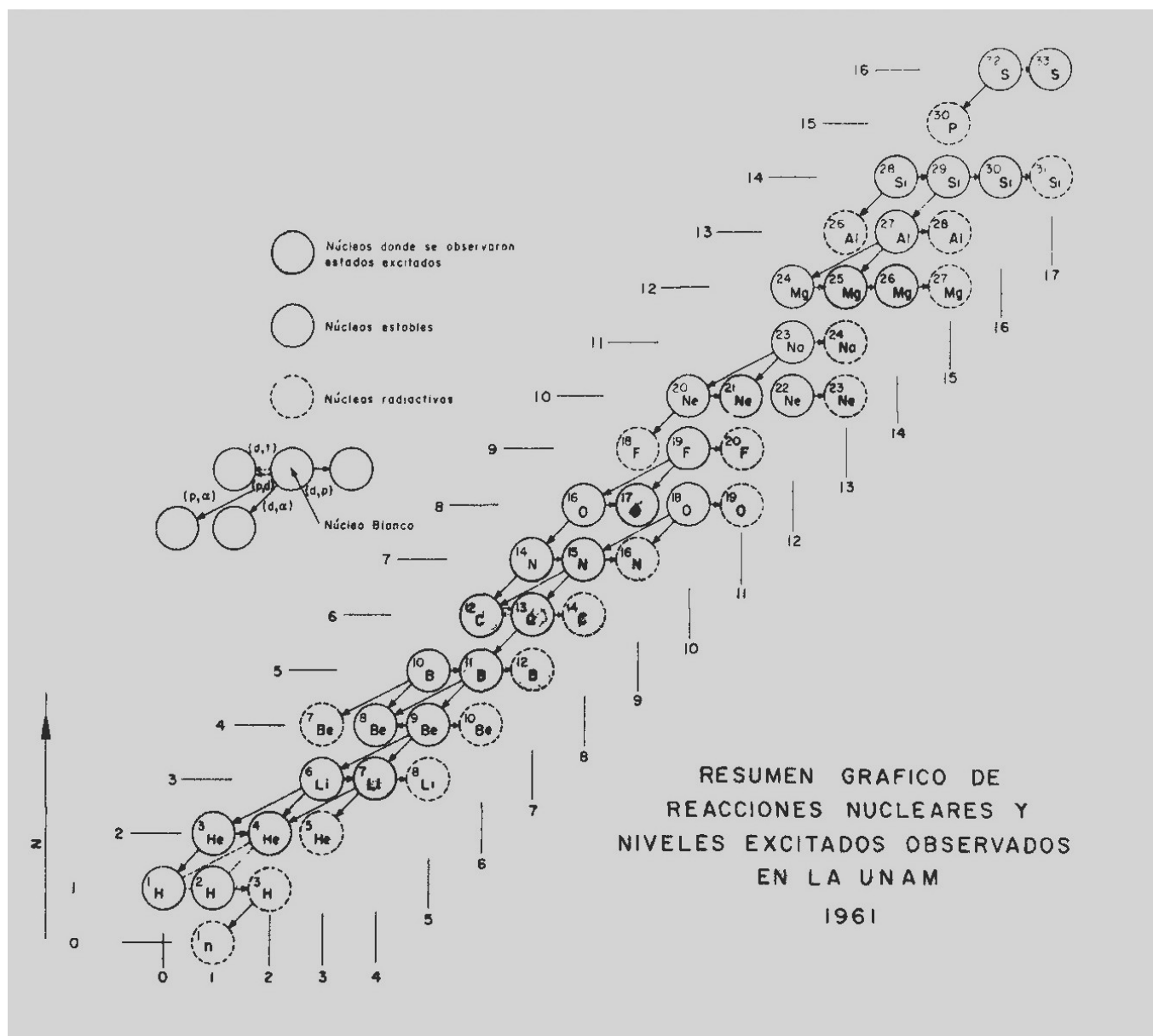


Imagen 33. Representación gráfica de las investigaciones sobre núcleos ligeros que se hicieron con el acelerador hasta 1961.

Los estudios que se hicieron con los espectrógrafos magnéticos fueron presentados en congresos internacionales sobre usos pacíficos de la energía nuclear [Rickards, et. al. 1962] y masas nucleares, [Mazari, et. al. 1960] [Mazari, et. al. 1963] además de publicaciones en revistas internacionales como *Nuclear Physics*. [Ortiz, et. al. 1964]

Tom Bonner y la técnica de los neutrones rápidos

En 1954, Tom Bonner, investigador de la *Universidad de Rice*,¹⁷⁰ visitó por un mes el *Laboratorio Van de Graaff*. [Mazari 1981, 26] Durante su estancia enseñó una técnica para producir neutrones rápidos y obtener medidas de secciones nucleares.¹⁷¹ Por medio de la reacción $T(d, \alpha)n$, producida por el bombardeo de un blanco de tritio y zirconio - donado por Bonner - con un haz de deuterones, se obtuvieron neutrones rápidos con energía de liberación de hasta 17.6 MeV. Para medir las secciones nucleares de plomo y plata con un fotomultiplicador, se colocaron muestras de estos elementos en las inmediaciones del blanco. [Bonner, et. al. 1955] En estas investigaciones iniciales con la técnica de neutrones rápidos, participaron Alba, Mazari y Fernández.

¹⁷⁰ En la *Universidad de Rice*, Bonner hacía investigaciones con un acelerador Van de Graaff de 5.5 MeV.

¹⁷¹ Las secciones nucleares dan cuenta de la reacción que se produce cuando un núcleo dado es bombardeado por neutrones de cierta energía. Es una medida de la absorción de neutrones por el núcleo en función del ángulo sólido. Las secciones nucleares son características de cada núcleo bombardeado.

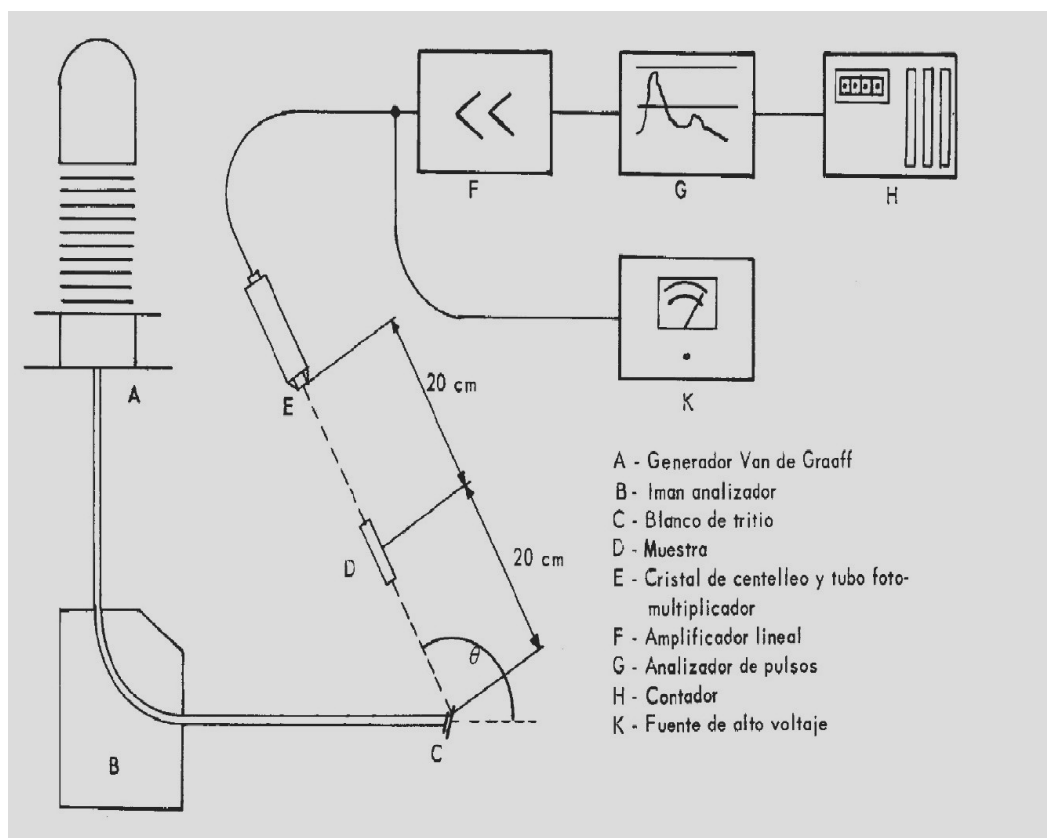


Imagen 34. Arreglo experimental para las investigaciones con neutrones rápidos en 1955. [Bonner e. al. 1955]

Con esta técnica Alba, Mazari y Vinicio Serment determinaron las secciones totales en muestras de aluminio, fierro, níquel, cobre, zinc, plata, estaño, mercurio, plomo y bismuto, mediante los neutrones rápidos obtenidos de la reacción $\text{H}^3(\text{d},\text{n})\text{He}^4$. [Mazari, et. al. 1955] Sus resultados fueron presentados en la *Asamblea Conjunta de la Sociedad Mexicana de Física y la American Physical Society* celebrada en 1955. Así mismo, Vinicio Serment escribió su tesis sobre estas investigaciones para obtener el grado de físico por la *Facultad de Ciencias*.

También hicieron experimentos de bombardeo con neutrones rápidos en muestras de concreto, con el fin de medir coeficientes de absorción lineal de neutrones. [Mazari, et. al. 1957] Con sus resultados colaboraron en el diseño de muros de protección de laboratorios que se construyeron más

adelante. Vázquez Barete¹⁷² se tituló de físico experimental con una tesis donde presentó estos experimentos y sus resultados.

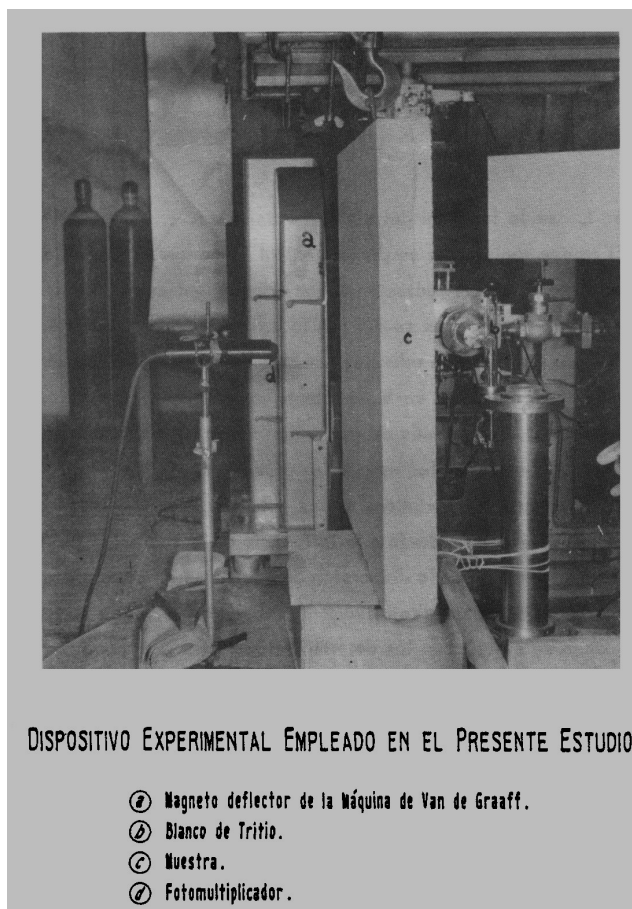


Imagen 35. Fotografía del arreglo experimental para las pruebas de absorción de neutrones rápidos para el concreto.
[Mazari et. al. 1957]

En 1958 iniciaron un proyecto conjunto con la Universidad de Guanajuato para la construcción aceleradores Van de Graaff de 0.5 MeV a presión atmosférica. El acelerador Van de Graaff de 2 MeV del Instituto se usaba entonces para experimentos de núcleos ligeros con el espectrógrafo magnético, por lo que estimaron que con otro acelerador de baja energía se podrían continuar las investigaciones

¹⁷² Aunque Vázquez Barete aparece como autor de varios de los artículos publicados en la *RMF*, hay referencias donde se pone en duda su colaboración en las investigaciones con el acelerador, como si fuera solamente un enviado del gobierno mexicano. Alonso Fernández, con quien trabajó en las investigaciones con carbono y oxígeno reportadas en el artículo de 1955, manifiesta lo siguiente: “Un día apareció un militar, amigable y buena gente, pero tampoco sabía nada y nunca entendí qué fue a hacer a un grupo de investigación, porque aunque no me molestaba, tampoco mostró el menor interés ni en estudiar ni en aprender”. [Fernández 2010, 40]

con la técnica de los neutrones rápidos. Los experimentos con núcleos ligeros implicaba una configuración distinta del acelerador de la que se usaba para la técnica de los neutrones rápidos.

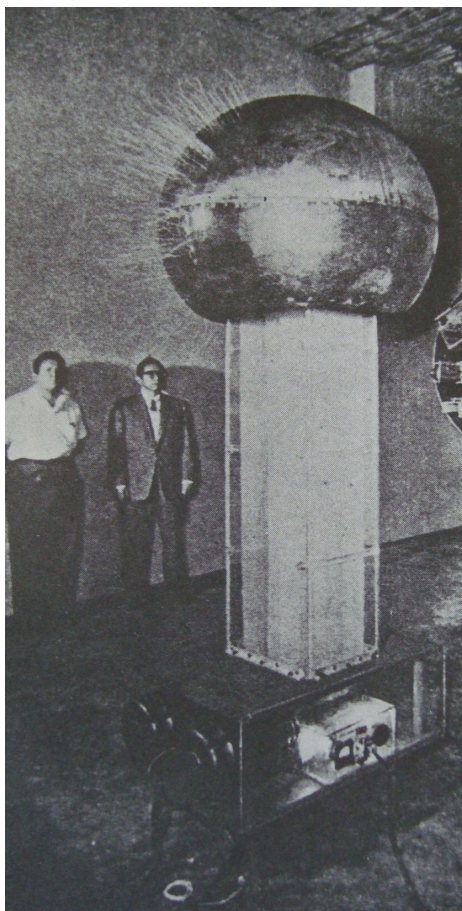


Imagen 36. Carlos Graef y Alba Andrade observan uno de los aceleradores de 0.5 MeV que se construyeron en el Instituto de Física. [Imagen tomada del libro *Historia Gráfica del Instituto de Física*]

El acelerador de 0.5 MeV del Instituto se diseñó para acelerar partículas positivas con el fin de generar neutrones con la técnica de Bonner.¹⁷³ En el caso de la Universidad de Guanajuato, se acelerarían electrones para el estudio de reacciones químicas inducidas por radiación y modificación de semillas. Para el diseño de las paredes del laboratorio donde se instalarían estos Van de Graaff, se usaron los resultados de absorción de neutrones en concreto. En este proyecto colaboraron, por parte

¹⁷³ Años más tarde, este instrumento fue vendido a la *Comisión Nacional de Energía Nuclear* para usarlo como una fuente de neutrones acoplado a un reactor subcrítico.

del *Instituto de Física*, Adalberto García de Mendoza - cuya tesis de licenciatura fue sobre la construcción de este acelerador -, Serment, Eduardo Andrade y Domingo Navarro, además de Alba, Mazari, Ignacio Castro, Rickards y Lilo Rafael Velázquez; de la Universidad de Guanajuato participó Armando López.

Aunque fueron pocos los estudios con la técnica de obtención de neutrones rápidos enseñada por Bonner - en comparación con los de núcleos ligeros en conexión con las investigaciones del *HVL* -, su incorporación a las prácticas experimentales asociadas al Van de Graaff permitió que se estableciera la conexión con la *Universidad de Rice*, lo que fue fundamental para el rumbo del *Instituto de Física*. En los años sesenta, Rickards fue a la *Universidad de Rice* a aprender detalles de la construcción de un acelerador Van de Graaff tipo tandem. Más adelante, Eduardo Andrade iría a la misma Universidad a estudiar el doctorado. Así mismo, a mediados de los ochenta dicha institución donó al *Instituto de Física* un acelerador Van de Graaff de 5.5 MeV.

Estudios sobre precipitación radioactiva

En la reunión de marzo de 1956 del *Comité Científico para el Estudio de los Efectos de la Radiaciones Atómicas* – comisión adscrita a la *Asamblea General de las Naciones Unidas* y a la que asistió Alba Andrade como representante de México – se recomendó la realización de estudios de precipitación radiactiva en los países pertenecientes a la ONU. Con estos estudios se esperaba monitorear la presencia de radiación producto de los ensayos nucleares en la superficie terrestre y de las plantas nucleares. En el caso de México, los estudios de precipitación radioactiva fueron coordinados por el *Instituto de Física*, con el auspicio de la *Comisión Nacional de Energía Nuclear*.

Para estos estudios se instalaron estaciones para colectar muestras de precipitación radioactiva

en diferentes puntos de la República Mexicana (Ciudad de México, Guadalajara, Oaxaca, Mérida, Tonantzintla, Chihuahua, Ensenada, Hermosillo, Monterrey, Veracruz, Comitán, Tampico e Islas Revillagigedo). La información fue concentrada y analizada, principalmente, por Tomás Brody, Rickards, Ariel Tejera y Augusto Moreno. Entre 1956 y 1962, se publicaron cinco informes de los estudios de precipitación radioactiva. Además, desde 1958 se hicieron estudios sobre la presencia de elementos radioactivos en alimentos y huesos humanos, sin que se obtuvieran resultados significativos. “Este proyecto terminó cuando se decidió llevar a cabo las pruebas de explosiones nucleares subterráneas”. [Rickards 2010, 61] Con estas investigaciones hubo inquietud por perfeccionar técnicas de medición de presencia de radiación y contaminantes en el ambiente, así como análisis en alimentos y seres vivos.

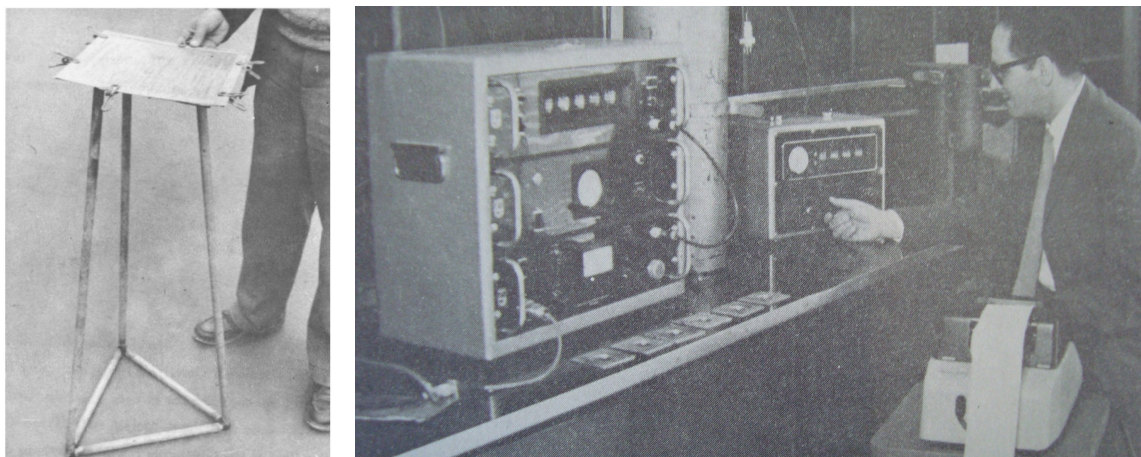


Imagen 37. (Izquierda) Colector de precipitación radioactiva instalado en el techo de la Torre de Ciencias. [Alba, et. al. 1954, 164] (Derecha) Tomas Brody realizando análisis de precipitación radioactiva. [Imagen tomada del libro *Historia Gráfica del Instituto de Física*]

A inicios de los años sesenta se planeó la adquisición de nuevos aceleradores de partículas de mayor energía en el Instituto y para la *Comisión Nacional de Energía Nuclear*. El Van de Graaff de 2 MeV, limitado por las energías que alcanzaba, había agotado sus posibilidades en términos de los estudios de núcleos ligeros y neutrones rápidos. Se determinó entonces que con este acelerador se

podrían hacer otro tipo de investigaciones, ahora sí, para la transformación química de sustancias orgánicas y la esterilización de alimentos. El Van de Graaff fue transformado para que acelerara electrones en vez de partículas positivas. [Mazari 1981, 23] La transformación del acelerador estuvo a cargo de Román Álvarez Bejar y las primeras investigaciones fueron hechas por Javier Reyes Luján, [Luján 1955] quien hizo un diagnóstico de las aplicaciones industriales que se podrían lograr con el acelerador transformado.

Algunas piezas del acelerador ya no fueron necesarias en esta nueva faceta. Entre otras cosas, no sería necesario desviar el haz, por lo que se decidió que el deflector magnético fuera prestado por tiempo indefinido a la *Facultad de Ciencias Químicas* de la *Universidad Veracruzana*. [Mazari 1981, 28] Tampoco se requerirían de los espectrógrafos magnéticos. Éstos fueron reutilizados en otras secciones del Instituto, como el segundo espectrógrafo que en 1964 fue transformado como separador magnético de isótopos. [Instituto de Física 1986, 5]

De esta manera, el acelerador Van de Graaff de 2 MeV fue transformado de manera sustancial. No sólo su configuración fue diferente, también lo fueron los programas y el grupo de investigación, por lo que a partir de entonces se trataba de otro instrumento con sus propios significados e implicaciones.

En relación a las posibilidades que tenía el Instituto a finales de los años cuarenta, con la adquisición del Van de Graaff se logró consolidar un grupo de investigación en física nuclear experimental y una tradición en el diseño y construcción de instrumentos científicos, así como la formación de investigadores y técnicos, además que se establecieron vínculos institucionales con el *MIT* y con la *Universidad de Rice* y que fueron determinantes para el rumbo del Instituto años más tarde.

Conclusiones

Esta investigación es una propuesta de reconstrucción e interpretación tomando como eje conductor el acelerador Van de Graaff del *Instituto de Física* en el periodo de 1950 a 1963. He mostrado cómo se movilizó el instrumento por distintos espacios, en un sentido material y discursivo, y cómo se involucraron múltiples significados que definieron al instrumento.

El acelerador es un instrumento que se adquirió para el *Instituto de Física* en un momento de su historia en el que se perfilaba un apoyo institucional firme, como no había ocurrido con anterioridad. Ya hemos visto que, en la primera década de existencia del Instituto, padeció la falta de infraestructura propia y de apoyo institucional por parte del gobierno mexicano y de la misma Universidad. Sin embargo, entre 1938 y finales de los años cuarenta, los recursos para la formación de físicos en el extranjero provinieron de las fundaciones filantrópicas, universidades norteamericanas y a través de investigadores interesados en extender sus redes de colaboración en latinoamérica, motivados en parte por la dificultad de mantener vínculos con Europa a causa de la guerra y respaldados por la política del buen vecino. Los vínculos profesionales que establecieron los físicos mexicanos con el extranjero tendieron casi exclusivamente hacia Estados Unidos. De ahí que no sorprenda la preferencia por un instrumento construido por una compañía norteamericana, la cual además era cercana al *MIT* - institución que resultaba familiar para los físicos mexicanos. Ahí estudió y trabajó Manuel Sandoval Vallarta, una de sus principales figuras, quien recibió y formó a otros estudiantes mexicanos y además promovió un convenio de colaboración con el que se darían inicio las investigaciones en el *Instituto de Física*.

Con el fin de la Segunda Guerra Mundial, la ciencia se posicionó como un elemento

fundamental de las políticas internacionales y locales. En el caso mexicano este discurso en torno a la ciencia fue capitalizado por los científicos locales para generar infraestructura y conseguir apoyos del gobierno mexicano. En México no hubo un programa coordinado de investigación en energía nuclear antes de la adquisición del acelerador y fue sólo hasta ese momento que se formaron expertos en el tema. El mismo Nabor Carrillo señalaba, al respecto de su asistencia a las pruebas del Atolón de Bikini como representante del gobierno mexicano, que fue nombrado experto científico para asuntos de la energía nuclear a falta de verdaderos especialistas en el tema. Su prestigio científico, que había conseguido años atrás, le garantizó esta posición y su participación en reuniones internacionales sobre ciencia, en particular, lo convirtieron en experto científico sobre los usos pacíficos de la energía nuclear. Lo mismo ocurrió con Sandoval Vallarta y Carlos Graef. De modo que, cuando promovieron la adquisición del Van de Graaff, eran considerados en los círculos públicos y políticos como las voces autorizadas para conducir la adopción de programas en investigación nuclear. La adquisición del Van de Graaff fue difundida como la entrada del país a la era nuclear y en ese sentido es que con el instrumento se estaba configurando la nuclearidad de México.

Las negociaciones para la adquisición del Van de Graaff, así como el financiamiento y los trámites de importación, pasaron por los espacios administrativos del proyecto de Ciudad Universitaria con el apoyo de su gerente general, Carlos Lazo. He mostrado que Lazo se apropió del discurso de la energía nuclear - entendida como una fuente de energía ilimitada y como promesa de grandes beneficios para la humanidad - y lo incorporó al proyecto de Ciudad Universitaria. Lazo no estaba involucrado de manera directa en la ciencia en México y sin embargo, apoyó la iniciativa de los científicos mexicanos para adquirir el acelerador, en particular por la relación que estableció con Barajas, Graef y Carrillo. El instrumento representó un emblema del proyecto para mostrar lo moderno que era Ciudad Universitaria.

Hemos visto que el Van de Graaff estuvo presente en la prensa nacional. El discurso público a

través de estos medios tendió a construir una imagen del país en su rumbo de modernización, producto de las iniciativas del gobierno de Miguel Alemán. Graef declaró en muchas ocasiones que con el instrumento se harían investigaciones para beneficio de la producción agrícola pues se irradiarían semillas y se lograría un tipo de grano resistente con el que se tendrían mejores cosechas. Además, se obtendrían nuevos materiales que beneficiarían a la industria nacional, se esterilizarían alimentos y se aplicaría en las terapias contra el cáncer. De hecho este tipo de investigaciones se podían realizar con los aceleradores Van de Graaff y algunas de éstas se hicieron cuando el instrumento fue modificado en 1963. Sin embargo, generó una expectativa que no era realista dadas las posibilidades del *Laboratorio Van de Graaff* y del interés de quienes apoyaron su adquisición y los que trabajaron con el instrumento. Todo parece indicar que con las declaraciones de Graef se buscaba sobre todo mostrar que la decisión de adquirir el instrumento había sido correcta, pues las aplicaciones del instrumento prometían beneficios sociales y económicos, además de que contribuiría al proceso de modernización del país. Es por ello que la adopción de programas nucleares en México tuvo sentido por sus significados dentro de las prácticas del desarrollo.

Ciertamente, aunque el instrumento Van de Graaff fue difundido como la entrada de México a la era nuclear, su impacto en la configuración de un programa nuclear mexicano fue limitado. De hecho, fue relevante en esa dirección sólo por un corto tiempo, quizá hasta 1955 cuando se optó por nuevos proyectos en el país, a raíz de la conformación de la *Comisión Nacional de la Energía Nuclear*, alejando al instrumento de las iniciativas nacionales y dejándolo para las investigaciones del *Instituto de Física*. Una de sus contribuciones más importantes para la conformación de un programa nuclear mexicano, está en que con el instrumento se formó un grupo de científicos y técnicos expertos en el manejo de instrumentos relacionados con lo nuclear y que posteriormente participarían en los proyectos que emprendería la *CNEN*. En ese sentido, cumplió el propósito de formar expertos en el manejo de instrumentos para la investigación nuclear.

Aunque la adquisición del instrumento Van de Graaff no se realizó bajo los programas de asistencia y cooperación que se ofrecían desde la *ONU* y sus agencias especializadas, el instrumento quedó circunscrito a los procesos internacionales en lo referente a la energía nuclear. Los mecanismos que implementó el gobierno norteamericano para promover el intercambio, asistencia y cooperación internacional en este tema, favorecieron la generación del vínculo entre el laboratorio de Buechner del *MIT* y el *Laboratorio Van de Graaff*, pues se usaron los apoyos que ofrecía dicho gobierno para las visitas que realizó Buechner y la beca con la que Marcos Mazari fue al *MIT*. Por otra parte, la adquisición del instrumento y la importación de otros instrumentos complementarios estuvieron sujetas a las regulaciones y mecanismos impuestos por la *US Atomic Energy Commission* que se debían seguir para acceder a materiales, instrumentos o asistencia en temas nucleares. De esa forma, el instrumento fue movilizado a través de los mecanismos internacionales que implementó el gobierno norteamericano y con los que moldeó su discurso del internacionalismo científico.

El seguimiento de las modificaciones que se le hicieron al acelerador nos permite resaltar que los instrumentos no son estáticos, por el contrario, se transforman. Desde que el instrumento llegó a sus instalaciones en Ciudad Universitaria se emprendieron grandes esfuerzos para instalarlo y con ello el personal que del Laboratorio Van de Graaff se apropió del instrumento. Quienes recibieron entrenamiento en el *MIT* lo hicieron en condiciones bastante diferentes a las que se tuvieron en el Laboratorio de Ciudad Universitaria, por lo que cuando tuvieron que instalar y calibrar el instrumento se enfrentaron a circunstancias para las que no habían sido preparados. El proceso de instalación y calibración del instrumento tomó un par de años. Los ingenieros, físicos y técnicos se encargaron de estos trabajos y en particular, para calibrarlo con respecto al Van de Graaff del *MIT*, se construyeron instrumentos con los que se solucionaron problemas presentados en las condiciones del laboratorio.

A partir de las estancias de investigación, se construyó la cercanía con las culturas epistémicas del *High Voltage Laboratory* del *MIT* y de la *Universidad de Rice*. Las prácticas del laboratorio

también respondieron a interrogantes locales. Por ejemplo, las investigaciones para determinar los índices de absorción de neutrones en el concreto, permitió que sus resultados fueran aplicados después en la construcción de laboratorios donde se instalaron nuevos aceleradores de partículas en México.

Con el Van de Graaff se tuvo la necesidad de construir otros instrumentos científicos, con lo cual se fue conformando una tradición en este sentido. Para ello, los técnicos y los talleres fueron esenciales. Que en el Instituto se construyeran instrumentos para un acelerador comprado en Estados Unidos y que con esto se resolvieran cuestiones planteadas desde el contexto local, nos permite cuestionar la condición de dependencia científica y tecnológica en los países del tercer mundo.

La paulatina incorporación de las mujeres a la física en México se muestra en el *Laboratorio Van de Graaff*. Eran las microscopistas para el análisis de trazas nucleares y también profesionales de la física, quienes colaboraron en las investigaciones experimentales que se realizaron con el Van de Graff. Hasta mediados del siglo XX, la física fue una profesión predominantemente masculina, por lo que este hecho marca un ligero cambio en relación a la situación de género en las prácticas de la física en México.

En el *Laboratorio Van de Graaff* trabajaron técnicos, ingenieros, físicos y las microscopistas. Cada quien tenía un papel que desempeñar en relación con el instrumento y las prácticas que se generaron en torno a éste. Los técnicos se encargaron del manejo cotidiano del acelerador, así como de la construcción de instrumentos. Un grupo de mujeres realizaba el escrutinio y análisis de las trazas nucleares. Los físicos e ingenieros diseñaban y daban seguimiento a la construcción de instrumentos, modelaban arreglos experimentales, hacían experimentos e interpretaban resultados; también gestionaban recursos, preparaban artículos, asistían a conferencias, congresos científicos y reuniones internacionales sobre los usos de la energía nuclear. Esta organización del Laboratorio nos habla de las jerarquías y de la relación que se estableció con el instrumento, con lo cual se evidencia la cultura material que surgió con el acelerador.

El presente trabajo de investigación puede leerse desde la perspectiva de la historia de los instrumentos científicos y también como una ventana desde donde mirar otras historias y procesos – el Instituto de Física, la Ciudad Universitaria, la conformación del programa nuclear mexicano y los procesos de internacionalización de la ciencia en la posguerra. Estas otras historias y procesos convergen en el Van de Graaff. Con este trabajo pretendí hacer una aportación a la historia de los instrumentos científicos, al igual que al entendimiento de los procesos de expansión de la ciencia y los significados e implicaciones de la internacionalización de la ciencia en la posguerra en latitudes que poco se han estudiado.

Bibliografía

- Aguilar Camín, Héctor y Lorenzo Meyer. *A la sombra de la Revolución Mexicana*. México: Cal y Arena, 1990.
- Alba Andrade, Fernando; Eduardo Díaz Losada, Alonso Fernández e Indalecio Gómez. “Cámara de Ionización de Radio-Frecuencia”. *Revista Mexicana de Física* 2 (1954): 107-114.
- Alba Andrade, Fernando; Tomas Brody, Alonso Fernández, Marcos Mazari, Vinicio Serment, Manuel Vázquez Barete. “Estudio de las reacciones ${}_6\text{C}^{12}(\text{d},\text{p}){}_6\text{C}^{13}$ y ${}_8\text{O}^{16}(\text{d},\text{p}){}_8\text{O}^{17}$ ”. *Revista Mexicana de Física* 4 (1955): 207-223.
- Alba Andrade, Fernando. “Mi vida y mi obra” en *Fernando Alba Andrade: el primer físico de la UNAM*, editado por Esbaide Adem, et. al., 23-33. México: Instituto de Física, UNAM, 2010.
- Anda, Enrique Xavier de. *Historia de la Arquitectura Mexicana*. Barcelona: Gustavo Gili, 2006.
- Assmus, Alexi y Peter Galison. “Artificial Clouds, Real Particles” en *The Uses of Experiment: Studies in the Natural Sciences* editado por David Gooding, Trevor Pinch y Simon Shaffer. Cambridge: Cambridge University Press, 1989.
- Anderson, Katharine. *Predicting the Weather. Victorians and the Science of Meteorology*. Estados Unidos: The University of Chicago Press, 2005.
- Azuela, Luz Fernanda y José Luis Talancón. *Contracorriente: la Historia de la Energía Nuclear en México (1945-1995)*. México: IIS/Instituto de Geografía/CEPE/UNAM/Plaza y Valdés, 1999.
- Barnés, Dorotea y Alfonso Mondragón. *Manuel Sandoval Vallarta. Obra Científica*. México: Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto Nacional de Energía Nuclear, 1978.
- Bonner, Tom; Fernando Alba, Alonso Fernández y Marcos Mazari. “Dispersión de Neutrones Rápidos por Plomo y Plata”. *Revista Mexicana de Física* 1 (1955): 52-59.
- Bourghet, Marie-Noelle; Christian Licoppe y Otto Sibum (editores) *Instruments, Travel and Science. Itineraries of precision from seventeenth to the twentieth century*. Londres: Routledge, 2002.
- Brenni, Paolo. “The Van de Graaff Generator. An Electrostatic Machine for the 20th Century”. *Bulletin of the Scientific Instrument Society* 63 (1999).
- Browne, Cornelius P. “Accelerator Memoirs (1991)” en http://nd.edu/~nsl/html/about_history.html consultado el 11 de febrero del 2011.
- Buechner, William, C. P. Browne, H. Enge, M. Mazari y C. D. Buntschuh. “Magnetic spectrograph for nuclear disintegrations studies”. *Physical Review* 95 (1954): 609.

Buechner, William, Marcos Mazari y A. Sperduto. "Magnetic spectrographic measurements on the $Al^{27}(d, p) Al^{28}$ reaction". *Physical Review* 101 (1955): 188.

Cacho Torres, Angélica María. *Manuel Sandoval Vallarta, Política y Desarrollo Científico en México 1940-1970*. Tesis de Licenciatura, Universidad Autónoma Metropolitana, 2002.

Cámara de Diputados. *Los presidentes de México ante la Nación: Informes, Manifiestos y Documentos de 1821 a 1966. Tomo 4*. México: Cámara de Diputados, 1966.

Collins, Harry. "Tacit Knowledge, Trust and the Q of Sapphire". *Social Studies of Science* 31/1 (2001): 71-85.

Departamento de Difusión de la Gerencia de Relaciones de Ciudad Universitaria. *Murales en la Ciudad Universitaria. Interpretaciones a Pluma de J. Horna*. México: UNAM, 1954.

De Greiff, Alexis y Mauricio Nieto. "Lo que aún no sabemos sobre el intercambio tecnocientífico entre sur y norte: nortecentrismo difusión científica y estudios sociales de la ciencia" en *Saberes locales: ensayos sobre historia de la ciencia en América Latina*, editado por Frida Gobrach y Carlos López Beltrán, 41-70. Michoacán: El Colegio de Michoacán, 2008.

Díaz Losada, Eduardo, Alosio Fernández y L. Velázquez. "Un sistema estabilizador de potencial para aceleradores de partículas cargadas". *Revista Mexicana de Física* 3 (1954): 115.

Domínguez Martínez, Raúl. *Historia de la Física Nuclear en México 1933-1963*. México: UNAM/CESU/Plaza y Valdés Editoriales, 2000.

Domínguez Martínez, Raúl. "Historia de la UNAM (1945-1970)" en *La Universidad de México: Un Recorrido Histórico de la Época Colonial al Presente* coordinado por Renate Marsiske, 187-260. México: Plaza y Valdés, 2001.

Echeverría, Bolívar. *Las Ilusiones de la Modernidad: Ensayos*. México: UNAM, El Equilibrista, 1995.

Escobar, Arturo. *Encountering Development. The Making and Unmaking of the Third World*. Estados Unidos: Princeton University Press, 1995.

Fernández, Alonso. "Vivencias" en *Fernando Alba Andrade: el primer físico de la UNAM*, editado por Esbaide Adem, et. al., 23-33. México: Instituto de Física, UNAM, 2010.

Fernández Chapou, José Luis y Alfonso Mondragón Ballesteros. *Obra Científica. Carlos Graef Fernández*. México, UAM, 1993.

Fernández Christlieb, Fátima. *Los medios de difusión masiva en México*. México: Pablos, 1982.

Fuentes Navarro, Raúl. *La investigación académica sobre comunicación en México: sistematización documental, 1995-2001*. Jalisco: ITESO, 2003.

Fundación UNAM. *Ciudad Universitaria: Crisol del México Moderno*. Editado por Roger Díaz de

Cossio. México, Fundación UNAM, 2009.

Galison, Peter. *Image and Logic. A material culture of Microphysics*. Chicago, University of Chicago, 1997.

Gobierno del Estado de Guanajuato. *Su tiempo, su país: Obra Plástica. José Chávez Morado*. México: Gobierno del Estado de Guanajuato, 1988.

Golinski, Jan. *Making Natural Knowledge*. Estados Unidos de América, Cambridge University Press, 1998.

Government Printing Office. *Atoms For Peace Manual. A Compilation of Official Materials on International Cooperation for Peaceful Uses of Atomic Energy*. Estados Unidos: Government Printing Office, 1955.

Graef, Carlos. “Notas”. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física* I (1951): 36-37.

Hecht, Gabrielle. “Negotiating Global Nuclearities: Apartheid, Decolonization, and the Cold War in the Making of the IAEA”. En *Global Power Knowledge. Science and Technology in International Affairs*, editado por John Krige y Kai-Henrik Barth. *Osiris* 21 (2006): 25-48.

Instituto de Física. *Curriculum de la Física Nuclear Experimental*. México: Instituto de Física, UNAM, 1986.

Instituto Nacional de Estudios Históricos de la Revolución Mexicana. *Manuel Sandoval Vallarta. Homenaje*. México: Instituto Nacional de Estudios Históricos de la Revolución Mexicana, 1987.

Knorr-Cetina, Karin. *Epistemic Cultures: How the Sciences Make Knowledge*. Londres, Harvard University Press, 1999.

Knorr-Cetina, Karin. *La Fabricación del Conocimiento: Un Ensayo sobre el Carácter Constructivista y Contextual de la Ciencia*. Trad. Por María Isabel Tratta. Argentina, Universidad Nacional de Quilmes Editorial, 2005.

Krige, John. “Atoms for peace, Scientific Internationalism and Scientific Intelligence”. En *Global Power Knowledge. Science and Technology in International Affairs*, editado por John Krige y Kai-Henrik Barth. *Osiris* 21 (2006): 161-181.

Krige, John. “Spotlight on: Post-WW2 Transatlantic Science Policies. Building the Arsenal of Knowledge”. *Centaurus* 52 (2010): 280-296.

Latour, Bruno y Steve Woolgar. *Laboratory Life: The Construction of Scientific Facts*. Estados Unidos de América, Princeton University Press, 1986.

Lazo, Carlos. *Pensamiento y Destino de la Ciudad Universitaria de México*. México: UNAM, 1952.

León Gómez, Juan Andrés. “El reactor nuclear colombiano y la agencia de actores no humanos en los

estudios sociales de la ciencia”. *Revista Colombiana de Sociología* 23 (2004): 31-48.

Linares, Mercedes. *Murales*. México: UNAM, 1967.

Mazari, Marcos; Ignacio Castro, Fernando Alba y Mario Vázquez Reyna. “Espectrógrafo Magnético para el Estudio de Reacciones Nucleares”. *Revista Mexicana de Física* 1 (1957): 9-60.

Mazari, Marcos; Luis Velázquez y Fernando Alba. “Análisis Químico Empleando Protones con Energías de 1.5 MeV”. *Revista Mexicana de Física* 1 (1959): 1-16.

Mazari, Marcos; R. Domínguez, Alejandra Jáidar, Jorge Rickards, Gilberto López y María Esther Ortiz. “Q-Values of Nuclear Reactions in the Light Element Region” en *Proceedings International Conference on Nuclidic Masses*. Canadá: Hamilton, 1960.

Mazari, Marcos; Alejandra Jáidar, Gilberto López, Ariel Tejera, et. al. “Nuclear Reactions Measurements at the National University of Mexico” en *Proceedings 2nd International Conference on Nuclidic Masses*. Canadá: Hamilton, 1963.

Mazari, Marcos. “Los Métodos Magnéticos en la Física de Partículas Cargadas Desarrollada en México”. *Instrumentación y Desarrollo* 1 (1981): 20-86.

Miller, Clark A. “‘An Effective Instrument of Peace’: Scientific Cooperation as an Instrument of U. S. Foreign Policy, 1938-1950” en *Global Power Knowledge. Science and Technology in International Affairs*, editado por John Krige y Kai-Henrik Barth. *Osiris* 21 (2006): 133-160.

Monsiváis, Carlos. Prólogo en *José Chávez Morado*. México: Banco Internacional, 1989.

Nacional Financiera. *La Economía Mexicana en Cifras*. México: Nacional Financiera, 1974.

Ortiz, Eduardo L. “La Política Interamericana de Roosevelt: George D. Birkhoff y la Inclusión de América Latina en las Redes Matemáticas Internacionales”. *Saber y Tiempo* 15 (2003): 53-112.

Ortiz, María Esther; Jorge Rickards y Marcos Mazari. “Angular Distributions of the $^{19}\text{F}(\text{d},\text{p})^{20}\text{F}$ Reaction and Angular Momentum Assignments to Excited States of ^{20}F ”. *Nuclear Physics* 51 (1964): 361.

Palacio Montiel, Celia del. “La prensa como objeto de estudio. Panorama actual de las formas de hacer historia de la prensa en México”. *Comunicación y Sociedad* 5 (2006): 11-34.

Pani, Mario. *La construcción de la Ciudad Universitaria del Pedregal: Concepto, Programa y Planeación Arquitectónica*. México, UNAM, 1979.

Presidencia de la República. *50 Años de Revolución Mexicana en Cifras*. México: Nacional Financiera, Subgerencia de Investigaciones Económicas, 1963.

Rabotnikof, Nora. *En busca de un lugar común: el espacio público en la teoría política contemporánea*. México: UNAM, Instituto de Investigaciones Filosóficas, 2005.

Ramos Lara, María de la Paz (comp.) *Experiencia mexicana en aceleradores de partículas*. México, UNAM, 2004.

Ramos Lara, María de la Paz. “Los Ingenieros Promotores de la Física Académica en México (1910-1935)”. *Revista Mexicana de Investigación Educativa* 12 (2007): 1241-1265.

Rickards, Jorge. “Espectros Nucleares de F^{20} , O^{17} y O^{16} a partir de reacciones (d,p), (d, α) y (p, α) en F^{19} , empleando energías incidentes de 1.8 MeV”. *Revista Mexicana de Física* 1 (1960): 35-56.

Rickards, Jorge; María Esther Ortiz, Marcos Mazari. Fernando Alba, Jorge Dorantes y Luis Velázquez. “Técnica de doble espectrógrafo para el estudio experimental de distribuciones angulares de reacciones nucleares”, ponencia presentada en 4th *Inte-american Symposium and Peaceful Application of Nuclear Energy* en 1962.

Rickards, Jorge. “Vivencias de Jorge Rickards” en *Fernando Alba Andrade: el primer físico de la UNAM*, editado por Esbaide Adem, et. al., 59-66. México: Instituto de Física, UNAM, 2010.

Sandoval Vallarta, Manuel. “Don Manuel Sandoval Vallarta”. Conferencia sustentada en el *Congreso de la Sociedad Mexicana de Física*, Morelia, México, 17 de noviembre 1972.

Shapin, Steven y Simon Shaffer. *Leviathan and the Air-pump: Hobbes, Boyle and the Experimental Life*. New Jersey: Princeton University Press, 1985.

Strasser, Bruno J. “The Coproduction of Neutral Science and Neutral State in Cold War Europe: Switzerland and International Scientific Cooperation, 1951-69”. *Osiris* 24 (2009): 165-187.

Tejera, Ariel; Marcos Mazari, Alejandra Jáidar y Gilberto López. “Remedición de Valores Q_0 de Reacciones Nucleares entre los Elementos Ligeros”. *Revista Mexicana de Física* 4 (1961): 229-238.

Tibol, Raquel. *José Chávez Morado: Imágenes de Identidad Mexicana*. México: UNAM, 1980.

UNAM. *Memoria del Congreso Científico Mexicano*. Vol I Ciencias Físicas y Matemáticas. México: UNAM, 1953.

Wang, Jessica. *American Science in an Age of Anxiety. Scientists, Anticommunism and The Cold War*. Estados Unidos: The University of North Carolina Press, 1999.