



**UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLÁS DE
HIDALGO**

FACULTAD DE HISTORIA

**EL INICIO DE UN PARADIGMA. MANUEL SANDOVAL
VALLARTA; DE LA TEORIA CUÁNTICA Y FÍSICA
RELATIVISTA A LOS RAYOS CÓSMICOS 1925-1970.**

TESIS

PARA OBTENER EL TÍTULO DE LICENCIADO EN HISTORIA

PRESENTA:

MARCO ANTONIO DEL RÍO TOVAR

DIRECTOR DE TESIS:

JOSÉ ALFREDO URIBE SALAS

Morelia. Michoacán, febrero 2020



A mi madre y a mi padre Sujey Tovar y Marco Del Río por apoyarme y guiarme en este camino de mi vida y ser ejemplo mío y de mis hermanos, por ser los primeros en creer en nosotros.

A mi hermano y a mi hermana Omar Yahir y Dilaila Sujey, así como a mi abuela Bertha Juárez por su apoyo durante mi formación académica, por tolerar desvelos y prisas. A mi abuela especialmente por creer en cada una de mis locuras y siempre apoyarme.

A mis tíos Francisco Tovar, Anabel Tovar, Teresa Tovar y Pedro Tamayo que gracias a su apoyo económico y moral logré concluir mi proyecto universitario en la etapa más difícil.

A Sandra Yolanda Aburto Hernández por ser mi compañera en esta etapa, a quien le agradezco infinitamente por tolerar mis desvelos y cambios de humor en el proceso de mi carrera.

Al Doctor José Alfredo Uribe Salas y a la Doctora María Teresa Cortés Zavala por su motivación por confiar en mí y en este proyecto, así como ser pilares de inspiración en mi formación académica.

A mis amigos Fredy Méndez Pérez y Guillermo Méndez que les agradezco profundamente por acompañarme en mi carrera y darme la oportunidad de aprender con ellos dentro y fuera de la universidad.

Agradezco al cuerpo académico-47 historia y cultura (consolidado) vinculado a la LGAC historia de las ciencias y la tecnología que cultiva el Dr. José Alfredo Uribe Salas, al cual pertenezco como miembro asociado. Asimismo, agradezco la oportunidad por haber sido becario del proyecto de investigación “Historia de la ciencia en México: la historia natural y la ingeniería en México, siglos XVIII y XX”. A probado por la Coordinación de la Investigación científica de la UMSNH, 2019.

A la facultad de Historia y a mis maestros por forjarme como humanista durante mi carrera universitaria.

RESUMEN

Palabras Clave: Paradigma, ciencia normal, física teórica, física cuántica, rayos cósmicos.

La investigación está centrada en uno de los físicos mexicanos más importantes del siglo XX. Manuel Sandoval Vallarta; en la dualidad de trabajo de aplicación de conocimiento entre la física teórica y la física cuántica entre los años de 1925-1970; posterior como los factores externos e internos llevaron a Vallarta a la encrucijada del Paradigma de la cosmología y astrofísica sobre el tema de los rayos cósmicos, trabajo que desarrollo con Lemaître científico que desarrollo la teoría del Big Bang. Por otra parte, se realizó un análisis del trabajo institucional y la herencia científica que tuvo en México. De este modo las herramientas metodológicas están desarrolladas en la Historia de la ciencia utilizando la categoría conceptual de paradigma y ciencia normal de Tomas Samuel Kuhn para describir el impacto del trabajo de los rayos cósmicos de Vallarta.

ABSTRACT

Keywords: Paradigm, normal science, theoretical physics, quantum physics, cosmic rays.

The research focuses on one of the most important Mexican physicists of the 20th century. Manuel Sandoval Vallarta; in the duality of knowledge application work between theoretical physics and quantum physics between the years of 1925-1970; later as external and internal factors led Vallarta to the crossroads of the Paradigm of cosmology and astrophysics on the subject of cosmic rays, work that he developed with Lemaître scientist who developed the theory of the Big Bang. On the other hand, an analysis was made of the institutional work and the scientific heritage that it had in Mexico. In this way the methodological tools are developed in the History of Science using the conceptual category of paradigm and normal science of Tomas Samuel Kuhn for describe the impact of Vallarta's cosmic ray work.

Índice

Introducción:	6
Capítulo 1. Encuentro con la ciencia física. México, revolución, ciencia y Manuel Sandoval Vallarta.....	16
1.1: Sotero Prieto y el Joven Vallarta.....	18
1.2: Contexto histórico entre la ciencia física y Vallarta.....	23
1.3: Primeras relaciones de Manuel Sandoval Vallarta y la Academia Científica Mexicana.....	28
Capítulo 2. Relaciones Académicas, George Lemaître y Vallarta el inicio de un Paradigma.....	38
2.1 Manuel Sandoval Vallarta y su encuentro con la Física Relativista de Einstein.	39
2.2 Entre la Teórica Cuántica: análisis histórico de los artículos de Vallarta en la revista <i>The Physical Review</i>	42
2.3. Vallarta, una nueva perspectiva en los Rayos Cósmicos.	45
2.4. Lemaitre y Vallarta. Inicios de la teoría de los efectos geomagnéticos de tal radiación.....	50

2.5 Impacto en la comunidad científica Internacional.	65
Capítulo 3 Ciencia normal, comunidad científica mexicana y Vallarta.	68
3.1 Breve semblanza entre Vallarta y la física nuclear en México.	70
3.2 Nabor Carrillo y la búsqueda de la oportunidad atómica con Manuel Sandoval Vallarta.	76
3.3 Vallarta como artífice en la participación de México en la OIEA.	83
3.4 La Herencia de Vallarta.....	87
3.5 Humanismo científico de Einstein a Vallarta.	92
Conclusiones finales.	97
Fuentes consultadas.	101

Introducción.

La investigación que presentamos se enmarca en los estudios de la historia social y cultural de la ciencia en México que, desde hace más de tres décadas, se viene cultivando por un grupo de historiadores con el propósito de reconocer los trabajos y figuras que han destacado en el desarrollo de nuevos campos de conocimiento, así como en el proceso de institucionalización de diversas disciplinas científicas en el siglo XX.

En la tesis nos centramos en la figura de Manuel Sandoval Vallarta y sus contribuciones a la física moderna en México. Nos interesa destacar a Sandoval Vallarta como uno de los pioneros de esa disciplina, la importancia de su viaje a Estados Unidos como estudiante del Instituto Tecnológico de Massachusetts, sus cambios y transformaciones como científico en ciernes, así como la perspectiva científica moderna que lo transforma en la época en que emprende sus estudios en Europa y los modelos teóricos de que se hace eco.

Se parte de la tesis de que, en la primera mitad del siglo XX, fue cuando la física moderna como una de las ciencias denominadas exactas se encontraba fuertemente influenciada por el paradigma de la física newtoniana y la teoría de la relatividad y que, en medio de ese contexto, las contribuciones de Manuel Sandoval Vallarta, lo llevaron a colocarse como uno de las personalidades más importantes de la física en México y Latinoamérica.

El marco en que se genera la teoría de la relatividad fue útil al científico mexicano para explicar el contexto en que se inscribe el fenómeno de la gravedad y a partir de 1925, la existencia del átomo, la novedad de nuestro trabajo radica en determinar los descubrimientos de Sandoval Vallarta en la historia de la física mexicana y universal.

De acuerdo con diversos autores, en 1927, Manuel Sandoval Vallarta viaja a Europa para hacer estudios en Berlín. Fue en Alemania, en el centro de Física Mundial, en donde se relacionó más plenamente con el descubrimiento del modelo atómico. Desde la historia de la física como han subrayado quienes lo han historiado, intentamos mostrar la forma en que se integró a una nueva visión social del estudio de la naturaleza y a la explicación de los fenómenos entender el comportamiento desde la ciencia. La convivencia en Berlín y la ciudad de Munich con personalidades como Max Planck¹, Werner Heisenberg² y Niels Bohr³, así como las relaciones que mantuvo con Einstein y sus contribuciones a la física moderna, llevaron a Vallarta a afirmarse en los postulados de la relatividad, como intentaremos mostrar a lo largo de los

¹ Ernst Karl Ludwig Planck. Alemania, 1858-1947. Físico alemán que desarrolló su trabajo en los principios de la termodinámica, formulando la ley de la radiación que lleva por nombre la ley de Planck. Ver en: biografía y vida LA ENCICLOPEDIA BIOGRÁFICA EN LÍNEA <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/p/planck.htm>. (consultado el 16 de octubre de 2019)

² Werner Carl Heisenberg. Alemania, 1901-1976. Físico alemán que desarrolló el principio de incertidumbre y estratificó la mecánica cuántica. Ver en: biografía y vida LA ENCICLOPEDIA BIOGRÁFICA EN LÍNEA <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/h/heisenberg.htm>. (consultado el 16 de octubre de 2019)

³ Niels Bohr. Copenhague, 1879-1962. Físico considerado como una de las figuras más deslumbrantes de la física contemporánea por sus aportaciones a la física atómica con su trabajo del modelo atómico. Ver en: biografía y vida LA ENCICLOPEDIA BIOGRÁFICA EN LÍNEA <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/b/bohr.htm> (consultado el 16 de octubre de 2019)

distintos capítulos de la tesis. La reflexión y el pensamiento crítico que mantuvo el físico mexicano, a lo largo de su trabajo como científico lo condujeron hacia la física cuántica y más tarde, a hacer sus propias contribuciones sobre los rayos cósmicos.

Es importante señalar que una de las mayores dificultades que se tuvieron que enfrentar en el desarrollo de la tesis, fue la falta de bibliografía especializada. Literatura que nos apoyará en la reflexión de la figura de estudio, su proceso formativo, sus relaciones familiares y los cambios que a lo largo de las distintas etapas en que dividimos su vida, contribuciones y actuar, fuimos definiendo como parte de la estructura del trabajo. La tesis se sustenta entonces en un aparato crítico básico, del cual intentamos sacar el mayor beneficio al momento de pensar históricamente en la figura y desempeño de Sandoval Vallarta, quien cuando retornó con un amplio reconocimiento a México, supo retribuir en cada uno de sus actos y las personas a las formó, el trabajo y esfuerzo que implica la institucionalización de un saber científico.

A pesar de las limitaciones señaladas definimos la investigación en tres objetivos, de los cuales derivan los capítulos que dan cuerpo a la tesis.

1. Ubicar la figura de Manuel Sandoval Vallarta en el marco del desarrollo de la física durante el primer periodo de reconstrucción de la vida social y educativa del México posrevolucionario. Nos interesa analizar su

contexto familiar, los espacios de estudio, sus primeras influencias académicas y su forma de incorporarse a la Academia Mexicana de Ciencias.

2. Analizar los círculos de estudio, relacionales académicas que establece Sandoval Vallarta, los grupos a los que se adhiere, las diversas instituciones por donde transita, las teorías científicas que transforman su personalidad y las diversas tesis y paradigmas que lo impulsan hacia el descubrimiento de los rayos cósmicos.
3. Descubrir, a partir de la personalidad de Manuel Sandoval Vallarta, los diversos niveles por los que transita el desarrollo de la física en México en la primera mitad del siglo XX y su contribución a la física nuclear, tanto en el desarrollo de la ciencia, como en la constitución del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) al interior de la Organización de las Naciones Unidas (ONU). Nos proponemos identificar los momentos de creación y establecimiento de una comunidad científica en esta disciplina, el impacto de la práctica científica de la física, y en especial de lo que tiene que ver con la física nuclear. Damos seguimiento a Nabor Carrillo⁴, como ejemplo de la

⁴ Nabor Carrillo, Flores, México, 1911-1967. Nabor Carrillo fue uno de los pioneros de la física nuclear en México con formación en la carrera de ingeniería civil y un doctorado en ciencias por la Universidad de Harvard. Ver en: Semblanza Dr. Nabor Carrillo Flores <https://www.smig.org.mx/acerca-de/semblanza-dr-nabor-carrillo-flores/semblanza-dr-nabor-carrillo-flores.php> (consultado el 16 de octubre de 2019)

tradición y herencia de estudio que sembró Vallarta en la física nuclear en México.

Bajo esas intenciones académicas, elaboramos la siguiente hipótesis de trabajo, a partir de la cual delineamos la propuesta metodológica, la estructura capitular, el marco conceptual y las fuentes posibles de consulta.

De acuerdo con su formación, las instituciones académicas y científicas en que estudió, los círculos científicos de amigos y profesionales con quienes entró en contacto y mantuvo una permanente comunicación a lo largo de su vida, como el MIT, determinaron la personalidad, hallazgos de Manuel Sandoval Vallarta en el campo de la física, así como sus aportaciones a la teoría cuántica, la física relativista y las contribuciones que en materia de los rayos cósmicos pudo articular en los años de 1925 a 1970, al colaborar con Lemaître y Arthur Holly Compton⁵, posteriormente por Alfredo Baños y Marcos Moshinsky. Igualmente sostenemos que Sandoval Vallarta en México es uno de los pioneros en la física nuclear, al incorporarse desde su primer viaje a Berlín a la teoría de la relatividad y los paradigmas sostenidos por Einstein.

⁵ Arthur Holly Compton. Wooster, Estados Unidos, 1892-1962. Físico estadounidense pionero en la teoría explicativa de los rayos cósmicos y posteriormente físico en la teoría cuántica. Ver en: biografía y vida LA ENCICLOPEDIA BIOGRÁFICA EN LÍNEA <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/c/compton.htm> (consultado el 16 de octubre de 2019)

Cuando Einstein llega a EE. UU, en el año de 1928 la Universidad de Princeton lo invita a dar clases y a desarrollar su investigación en la cual inicia un trabajo en colaboración con Nathan Rosen⁶ y Boris Podolsky⁷ y su finalidad era dar una crítica al modelo cuántico, la investigación llevó por nombre *La paradoja E.P.R.*⁸ En ese mismo año, Vallarta visitó la Universidad donde se reencontró con Rosen, ambos desarrollaron una pequeña crítica a la teoría de la relatividad especial de Einstein.

A su regreso de la Universidad de Princeton, Manuel Sandoval Vallarta se dedicó nuevamente a sus investigaciones en el MIT, además de ello estuvo en constante comunicación con la Universidad Nacional y con la academia Antonio Alzate donde tomaba algunos veranos de investigación, es importante mencionar que en la academia uno de los matemáticos que impartía los seminarios era Sotero Prieto quien fue uno de sus profesores en la preparatoria Nacional.

Iniciando los primeros años de la década de los treinta, Vallarta se integra al tema de los rayos cósmicos por invitación de Compton que

⁶ Nathan Rosen. Estados Unidos de Norteamérica, 1909-1995. Físico teórico israelí que refutó la teoría de la mecánica cuántica y colaboró en la paradoja E.P.R. Ver en: Enciclopedia Británica <https://www.britannica.com/biography/Nathan-Rosen>. (consultado el 16 de octubre de 2019)

⁷ Boris Podolsky. 1896-1966. Físico teórico que refutó la mecánica cuántica y colaborador de la paradoja E.P.R. Ver en: <https://www.britannica.com/topic/philosophy-of-physics/Nonlocality#ref1051269>. (consultado el 16 de octubre de 2019)

⁸ L. de la Peña y A.M. Cetto, "Clásicas paradojas por ortodoxos cuánticos: los teoremas de EPR y de BELL", *Revista Mexicana de Física*, No. 23, septiembre 1974, pp. 39-48.

disputaba con Robert Andrews Millikan⁹ una teoría que explicara el comportamiento de los rayos cósmicos.

La metodología de la investigación que nos ayudó a describir las interrogantes, está basada en el modelo que desde la historia de la ciencia ha elaborado Thomas Samuel Kuhn, en su ensayo: *La estructura de las revoluciones científicas*. Este libro fue vital para entender el fenómeno científico en el cual se vio inmerso Manuel Sandoval Vallarta. A partir de allí se trabajó el concepto de paradigma¹⁰ y ciencia normal. Entendiendo como paradigma todo aquel conjunto de normas que son necesarias para establecer un trabajo o teoría dentro de la ciencia que está imperando en ese momento, teniendo en cuenta que el mismo paradigma es de vital importancia para la transición hacia la ciencia normal; cuando hablamos del concepto de ciencia normal, se entiende bajo la idea de Kuhn como una actividad que tiene como tarea principal resolver los problemas que ya se establecieron por el paradigma. En el conjunto de problemas encontramos los de naturaleza teórica como experimental. De esta manera entendemos que el trabajo de Vallarta de los rayos cósmicos y el impacto en la comunidad científica

⁹ Robert Andrews Millikan, Morrison, 1868-1953. Físico estadounidense de origen escocés que centró sus estudios en los inicios de la física cuántica con el trabajo fotoeléctrico de Einstein y posteriormente, centraría sus estudios en los rayos cósmicos. Ver en: biografía y vida LA ENCICLOPEDIA BIOGRÁFICA EN LÍNEA <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/m/millikan.htm> (consultado el 16 de octubre de 2019)

¹⁰ Kuhn T.S, *La estructura de las revoluciones científicas*, México: Fondo de Cultura Económica, 1971, pp. 80-92

internacional estuvo encaminado a un paradigma en la física moderna del siglo XX.

La justificación del tema de investigación representa el esfuerzo de establecer un estudio multidisciplinar, pues partimos del estudio de la conformación de la ciencia en México en el siglo XX, como parte de un proceso que se inscribe en diversos momentos históricos. Por otra parte, al explicar a un artífice de la física nuclear como Manuel Sandoval Vallarta implica un análisis en diversos niveles de trabajo. La parte institucional y las aportaciones académicas del sujeto de estudio, así como tomar en consideración a los diversos actores que a su alrededor lo acompañaron, lo enriquecieron y con los cuales mantuvo una intensa relación. Desde la historia social y cultural, la investigación pretende aportar un grano de arena al análisis histórico del quehacer profesional y científico de Sandoval Vallarta en relación a las grandes figuras de la física que estuvieron inmersos en los paradigmas científicos de la teoría de la relatividad y el desarrollo de la física nuclear en México, pero también pretende colocar a ese pionero en su momento histórico y en las condiciones económico políticas por las que atravesaba la institucionalización de una disciplina en nuestro país.

La estructura de la investigación está conformada por tres capítulos en los que se hace un análisis para mostrar la veracidad de la hipótesis de trabajo y en el cumplimiento de los objetivos trazados.

En el primer capítulo se muestra la vida y obra de Vallarta, la intensa relación personal y profesional que mantuvo con quien fuera su primer maestro. Nos referimos a Sotero Prieto su profesor, y cómo Sotero fue parte fundamental en su progreso. Posteriormente se hace el análisis de la llegada de Vallarta al MIT donde incursiona en la física moderna de manera activa. Nos detenemos en la forma en que incursiona con la comunidad científica mexicana.

El segundo capítulo describe las actividades que realizó el desarrollo de su trabajo en la revista *The Physical Review*, en donde se rastrea su evolución académica desde su incorporación a las corrientes de la física teórica a la física cuántica y poco después, su desarrollo en los Rayos Cósmicos. En este sentido se desarrolla la relación académica con Einstein, Heisenberg, Lemaitre, Compton y Nabor Carrillo, relaciones académicas que fueron de vital importancia para desarrollar la ciencia física en México.

El tercer capítulo hace una breve semblanza de la institucionalización de la física moderna en México y la herencia de Vallarta en la institucionalización de esa disciplina. Se aborda la incursión de nuestro personaje en la física

nuclear a nivel nacional con la formación de la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN), y a nivel internacional en la Organización de las Naciones Unidas (ONU) y en su cuerpo auxiliar para la paz, el Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA), de donde derivan las políticas que en materia de administración sobre ese tipo de energía se sustenta.

Capítulo 1. Encuentro con la ciencia física. México, revolución, ciencia y Manuel Sandoval Vallarta

Dentro de las grandes mentes que innovaron y revolucionaron la ciencia encontramos varios promotores, desde Aristarco de Samos¹¹ y Pitágoras¹² hasta Albert Einstein y Stephen Hawking. Lo primero que se nos viene a la mente es entender qué circunstancias tuvieron que pasar para dar tan magníficos pensamientos. Basta con voltear atrás y ver lo que nos ha preparado la historia.

La historia de la ciencia nos ha enseñado a entender este tipo de eventos; los profesionales de la ciencia, los paradigmas y la llamada ciencia normal, y otros factores externitas e internistas; lo interesante de estos conceptos es la capacidad de análisis y debate teórico que podemos utilizar para entender un acontecimiento histórico científico y desarrollarlo en puntos de áreas específicas.

¹¹Aristarco de Samos, (Samos, actual Grecia, 310 a.C. – Alejandría, actual Egipto, 230 a.C.) Astrónomo y Físico griego que desarrolló los estudios en la medición de la distancia al sol y la luna.

Aristarco de Samos formuló por primera vez la Teoría heliocéntrica que más tarde Copérnico desarrollaría en el siglo XVI. Ver en: biografía y vida LA ENCICLOPEDIA BIOGRÁFICA EN LÍNEA <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/a/aristarco.htm> (consultado el 20 de octubre de 2019)

¹² Pitágoras, (Isla de Samos, actual Grecia, h. 572 a.C. – Metaponto, hoy desaparecida, actual Italia, h. 497 a.C) Filósofo y matemático que desarrolló uno de los teoremas más conocidos en el mundo: *teorema de Pitágoras*. Ver en: biografía y vida LA ENCICLOPEDIA BIOGRÁFICA EN LÍNEA <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/p/pitagoras.htm> (consultado el 20 de octubre de 2019)

Este capítulo es un análisis del desarrollo de una investigación sobre una de las grandes mentes en el desarrollo de la ciencia física y la cosmológica. Hablamos de, Manuel Sandoval Vallarta, científico mexicano que a lo largo de su vida se reinventa así mismo, y de igual manera las áreas donde incursiona como la física y cosmología. Vallarta nace en México el 11 de febrero de 1899, en la calidez de una familia prominentemente acomodada donde le permite en sus primeros años tener una buena educación. En su juventud inicia los estudios en la Escuela Nacional,¹³ en un contexto social poco alentador en los años más duros de la revolución mexicana, pero a pesar de ello no fue impedimento para incursionar en el mundo de las matemáticas y la física tomando cursos fuera de clases en la misma preparatoria. Una variable externista de importancia, que va marcar el rumbo científico del joven Vallarta, es la filosofía positivista que estará presente en la preparatoria nacional, llevada a cabo por Gabino Barreda.¹⁴

Una vez más las condiciones sociales y políticas que atravesaba México, llevaron a Vallarta a una encrucijada al tomar una decisión con su carrera; la primera, al salir de la preparatoria nacional es retomar sus estudios en la

¹³ Olvera A. Miguel, Silva M. Jorge J. "Dr. Manuel Sandoval Vallarta, su vida, su trabajo y su invaluable aportación para la ciencia en México", Boletín UPIITA 19, <http://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/cultura/330-cultura-numero-19/732-dr-manuel-sandoval-vallarta-su-vida-su-trabajo-y-su-invaluable-aportacion-para-el-desarrollo-de-la-ciencia-en-mexico>. (consultado el 20 de octubre de 2019)

¹⁴ Tamayo Pérez, Ruy, *Historia General de la Ciencia en México en el siglo XX*, México, Fondo de Cultura Económica, 2005, p. 19.

Universidad de Cambridge, pero lamentablemente Europa atravesaba la gran guerra, problema que llevó a la familia a negarle el apoyo para estudiar del otro lado del Atlántico. La fortuna del joven Vallarta se encontraba en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), donde ingresa en 1917 en el departamento de ingeniería, en el cual tiene sus primeros acercamientos con las innovaciones en la física relativista de Einstein y la teoría cuántica de Planck y de Niels Bohr; inclinándolo nuevamente a la investigación en la física.

1.1: Sotero Prieto y el joven Vallarta

Al hablar de la ciencia en México durante la revolución, es necesario resaltar que la evolución institucional que tenía la ciencia se fue desarrollando en diferentes áreas en el caso de la física tuvo altibajos ya que, no había una institucionalización como tal, caso contrario con otras áreas de la ciencia. Con ello no significa que la física y la matemática no estuvieran presentes en el panorama científico, ya que existían algunos profesores que se desempeñaban en la difusión de las ciencias exactas y las teorías revolucionarias que llegaban de Europa

Cuando entendemos el desarrollo de la ciencia física mexicana, inmediatamente se nos viene a la mente pioneros que fueron cruciales en la

enseñanza de las ciencias exactas. Sotero Prieto Rodríguez se convirtió en uno de los precursores en la enseñanza de estas áreas desde la preparatoria nacional y la trascendencia que va a tener en la universidad nacional por su participación destacada como profesor y que lo lleva a constituir aportaciones de trascendencia. Por consiguiente, la labor de este personaje tiene dos impactos fundamentales en el desarrollo de la ciencia física y matemática en el país. La primera idea de Sotero Prieto muestra a la matemática de una forma tan pura en un ambiente donde carecía de una explicación, ya que, la matemática en ese contexto científico mexicano se utilizaba como herramienta de otras ciencias auxiliares. La segunda variable es su actividad como docente y el impacto de forma directa cualitativa que va a tener en estudiantes que más tarde serán los que formen las primeras cátedras en institutos de física y matemática; por ejemplificar, los casos particulares de Carlos Graef y Manuel Sandoval Vallarta.¹⁵ Resulta interesante ver el impacto directo que tiene el caso de Manuel Sandoval Vallarta, ya que fue uno de los grandes discípulos de él y lo describía así:

La historia del desarrollo de las matemáticas y la física en las últimas décadas arranca con la labor de Sotero Prieto, un gran maestro y un gran hombre. Aun que él apenas publicó trabajos originales, pues

¹⁵ Domínguez, Raúl y Lozano Joaquín, "Sotero Prieto y la enseñanza de las matemáticas en la Universidad Nacional", En *La saga de la ciencia mexicana*, México, UNAM, 2011, pp. 133-143.

durante toda su muy breve vida estuvo dedicado con altruismo sinigual a las labores de la docencia, inflamó la imaginación de un grupo de estudiantes jóvenes y les imbuyó el ansia de realizar investigaciones originales. Y lo que es más importante aún, les enseñó a pensar con precisión, con profundidad, con claridez y honradez.

Aquellos de nosotros que tuvimos la buena fortuna de ser sus alumnos, los que después tuvimos el privilegio de estudiar en las universidades de Estados Unidos o Europa, siempre Honraremos su memoria como la calidad del hombre que nos inculcó la calidad del esfuerzo, el respeto profundo por la verdad y las normas rigurosas que se exigen del que quiere embarcarse en una carrera de investigación científica. El talento de Prieto para seleccionar al alumno brillante y excepcional no tenía igual. A él dedicaba particularmente su atención, la atención de un hombre cuya pasión era la enseñanza. Así, no es ningún accidente que tengamos hoy en México un grupo de Matemáticos y físicos que ya han demostrado su calidad en la investigación, lo que es todavía más importante, ellos a su vez están preparando jóvenes brillantes que asimismo enseñarán a otras generaciones.¹⁶

¹⁶ Mondragón, Alfonso y Barnés, Dorotea, *Manuel Sandoval Vallarta: Obra científica*, México, UNAM- Instituto Nacional de Energía Nuclear, 1978, p. 585.

Tenemos que ser claros, ya que al referirnos de Sotero Prieto no es solamente hablar de un personaje de la ciencia mexicana, sino hablamos de un artífice principal que ayudó a la transformación de la física mexicana. Como ya lo mencionó Manuel Sandoval Vallarta, cuando se entiende el contexto histórico que vivió Sotero Prieto a mediados de 1912, entendemos así, que la profesionalización del matemático y del físico no se entendía la función real en México, por lo que no suena desventurado decir que Sotero fue uno de los primeros matemáticos del XX en el país que contribuyó en la formación de estudiantes de calidad en el área exacta y posteriormente en la formación de una academia matemática, ejemplificando una de las grandes aportaciones que se rescata es el estudio en la teoría de funciones analíticas que lo llevaría hacer el primer matemático mexicano que desarrolla estudios en esta área.¹⁷

A medida que iba avanzando el trabajo científico de Sotero Prieto, y la incursión en las matemáticas en la parte teórica, fue el punto de anclaje con Vallarta quien se hace uno de sus mentores al ver el entusiasmo de Sotero Prieto como matemático y divulgador de la teoría Relativista de Einstein, interés que lo lleva a publicar una serie de ensayos en la revista *El maestro* en 1921-1923, mostrando el interés que tenía por el desarrollo de la ciencia mexicana.¹⁸ Más tarde, el ingeniero Sotero fue invitado al Congreso de la

¹⁷ Prieto de Castro, Carlos, "Sotero Prieto Rodríguez", *Miscelánea Matemática*, 2013, p. 57.

¹⁸ Prieto de Castro, Carlos, 2013, p. 142.

Unión Matemática Internacional en la ciudad de Roma, Italia, en el año de 1922, donde empezó a poner en comparación el desarrollo científico que se había atajado en México en las primeras décadas del siglo XX, con otras Universidades internacionales, así que, en colaboración con otros profesores empezaron a incentivar seminarios especializados en física y matemática; uno de sus grandes colaboradores fue, Nápoles Gándara, con quien fundaron el seminario de temas de física y matemáticas, que más tarde fue bautizado con el nombre de Manuel Sandoval Vallarta.

Hacia el año de 1935 muere el ilustre matemático y a partir de ese momento estaba a punto de iniciarse dos acontecimientos interesantes para el desarrollo de la ciencia de nuestro país, la creación de la Facultad de Ciencias y el Instituto de Matemáticas en la Universidad Nacional, todo esto no fue posible sin el legado intelectual de una mente que luchó en un contexto de incertidumbre social como fue la revolución y que encontró su refugio en la ciencia, además de ser un gran divulgador y docente empedernido que no se cansó de dar la luz del conocimiento a todo sus estudiantes y ser de gran inspiración a las nuevas mentes que siguieron el legado de la historia de la física y matemática en México.

1.2: Contexto histórico entre la ciencia física y Vallarta

Las primeras décadas del siglo XX la física estaba atravesando por un paradigma científico, donde se debatían dos grandes ideas; la Teoría Relativista de Einstein y la Teoría Cuántica de Planck y de Schrödinger; en este panorama científico entraba una comunidad científica a replantearse nuevas perspectivas de ver el universo y nuevas formas de interpretación, la visión astronómica, astrofísica y cosmológica. Desde luego, las ideas reformadoras de la física recorrieron el mundo llegando a la comunidad científica mexicana, que tuvo gran aceptación por algunos docentes de la preparatoria nacional, que motivados por los grandes desarrollos empezaron a realizar cursos especializados fuera del tronco común. Como era de esperarse el joven Vallarta inició los cursos a cargo del Ingeniero Sotero, una vez terminada la preparatoria estaba con todo el interés de formar parte de la Universidad de Cambridge, motivado a ello por los avances en la rama de la física que estaban despuntando en Europa. Lamentablemente la primera guerra mundial estaba en su pleno desarrollo, y uno de los impactos fue en el campo de la ciencia con su relación en los temas bélicos.

Desde ese momento, el padre de Vallarta, Pedro Sandoval Gual, motivándolo a seguir con sus estudios superiores, le muestra las opciones de la Universidad de Harvard y el Instituto Tecnológico de Massachusetts, fue ahí

donde el joven Vallarta ve una oportunidad de seguir y elige uno de los institutos con más prestigio por el desarrollo científico que estaba teniendo el MIT desde el campo de la física. En el año de 1917 inicia los cursos en la carrera de Ingeniería eléctrica, donde obtuvo su título en el año de 1921; encaminado por la pasión científica inició su doctorado en Ciencias con la especialidad en Física y Matemáticas, y con la experiencia que había obtenido como asistente de investigación con el profesor Vannevar Bush¹⁹ obteniendo su grado en el año de 1924. Inició su investigación en el campo de la física teórica y aproximaciones a la teoría relativista, y estuvo inmerso en investigaciones en el campo de las estructuras atómicas, el resultado se vio reflejado en su tesis doctoral con el tema *El modelo atómico de Bohr desde el punto de vista de la relatividad general y el cálculo de perturbaciones*.

Justamente en este momento la historia de la ciencia estaba empezando una etapa de *ciencia normal*, llamada era atómica, ya con los descubrimientos de Ernest Rutherford²⁰ con el modelo atómico, el neutrón con James Chadwick²¹, y que de igual manera se estaba estructurando la

¹⁹ Vannevar Bush, (Nacido el 11 de marzo de 1890 – falleció en 1974 en Massachussets, EE. UU) Ingeniero eléctrico y diseñador de computadoras analógicas además de ser profesor en el MIT. Ver en: <https://www.britannica.com/search?query=Vannaver+Bush> (consultado el 20 de octubre de 2019)

²⁰ Ernest Rutherford, (Nelson, Nueva Zelanda, 1871 - Londres, 1937) Físico y químico británico que desarrolló los primeros modelos a la estructura atómica, logró clasificar los rayos X entre alfa, beta y gamma, además descubriría la partícula con carga negativa que tiene por nombre electrón. Ver en: Biografías y Vidas LA ENCICLOPEDIA BIOGRÁFICA EN LÍNEA <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/r/rutherford.htm> (consultado el 20 de octubre de 2019)

²¹ James Chadwick, (Manchester, 1891 - Cambridge, 1974) Físico inglés que descubrió el neutrón y fue galardonado con un premio Nobel de Física en 1935 y colaborador en la formación de un

mecánica cuántica con los modelos de Bohr, Paul Dirac²² y Erwin Schrödinger²³ con lo que más tarde se daría paso a la estructura atómica. Con este breve contexto podemos ver que el tiempo de Vallarta y los más grandes desarrollos de la física siempre estuvieron relacionados.

Corriendo el año de 1925 la Revista *The physical review* en el *journal of physics and mathematics* fueron testigos de los resultados del trabajo de investigación en el área de la mecánica cuántica, algunas reseñas y entendimientos de la física relativista y de igual manera, del inicio de los estudios del joven Vallarta. En el caso de Vallarta, esto catapultó a que a una edad muy temprana iniciaba su producción académica con trabajos innovadores y rigurosos que lo hacían el joven investigador más importante de México y de las mentes más privilegiadas del MIT. Mientras tanto, en Europa en los años de 1925 a 1935, diferentes universidades comenzaban a especializarse en el comportamiento de los átomos y cómo funcionaba la naturaleza en diferentes fuerzas; desde la fuerza nuclear débil, fuerza nuclear

ciclotrón con Rutherford. Ver en: Biografías y Vidas LA ENCICLOPEDIA BIOGRÁFICA EN LÍNEA <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/c/chadwick.htm> (consultado el 20 de octubre de 2019)

²² Paul Dirac, (Bristol, Reino Unido, 1902 - Tallahassee, Estados Unidos, 1984) Físico británico que desarrolló la teoría que ayuda a entender el comportamiento del movimiento de las partículas atómicas y desarrolló la teoría cuántica de la radiación o la mecánica estadística que lleva por nombre Fermi Dirac. Ver en: Biografías y Vidas LA ENCICLOPEDIA BIOGRÁFICA EN LÍNEA <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/d/dirac.htm> (consultado el 2 de noviembre de 2019)

²³ Erwin Schrödinger, (Viena, 1887 - id., 1961) Físico austriaco que contribuyó en el desarrollo de la mecánica cuántica y compartió un Nobel en Física en 1933 con Paul Dirac su trabajo en la mecánica cuántica se destacó por la mecánica cuántica ondulatoria y el desarrollo en su ecuación que describe la superposición cuántica. Ver en: Biografías y Vidas LA ENCICLOPEDIA BIOGRÁFICA EN LÍNEA <https://www.biografiasyvidas.com/biografia/s/schrodinger.htm> (consultado el 2 de noviembre de 2019)

fuerte, la gravedad y el electromagnetismo. Uno de los bastiones en el conocimiento de la física aplicada fue la Universidad de Berlín. En 1927 se le otorga la beca de la fundación Guggenheim, oportunidad que cambiaría la perspectiva académica y le otorgaría entrar a la discusión de los temas más sobresalientes que giran en torno a la ciencia normal y que habían generado tal paradigma en el campo de la física de Einstein y Plank. La ciencia que estaba ante los ojos de Sandoval Vallarta le permitió que sus mismos maestros fueran aquellos artífices con los cuales tuvo una estrecha relación académica y sin duda de amistad, tomando clases de mecánica cuántica con Max Plank, de física teórica con Einstein y teoría electromecánica con Erwin Schrödinger²⁴ que estaba innovando en la reestructuración de la mecánica cuántica. Cerrando el año de 1927 Vallarta tiene la oportunidad de colaborar en pequeñas investigaciones sobre mecánica cuántica en la forma más pura matemáticamente conocida hasta ese momento con Werner Heisenberg, y dos jóvenes brillantes que más tarde serían parte fundamental en la historia de la física como lo eran Johan Von Neumann y Eugen Wigner.

A finales de 1928 Manuel Sandoval Vallarta inicia su trabajo como profesor auxiliar en el MIT, donde tiene un amplio conocimiento ya sobre la forma métrica de la investigación sobre la física teórica y física aplicada,

²⁴ Mondragón, Alfonso, "Manuel Sandoval Vallarta", *Revista de Ciencias* No. 53 enero-marzo de 1999, p. 33.

iniciando publicaciones en revistas especializadas en colaboración con Nathan Rosen, amigo y colega al cual le dirigiría su tesis para obtener el grado de maestría. De los trabajos más destacados de Vallarta y Rossen se encuentran análisis sobre la teoría unificada que había hecho Einstein entre los años de 1915-1918. Manuel Sandoval Vallarta estaba convencido en la crítica y la discusión sobre el paradigma que había generado la teoría de la relatividad y las afirmaciones de Einstein sobre tener una sola teoría que describiera el comportamiento del universo. El físico Norbert Wiener se sumó al debate sobre la idea de analizar nuevamente la teoría unificada y las propuestas sobre la gravedad cuántica que había estado en la mesa de análisis en la cual Vallarta estaba integrado.²⁵

Una de las más grandes aportaciones de estudio se vio reflejado en el impacto que tuvo en el trabajo de Einstein, Podolsky y Rosen, en el cual se realizó una crítica directa a la teoría cuántica. Las observaciones que realizaron Vallarta y de Rosen, fortaleció las relaciones de Einstein y Vallarta. El trabajo de estos tres físicos se efectuó en la estancia de investigación en la Universidad Princeton en el Instituto de Estudios Avanzado.²⁶

²⁵ Mondragón, Alfonso, 1999, p. 34.

²⁶ L. de la Peña y A.M. Cetto, 1974, pp. 39-48.

1.3: Primeras relaciones de Manuel Sandoval Vallarta y la academia científica mexicana

La relación de Vallarta y la Física en México tiene un trasfondo histórico interesante, desde los primeros años de formación de Vallarta en la preparatoria nacional, que posteriormente se vio reflejado entre los años de 1921 y 1925, en cada temporada vacacional Vallarta asistía al seminario de Física y Matemáticas que impartía uno de sus mentores, el ingeniero Sotero Prieto en la Escuela de altos Estudios y en las sesiones de la Sociedad Científica José Antonio Álzate.²⁷ Desde esos años Vallarta estuvo inmerso en la comunidad científica de manera que el protagonismo que fue tomando lo llevó a ocupar diferentes puestos en instituciones de investigación; de igual forma, fue parte fundamental en el proceso de institucionalización de la Física Nuclear en México.

Los años que van de 1939 hasta 1970 fueron de gran productividad para Vallarta y la comunidad científica mexicana. Una vez que el gobierno del presidente Ávila Camacho diera el impulso a la ciencia y la tuviera como eje conductor en el desarrollo, las instituciones en el área de la física como el Instituto de Física, que estaba desde el año de 1938, y la Facultad de Ciencias

²⁷ Olvera A., Miguel y Silva M. Jorge j. "Dr. Manuel Sandoval Vallarta, su vida, su trabajo y su invaluable aportación para el desarrollo de la ciencia en México", Departamento de Ciencias Formación Básica IPN, <http://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/cultura-numero-17/732>. (consultado el 2 de noviembre de 2019)

en la Universidad Nacional, empezaron un proceso de evolución institucional, si bien algunos de estos espacios carecían de mejoras como lo fue el caso del observatorio de Astrofísico de Tonazintla.²⁸ Uno de los grandes retos que tenía la comunidad astronómica en el país era trabajar con la carencia de equipo y personal capacitado para el manejo del observatorio, tampoco había alguna institución capaz de generar científicos en la astronomía y lo más cercano que se tenía era la facultad de ciencias que estaba en un proceso de formación de científicos mexicanos que apenas incursionaban en esta parte de la ciencia aplicada; reflejando así el desbalance institucional con las exigencias del desarrollo científico que se estaban fraguando.

Las necesidades institucionales de la ciencia empezaron a rendir frutos y para el año de 1943, la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica²⁹ (CICIC) que pertenecía al Colegio Nacional. La Sociedad Matemática Mexicana, junto con la sociedad de Física Mexicana, con ayuda de científicos donde estaba Vallarta participando, iniciaron un proceso de articulación y trabajo en conjunto para dar fuerza a la CICIC.

²⁸ *EL Nacional*, 15 de noviembre de 1947; para mayor información véase Bartolucci, Jorge, *La modernización de la ciencia en México. El caso de los astrónomos*, México, Centro de Estudios sobre la Universidad, Universidad Nacional Autónoma de México / Plaza y Valdés Editores, 2000; Cruz Manjarrez, Héctor, *Reseña histórica del Instituto de Física, primera etapa, 1938-1953*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1975, p. 7.

²⁹ El 31 de diciembre de 1942 se publica en el *Diario Oficial*, el decreto sobre la creación de la CICIC.

Uno de los factores externos que ayudaron a la articulación científica y que favoreció en gran medida el desarrollo científico fue el giro que dio la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica. La nueva política estuvo dirigida a articular y sistematizar la investigación científica por áreas del conocimiento viendo así la aplicación del conocimiento en cosas sobre desarrollo industrial y agroindustrial, de igual manera, en reorganizar los campos de aplicación en las ciencias naturales y exactas en las partes teóricas; todo ello con una finalidad, que era atender o evitar la fuga intelectual que se estaba gestando a nivel internacional en el contexto de la Segunda Guerra Mundial. Las acciones de la comisión repararon en puntos claros, como formular un programa de investigación científica acorde a las necesidades y posibilidades del país:

- Fundar, sostener y fomentar la investigación en laboratorios e institutos (ya establecidos o, en su caso, creando nuevos).
- Colaborar con empresas industriales y agrícolas, para resolver problemas específicos de sus campos y beneficiar así su productividad.
- Fomentar la ciencia pura (en y con laboratorios e instituciones) que se considerara de importancia para el país.
- Reorientar la actividad científica con fines bélicos cuando así lo requiera el gobierno.

- Centralizar los resultados de las investigaciones científicas, publicarlos y difundirlos, otorgar subsidios y becas, apoyar bibliotecas, cooperar con las instituciones para la formación de docentes, investigadores y técnicos, entre otras.³⁰

En ese contexto Manuel Sandoval Vallarta, como vocal de la CICIC, reiteró en diversas ocasiones la importancia de que cada vocal dejara en manifiesto que el desarrollo de la ciencia en México tenía que atender las necesidades del país³¹; que la comunidad científica mexicana trabajara con la mayor libertad científica en diferentes áreas de aplicación en beneficio de la sociedad.³² Con el trabajo de vinculación y el desarrollo de conocimiento de jóvenes investigadores en instituciones como la Universidad Nacional y el Politécnico Nacional, Vallarta incentivaba al CICIC en la cooperación con la investigación universitaria y en establecer programas de desarrollo.

Lamentablemente la CICIC empezó perder un poco de estructura y seguimiento en el tema de becas que estaban destinadas, dejando abiertos diferentes vínculos con Universidades Norteamericanas entre ellas Princeton y el MIT de igual manera otra variable no menos importante fue la

³⁰ Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica, *Estatutos*, México: (s.p.i.), 1943, p. 57.

³¹ Comisión Impulsora..., op. cit; Casas, op. cit., p. 38. La designación de los Vocales de la CICIC se estableció en la ley transitoria del 17 de diciembre de 1942 y fue publicada en el *Diario Oficial* el 31 de diciembre de 1942, pp. 13-14.

³² Casas, Rosalba y Carlos Ponce, *Institucionalización de la política gubernamental de ciencia y tecnología; 1970-1976*, México, Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México, 1987, pp. 37-41.

desproporción del recurso que estaba destinado a todas las áreas del conocimiento. La investigadora Rosalba Casas muestra que en el tema de Biología existía una mayor concentración de recursos que después se destinó para el área de Físico –matemáticas; como se empezó a centralizar el recurso a las universidades del país en el caso más caro fue la Universidad Nacional con mayor inversión que el Politécnico.

Vallarta desde ese momento empezó a puntualizar varios aspectos de cómo se estaba reorganizando las instituciones, pero dejaba en claro que uno de los más grandes logros que se habían gestado fue el desarrollo del Instituto de Física en la Universidad Nacional Autónoma de México. Menciona que “Ha realizado ya algunas labores de importancia tales como el desarrollo del Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma, concediendo varias Becas de acuerdo con las Fundaciones Rockefeller y Guggenheim y el Instituto de Educación Internacional” .³³

De esta manera, las relaciones de Vallarta en la ciencia mexicana le permitieron que dos universidades de alto prestigio de Boston le ofrecieran una beca y estuviera fomentando los vínculos de colaboración con el MIT y Harvard, además se integró la Universidad de Princeton; instituciones donde

³³ Rafael Valle Heliodoro, “Diálogo con Manuel Sandoval Vallarta”, *Universidad de México*, vol. IV, No.43, julio de 1950, p. 7.

Vallarta estaba o había estado participando con grandes investigadores, la astucia de este proyecto de becas y de intercambios fue llevada bajo la CICIC.

Otro momento de gran esplendor de la ciencia fue la participación del Colegio Nacional como precursor y divulgador incansable de la ciencia. Este organismo se integraba por 20 miembros.³⁴

La actividad de Vallarta y el Colegio Nacional fue de gran productividad en la parte de la divulgación científica, y la presentación de trabajos en colaboración que estaba realizando en México. El primer año Vallarta inició con una serie de charlas que iban desde la física nuclear, física relativista, física cuántica y los avances más recientes que se estaban presentando en la comunidad científica europea.

La producción científica que tuvo el colegio Nacional comenzaron a publicarse con artículos de física donde resaltaban algunas semblanzas de académicos que pertenecían al Colegio Nacional.³⁵ Por otra parte la sociedad mexicana de matemáticas empezó a tomar participación con la conformación

³⁴ Los miembros fundadores de El Colegio Nacional fueron: Mariano Azuela (médico, cirujano y escritor); Antonio Caso (abogado, escritor y filósofo); Carlos Chávez (músico); Ezequiel A. Chávez (abogado, educador, filósofo); Ignacio Chávez (médico, cardiólogo, profesor); Enrique González Mtz. (médico, escritor, poeta); Isaac Ochoterena (biólogo, profesor); Ezequiel Ordóñez (ingeniero, geólogo); José Clemente Orozco (pintor); Alfonso Reyes (abogado, escritor, diplomático); Diego Rivera (pintor); Manuel Sandoval Vallarta (doctor en ciencias); Manuel Uribe Troncoso (médico, cirujano oculista, profesor; quien por residir en el extranjero dejó de ser “miembro de número”); José Vasconcelos (abogado, escritor y filósofo); Alfonso Caso (abogado, arqueólogo, profesor). Y los nombrados directamente por este consejo fueron: Ignacio González Guzmán (médico, biólogo, profesor) y Manuel Toussaint (escritor, crítico de arte, profesor), pp. 21-128, 133.

³⁵ “25 años en El Colegio Nacional. Algunos datos estadísticos”, *El Colegio Nacional. Memoria*, tomo IV, año 1949, No. 4; *Memoria*, tomo II, año 1953, No. 8; *Memoria*, tomo IV, año 1958, No. 1.

de la academia Antonio Alza, la finalidad era tener un acompañamiento científico en el desarrollo de nuevos temas de investigación, el objetivo se llevó con éxito ya que algunos miembros participaban en ambas partes, por ejemplo Carlos Graef Fernández, Alberto Barajas Celis, Francisco José Álvarez y Manuel Sandoval Vallarta. En la conformación de la academia Antonio Alzate se definió por algunos miembros destacados y en el caso de Vallarta pasaría a formar parte del comité consultivo.³⁶ Por su parte la sociedad matemática tanto como la sociedad de física mexicana estuvieron estrechamente relacionadas por la integración de algunos miembros y que desde luego ambas compartían el mismo objetivo que era la integración de una ciencia.

Otra etapa interesante en el desarrollo institucional de México, fue el trabajo de Vallarta en el Instituto Politécnico Nacional, y como fue un factor externita en el desarrollo del científico mexicano, en el año de 1944, con la dirección del IPN se inicia la restructuración formal con la modificación de los reglamentos del Consejo Técnico Consultivo, y que atendía los problemas tanto jurídicos como de reglamentación en temas generales;³⁷ ejemplificando

³⁶ De la primera Mesa Directiva fue el Presidente Alfonso Nápoles Gandara; Carlos Graef Fernández el Vicepresidente, Francisco José Álvarez el Secretario General, Ricardo Monges López el Tesorero, Ambia Pedraza el Secretario de Actas y como Vocales estuvieron Mariano Hernández y Alberto Barajas Celis. Por su parte, el Comité Consultivo quedó integrado por Manuel Sandoval Vallarta (hasta 1956), Blas Cabrera y Joaquín Gallo, y para 1963 lo conformaban Alfonso Nápoles Gandara, Alberto Barajas y Roberto Vázquez.

³⁷ Rodríguez, Álvarez, Ma. de los Ángeles (coord.) *50 años en la historia de la educación tecnológica*, México, Instituto Politécnico Nacional, 1988, pp. 119-121.

con el tema del presupuesto que había estado latente desde 1942 con el CICIC.

Si bien, podemos entender que Manuel Sandoval Vallarta y la comunidad científica mexicana estaban encausadas al desarrollo de una ciencia mexicana que atendiera las necesidades prontas del país y que la misma estuviera estrechamente relacionada con la academia internacional, mostraba a un Vallarta que trabaja en las Instituciones y que de igual manera estaba en el paradigma científico en el área de la cosmología, apostándole así a un cambio de generación científica mexicana.

En este apartado no podemos dejar de lado la importancia institucional que trajo a la Universidad, teniendo varios campos de acción como:

- Marzo 20, 1943, es nombrado profesor de Cálculo de las Variaciones en el departamento de matemáticas (se pide su baja para junio 24 de 1943, por haber sido cancelada la cátedra para el resto del año).
- Junio 3, 1943, es nombrado jefe del Departamento de Investigaciones Científicas (julio 27, 1944, pide se le acepte la renuncia al cargo de jefe del Departamento de Investigación Científica).
- Junio 10, 1943, se gira un oficio de la Oficialía Mayor al Ing. Ricardo Monges López (director de la Facultad de Ciencias) devolviendo un cheque por \$104.40 (del sueldo como profesor) porque Sandoval

Vallarta cancela su cátedra sobre Cálculo Diferencial Absoluto por sus múltiples ocupaciones.

- Junio 18, 1943, se pide sea cancelada la cátedra de Cálculo Diferencial Absoluto y se devuelve el cheque por \$52.20 a favor de Manuel Sandoval Vallarta.
- Agosto 26, 1943, por propuesta del director del Instituto de Física es nombrado Jefe de Investigación.
- Enero 23, 1945, lo designan Miembro de la Junta de Gobierno.
- Mayo 3, 1945, se suspenden durante todo ese año los cursos de Cálculo de las Variaciones (por haber sólo un alumno inscrito) y el de Teoría Electromagnética (pues ningún alumno se inscribió).
- Abril 25, 1946, es designado Profesor de Seminario de Teoría Electromagnética, y asume la cátedra del seminario de Teoría Electromagnética en la Escuela de Granados³⁸

Además de sus cátedras, impartía charlas sobre temas de física atómica; en ese mismo año, se integra a la comisión de Energía Atómica de las Naciones Unidas.³⁹ Es evidente que la actividad de Vallarta empezaba a cambiar de un proceso de ciencia aplicada a un campo más institucional. Entre los años de 1943 a 1963, ocupa diferentes funciones institucionales primero como jefe del

³⁸ Archivo Histórico del Instituto Politécnico Nacional (AHIPN), expediente de Manuel Sandoval Vallarta, fojas 4-11, 13-14, 16-17, 20 y 27.

³⁹ AHIPN, expediente de Manuel Sandoval Vallarta, fojas 29, 32, 35, 37, 39, 42, 55, 57-59.

departamento de investigadores en física, el segundo como investigador titular "A" en el Instituto de Física y en tercero en el departamento de Geofísica que terminó en el año de 1963.⁴⁰ Podemos ver de esta manera que el físico mexicano estaba por cerrar algunas etapas institucionales de manera formal, para cumplir funciones de agencia entre México y Estados Unidos.

En este capítulo podemos dar por entendido a manera de conclusión que el inicio del joven Vallarta en la ciencia estuvo definido en dos variables, la primera el factor externista que lo acompañó en un contexto social que le favoreció por como influyó el ingeniero Sotero Prieto al darle a conocer las nuevas ideas de la física que se estaban gestando en el viejo mundo; la segunda variable, son las internistas donde el padre de Vallarta influye directamente al catapultarlo al Instituto Tecnológico de Massachusetts, una vez dentro influyó el acercamiento que había tenido a temprana edad con la física, sus líneas de interés en cómo iba a desarrollar sus capacidades de estudio, el recorrido que hizo en la universidad de Berlín y posteriormente una vez que regresó se puede entender que fue un caso excepcional al ver que fue un científico que se manejó entre el trabajo teórico intelectual a lo institucional. Es de destacar que, a pesar de sus desarrollos en la investigación, no hizo a un lado su relación con su país de origen, de este modo podemos definir que Vallarta se manejó bajo los pilares de la física en México a pesar de

⁴⁰ AHIPN, expediente de Manuel Sandoval Vallarta, fojas 31, 63, 65, 68.

las carencias, esto fungió como motivación para trabajar en el reforzamiento institucional de la física en México al igual que de las matemáticas, podemos ver así, a un Vallarta como embajador de la ciencia entre Estados Unidos y México.

Capítulo 2. Relaciones Académicas, George Lemaître y Vallarta el inicio de un Paradigma

Las relaciones académicas fueron de gran importancia en el trabajo de Vallarta en dos variables fundamentales; la primera variable es su trabajo en las instituciones como parte importante en la reformación de algunas y en otras fungió como artífice en el proceso de institucionalización; la segunda variable es el desarrollo de su trabajo de investigación que destacó por la evolución de aplicación de conocimiento, la primera etapa estudiando los principios de la física elemental y más adelante se fue centrando en el trabajo de la física teórica donde encontró una oportunidad para desarrollar sus trabajos con las ideas de Einstein sobre la teoría de la Relatividad General y Especial. El encuentro con la física cuántica llevó a Vallarta a entrar en un nuevo terreno de la investigación modificando su campo de estudio; finalmente nos

encontramos a Vallarta en el campo de la Astrofísica y la cosmología en colaboración con Compton sobre los rayos cósmicos.

El trabajo de los rayos cósmicos inició un paradigma científico por los últimos debates que se estaban gestando en la comunidad científica a nivel internacional, desde luego, las aportaciones de Compton tuvieron un impacto en la forma de trabajar y desarrollar el interés de Vallarta que se reflejará en su trabajo más significativo que tuvo con Lemaitre.

Las relaciones de Vallarta y Georges Lemaitre tuvieron un gran impacto en la formación de una de las teorías más significativas de la ciencia, con su trabajo: *La teoría de efectos geomagnéticos de tal radiación*. En el siguiente capítulo analizaremos la evolución del trabajo de Vallarta, para entender el proceso histórico científico que lo llevó a relacionarse con los mayores paradigmas científicos en el área de la física, matemáticas, astrofísica y cosmología.

2.1 Manuel Sandoval Vallarta y su encuentro con la Física

Relativista de Einstein.

Sin duda alguna la importancia de la física teórica a lo largo de los años ha cambiado de paradigma científico; desde Galileo con la mecánica clásica

posteriormente con la llegada de Newton y la renovación de las leyes del movimiento y las formaciones de nuevos modelos matemáticos como el cálculo diferencial y la teoría de la gravitación universal, un intento por demostrar las leyes que rigen el universo y el comportamiento del espacio-tiempo junto con la demostración de la gravedad. El impacto de las ideas inició el proceso de una ciencia normal que perduró por varios años hasta el establecimiento que llevó a un nuevo paradigma en la física moderna normal. La llegada de las ideas del joven Einstein cuando trabajaba en la oficina de patentes hizo eco en la comunidad científica al mostrarnos grandes trabajos desde el *efecto fotoeléctrico* a la teoría que nos dio un nuevo entendimiento de las leyes del universo desplazando la teoría de la gravitación universal.

La teoría de la relatividad especial y general fue publicada en el año de 1927, en un pequeño libro que más adelante revolucionaría la física del siglo XX. El libro llevó por título *Sobre la teoría de la relatividad especial y general* (über die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie: Gemeinverständlich).⁴¹ La idea de la teoría se puede entender en la visión de ver al espacio-tiempo como uno sólo; y la gravedad como una deformación de la misma. De manera general la teoría de Einstein tenía como base que las leyes de la naturaleza debían tener los mismos aspectos para los observadores que se movieran

⁴¹ Einstein, Albert, *El significado de la Relatividad*. traducido por: Larrucea Paredes Miguel y Gómez Arenas Albino, México, Artemisa, 1985, p. 5.

libremente, bajo esta idea sentaron las bases de la relatividad, dando énfasis al movimiento relativo. Einstein tuvo gran impacto, desde ese momento, en la física donde gobernaba la idea del éter y que el tiempo era absoluto en todos los sistemas, es decir, el tiempo es el mismo en cualquier parte del universo. Los postulados de Einstein empezaron a tomar seriedad una vez que ganó el Premio Nobel en Física en 1921, teniendo en cuenta que no fue por la relatividad, sino que fue por su trabajo del efecto fotoeléctrico.⁴²

El primer acercamiento que tuvo Vallarta con Einstein fue durante su estancia en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT) donde llegaban los avances más recientes de Europa y desde ese momento Vallarta quedaría cautivado por los trabajos en la física teórica. Posteriormente, como se mencionó en el capítulo uno, con la obtención de la beca de la fundación Guggenheim, llegó a la Universidad de Berlín donde daba clases Einstein. Desde ese momento la fascinación por entender a la física teórica de Einstein lo llevaron a entablar una relación académica y de amistad.

En el año de 1933, cuando Einstein llega a la universidad de Princeton con Podolsky y Rosen realizan una crítica a la teoría cuántica, Vallarta hace una

⁴² Hawking, Stephen, *El universo en una cascara de nuez*, España, Planeta, 2002, pp. 11-12.

serie de sugerencia a la teoría relativista, análisis que había realizado con Rosen.⁴³

Una manera crítica de ver la relación de Vallarta y Einstein es entender a Einstein desde la teoría de la relatividad general que se inserta en la ciencia moderna y por otra parte a Vallarta siendo parte de la ciencia normal de este paradigma entendiendo la dualidad científica que llevó a Vallarta más adelante a formar parte de los nuevos paradigmas científicos.

2.2 La Teoría Cuántica: análisis histórico de sus artículos en la revista *The Physical Review*

La palabra cuántica es una de las palabras que evoca una lucha de la intuición humana por comprender las entrañas de un mundo subatómico. La teoría cuántica es para los físicos uno de los pilares de la física que se suman a la teoría de la relatividad y de igual manera a la mecánica clásica.⁴⁴ Pero ¿dónde surge tan descabellada idea? ¿Qué momento dio paso para que Vallarta se relacionara con una de las teorías más excéntricas de la física del siglo XX?

⁴³ L. de la Peña y A. M. Cetto, 1974, p. 45.

⁴⁴ Cox, Brian y Forshaw, Jeff, *The Quantum Universe: Every tha Can Happen Does Happen*, España, Penguin Random Hause, 2014, p. 11.

La física cuántica la encontramos en la obra de, Planck, Bohr, Dirac, Schrödinger, Heisenberg entre los años de 1897 con los primeros comentarios sobre el estudio de los átomos hasta 1925 con los artículos de Heisenberg.⁴⁵

Desde 1925 el físico Heisenberg publicó un artículo que marcaría un antes y un después a la teoría cuántica, dando por finalizada a las teorías que no tenían un entendimiento de la teoría cuántica, de igual manera estaban incluidas las ideas y el modelo atómico de Bohr. El artículo iniciaba:

“En este artículo se intentarán consolidar los cimientos de una mecánica cuántica teórica que se base exclusivamente en las relaciones entre magnitudes que, en principio son observables.”⁴⁶

Esto dejaba en claro que el modelo matemático de esta física no tenía que responder en nada a los modelos de la física que se había conocido hasta ese momento, que, del mismo modo, no se involucraban las matemáticas de la física newtoniana. El físico Steven Weinberg ganador del Nobel en 1979, hace un comentario el artículo revolucionador.

Si el lector se queda perplejo ante lo que hace Heisenberg, ha de saber que no es el único. He tratado de leer varias veces este artículo que Heisenberg escribió al volver de Heligoland y, aunque creo que entiendo la

⁴⁵ Cox, Brian y Forshaw Jeff, 2014, p. 185.

⁴⁶ Bohr, N. *On the Constitution of atoms and molecules*, Philosophical Magazine, 1913, vol. 26, No. 10, p. 976.

mecánica cuántica, nunca he comprendido los motivos de Heisenberg para dar los pasos matemáticos que da en el artículo. En sus obras logradas, los físicos teóricos suelen adoptar uno de estos dos papeles: son sabios o magos, [...] No suele ser difícil de entender los artículos de los físicos sabios, pero los de los físicos magos son a menudo incomprensibles. En este sentido, el artículo de Heisenberg de 1925 es pura magia.⁴⁷

El acercamiento que vemos con esta nueva visión de la física mostraba un nuevo rumbo a las construcciones sobre los modelos teóricos físicos de la física cuántica. Cuando Vallarta se encuentra con estas ideas y se relaciona con Heisenberg, quien fue su maestro en Leipzig, conoció la forma métrica de la física cuántica.⁴⁸

El trabajo de Vallarta en su paso por la teoría cuántica se vio reflejado en sus artículos publicados desde el año de 1925, una vez que regresa de Europa; los trabajos se publicaron en la revista científica *The Physical Review*, en donde se muestra un análisis del uso de nuevos modelos matemáticos.⁴⁹ También publica sus trabajos en el *Journal of Physics and Mathematics* sobre los temas de radiación electromagnética en el año de 1926.⁵⁰ Tenemos que enfatizar

⁴⁷ Ibídem p. 25.

⁴⁸ Mondragón, Alfonso, p. 33.

⁴⁹ Vallarta, M. S. (1929b). "Quantum theory and special relativity". *Nature*, No. 124, p. 336. <https://doi.org/10.1038/124336a0> (Consultado el 1 de julio de 2019)

⁵⁰ Vallarta, M. S., "Theory of the Continuous X-Ray Spectrum", *Journal of Mathematics and Physics*, vol. V, 1926, pp. 1–7.

que los artículos publicados en estas dos revistas fueron el más claro ejemplo de la evolución académica de Vallarta y cómo el interés en los campos de la física se fue desplazando de la física teórica a la cuántica.

2.3. Vallarta, una nueva perspectiva de los Rayos Cósmicos

Antes de referir los artificios pioneros en el tema de los rayos cósmicos, considero necesario replantear qué se entendía por este fenómeno físico. En la década de 1930 se debatían dos ideas, la primera tenía la hipótesis que la radiación cósmica eran súper rayos gama, naturaleza física que se entiende similar al comportamiento de la luz, la segunda hipótesis defendía que se trataba de partículas electrizadas como los electrones. Lamentablemente, ninguna de estas dos lograba establecer un análisis crítico y científico al comportamiento de los rayos cósmicos, de esta manera se desconocía su origen. Lemaitre apostaba a que este fenómeno tenía su origen con la gran explosión y que era el resultado de pequeñas partículas que salían de súper novae, hoyos negros, estrellas, y se dispersaban por todo el universo.

Se llegó al resultado de que las partículas de energía que llegaban a la tierra del espacio exterior tenían distintas cargas y que el origen de estos rayos

cósmicos atraviesa los espacios disminuyendo poco a poco la concentración de los mismos, encontrando aspectos de radiación muy ricos en energía y que dichos rayos provenían de todo el universo⁵¹.

Para el físico alemán Jordan, el comportamiento de los rayos cósmicos resultaba interesante, ya que, decían que este fenómeno no solamente era invisible, sino que también se comportaba de manera diferente ante los instrumentos físicos de medición. De esta manera vemos que el estudio de los rayos cósmicos no se pudo concretar en gran medida por las limitaciones tecnológicas de la época. El siglo XX la modificación de aparatos y métodos para el estudio de la radioactividad o fuerza nuclear débil, permitieron conocer la existencia de esta radiación cósmica dando paso a un estudio más completo. Antes de las innovaciones tecnológicas que trajo la posguerra la única forma de estudiar el universo era desde la tierra lo que implicaba que todas las mediciones de partículas no se pudieran estudiar de manera completa.⁵²

Vallarta entendía que el fenómeno de la radiación cósmica se tenía que estudiar desde 2 variables: la primera, cómo se comportaba en un espacio interestelar, y la segunda, cuál era el comportamiento de estos al estar en la

⁵¹ Pascual, Jordan, *La física del siglo XX*, México, Fondo de Cultura Económica, Breviarios, No. 22, 1969, pp.149-154.

⁵² Mosqueira R., Salvador, *Manuel Sandoval Vallarta. Física general. Segundo curso*, México, Patria, 9ª edición, 1962, pp. 308-309.

tierra y la carga radiactiva que ello generaba. Podemos ver que estos estudios empezaban a cobrar una nitidez al entender que el fenómeno cósmico se debía a que partículas eléctricas de alta energía estaban compuestas por positrones y electrones y en algunos casos con neutrinos.

Cuando se llegó a entender el comportamiento de estas partículas los científicos se sorprendieron que los rayos cósmicos al ingresar a la atmósfera tenían tres tipos de caída: una en rayos gama que se le conoce como cascada electromagnética, la otra era una cascada de mesones y la tercera una cascada de protones, formándose que al ingresar la mayor carga en rayos cósmicos al momento de chocar con la tierra la dispersión radiactiva iba hacer menor , en esta escena tenemos a Millikan que fue uno de los pioneros en estos estudios al estudiar la radiación en algunas zonas, a pesar de que Millikan fue uno de los primeros pioneros en los rayos cósmicos su hipótesis más tarde perdería fuerza con la de Compton.⁵³

Hoy en día muchos físicos intentan estudiar los rayos cósmicos desde los cimientos creados por las refutaciones de Compton, Vallarta y Lemaitre que estudiaron este fenómeno físico.

Los rayos cósmicos es un fenómeno físico que ha ocupado a los físicos a lo largo del siglo XX. Una de las preguntas que imperaban en ese momento

⁵³ G. Mateos y A. Minor, "La red internacional de rayos cósmicos, Manuel Sandoval Vallarta y la física en México", *Revista mexicana de física*, julio-diciembre 2013, No.59, p. 150.

entre los físicos era cómo es el comportamiento de la energía y cómo es que no se podía ver ante el ojo humano, de la misma manera se preguntaban ¿cuál es su impacto en la tierra? Desde ese momento los físicos en el mundo empezaron a estudiar este fenómeno.

El físico mexicano José Valdés del Instituto de Física de la UNAM se refirió a los rayos cósmicos de una manera poética, como “una lluvia que llega del cosmos.”⁵⁴ Este tema llegó a fascinar a Vallarta que había estado relacionado con tres de los físicos que centraban su investigación en esta área. Compton, Millikan y sin duda, Lemaitre, había relacionado este fenómeno con su idea de la teoría del Big Bang.

La discusión sobre los rayos cósmicos se centraba en dos preguntas fundamentales, la primera, ¿De dónde surgen los rayos cósmicos? Y la segunda, ¿qué contienen los rayos cósmicos? Esta discusión centró dos puntos de vista por Compton y Millikan; la primera idea estructuraba que los rayos cósmicos estaban compuestos por partículas de luz y fotones según Millikan, mientras que Compton defendía la idea que estaban compuestos por partículas cargadas, la tercera idea de Lemaitre estaba centrada en el principio

⁵⁴ Valdés, José, “Una lluvia que llega del cosmos”, en *V Ciclo de Conferencias. “Homenaje a Manuel Sandoval Vallarta”* Universidad Autónoma Metropolitana, octubre, 2007.

fundamental de que durante la gran explosión salieron destellos de energía a la tierra y eso se conocía como rayos cósmicos⁵⁵.

Compton, mostró su interés en hacer experimentos que consistieron en tomar mediciones en los rayos cósmico en toda América Latina; cuando llegó la oportunidad de México, Compton no dudó en contactar a Vallarta que ya estaba relacionado con algunos trabajos en el tema de la astrofísica y cosmología. El mismo Vallarta recomendó sitios para analizar la cantidad de partículas de los rayos cósmicos. Estaba tan entusiasmado que mencionó:

“Estaré muy contento con ayudarle tanto como pueda. Sugiero el Nevado de Toluca para tomar mediciones de rayos cósmicos. Con gusto haré los arreglos para el transporte”⁵⁶.

Es interesante ver como la relación académica entre estos dos científicos rindió de manera excepcional y sirvió como un vínculo entre la comunidad científica mexicana, ya que Vallarta estuvo relacionado en el trabajo experimental de medición de partículas en todo el territorio mexicano. El trabajo de Vallarta estuvo dividido entre México y Estados Unidos, ya que

⁵⁵ Para un estudio más detallado ver: De María y A. Russo, *Hist stud in the phis and biol sciensec*, No. 19, 1989, p. 211; D. Cassidy, *hist stud in the phis sci*, 2008.

⁵⁶ Archivo Histórico Científico Manuel Sandoval Vallarta (AHC-MSV). Sección: personal. Subsección: correspondencia. Serie: científica, caja: 30. Exp: 9, marzo 15, 1932. Telegrama de Manuel Sandoval Vallarta a Arthur Compton.

todavía era profesor en el departamento de física del MIT.⁵⁷ Compton impartía una serie de conferencias de geofísica y matemáticas en la Universidad Nacional. Una vez que terminó el trabajo de Compton en México, siguió rumbo al sur con la medicina experimental. A partir de entonces, Vallarta centrará su interés en los temas de geofísica y cosmología dejando en segundo plano sus análisis en el tema de la física cuántica y algunos postulados del electromagnetismo que había estado desarrollando.

2.4. Lemaître y Vallarta. Inicios de la teoría de los efectos geomagnéticos de tal radiación

Una vez que Vallarta regresa al MIT se rencuentra con un viejo amigo Georges Lemaître⁵⁸ a quien convenció en trabajar sobre la teoría de efecto de latitud, cuyos resultados se publicaron en el año de 1933 en *The Physical Review*⁵⁹. El esfuerzo incansable de estos amigos científicos estuvo centrado en dar una explicación completa de cómo funcionaba la física de los rayos cósmicos y de lo que estuviera involucrado en ella. Cabe señalar que Lemaître estaba interesado en los estudios del origen del universo, sin embargo, la geofísica en el tema de los rayos cósmicos había acaparado la atención de la comunidad

⁵⁷ Archivo Histórico Científico Manuel Sandoval Vallarta (AHC- MSV). Sección: personal. Subsección: correspondencia. Serie: científica. Caja: 25.exp: 4., marzo30, 1928.

⁵⁸ El científico belga llega al MIT en 1924 donde conoce a Vallarta y en el año 1926 el mismo Vallarta es parte del comité que dictaminó su investigación doctoral.

⁵⁹ G. Lemaître, Georgeim. "Sandoval Vallarta", *Phys. Rev*, No. 43, 1933, p. 87.

científica a nivel internacional y estaba en uno de los debates científicos más interesantes de ese momento. La primera etapa del paradigma científico de los rayos cósmicos dirigió Lemaitre a canalizar la investigación junto con Vallarta entrando al debate que ya se había originado, Vallarta le escribiría a Rosen sobre su nueva incursión comentándole en una de sus cartas:

“Lemaitre y yo trabajamos intensamente a lo largo del mes en el problema del efecto de latitud de la radiación cósmica. No creo que nunca antes haya trabajado tan duro, ahora nuestro artículo está terminado y ayer lo enviamos a la Physical Review, hemos mostrado que el efecto de latitud observado por Compton es plenamente congruente con la hipótesis de que la radiación cósmica consiste en una mezcla de partículas cargadas y sin carga, que llegan a la tierra desde el infinito y en todas direcciones.”⁶⁰

⁶⁰ AHC-MSV. Sección: personal. Subsección: correspondencia. Serie: científica. Caja: 23. Exp: 3. Fecha: noviembre 17 1932. Carta de Manuel Sandoval Vallarta a Natán Rosen.

Georges Lemaitre con Manuel Sandoval Vallarta en 1938.



Fuente: Archivo Gráfico del Instituto de Física de la UNAM.

La teoría de Lemaitre y Vallarta tomó fuerza por la investigación que estaba realizando Compton quien había hecho una serie de experimentos sobre las hipótesis de carga que tienen los rayos cósmicos, los resultados explicaban de manera completa lo que predecía la teoría de Lemaitre y Vallarta que refería la interacción de partículas en el campo magnético terrestre. Una vez que se publicaron los resultados en la revista *The Physical Review* Vallarta comentó:

“Creo que he encontrado una locación para el cosmic ray meter, es el observatorio magnético de Teoloyucan, a 15 millas al norte de la ciudad de México que ha estado en operación desde 1808. Hay un observador permanente que es más o menos pensado en el manejo de materiales fotográficos y en el cuidado de instrumentos científicos. Sus deberes incluyen quitar, revelar y remplazar las cintas fotográficas de los magnetómetros...”⁶¹

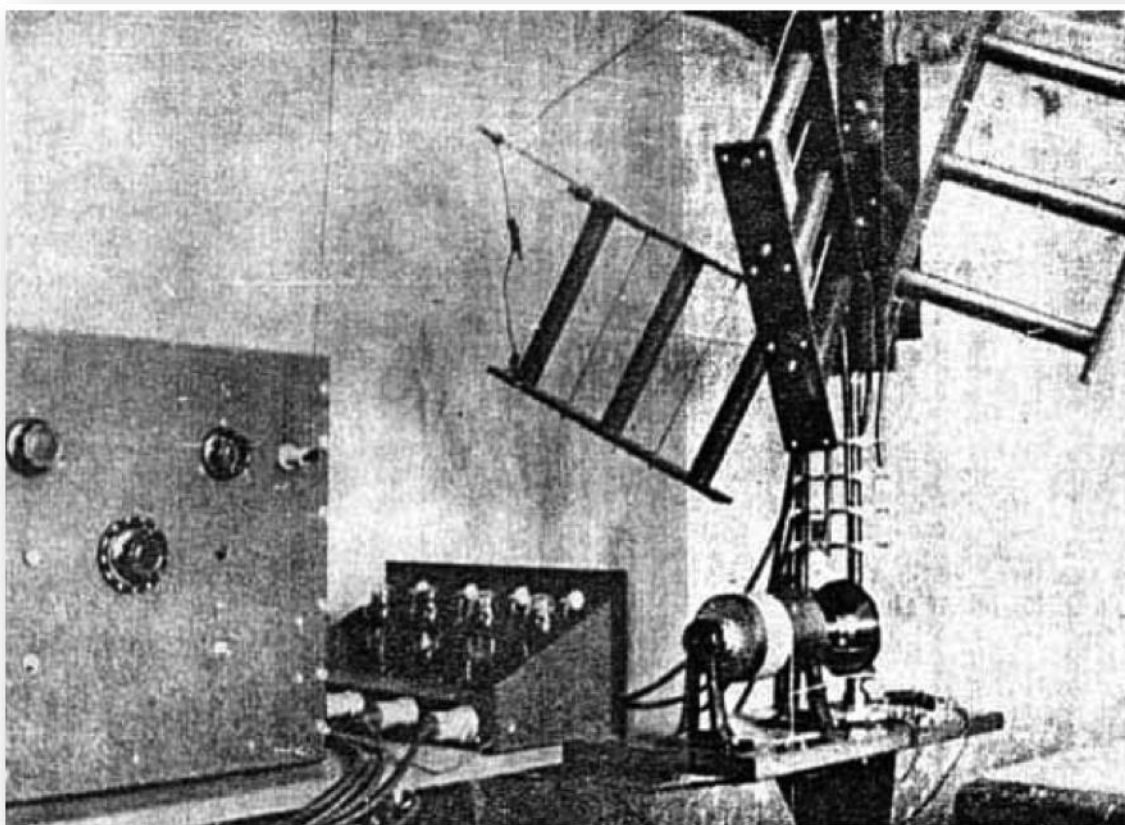
La visión que tenía Manuel Sandoval Vallarta de los rayos cósmicos lo llevó a establecer un vínculo con Compton y Lemaitre para trabajar en pro del desarrollo de la ciencia mexicana. Compton entendía muy bien las necesidades a las que se refería Vallarta y le apostó por establecer una serie de becas que permitieran a estudiantes y profesionistas mexicanos una capacitación académica en temas geofísicos y cosmológicos enviándolos a Norteamérica. Como se ha mencionado anteriormente la estación de Teoloyucan sería el vínculo central para continuar con los estudios experimentales del efecto de latitud. En 1937 Compton acepta la estación como parte de la red experimental, viaja al Perú con la finalidad de hacer una red de rayos cósmicos en América Latina.⁶²

⁶¹ AHC-MSV. Sección: personal. Subsección: correspondencia. Serie: científica. Caja: 21.exp: 6. Fecha: octubre, 1935. Borrador de la carta Sandoval Vallarta a Arthur Compton-

⁶² J. Ishitsuka, y H. Trigoso, “Cosmic Rays in Peru”. Conferencia dictada en *Third School on Cosmic Rays and Astrophysics*, Arequipa, Perú, agosto 25- septiembre 5, 2008.

El trabajo de los rayos cósmicos no solo se llevó en la parte teórica experimental sino también en la parte institucional, la finalidad de Vallarta era establecer la primera red de rayos cósmicos a través de vínculos entre el MIT, la Universidad de Chicago y la Escuela Físico matemáticos de la UNAM, uno de los objetivos era promover la capacitación y mejorar las instalaciones para que fueran capaces de experimentar temas de física como el de los rayos cósmicos u otros a fines a la física aplicada. En el año de 1938 se logró firmar el acuerdo de colaboración entre estas tres universidades que como primer resultado tuvo el establecimiento de contador de coincidencias de rayos cósmicos que el MIT se encargaría de instalar.

Contador de Coincidencias en el Instituto de Física de la UNAM. Ca. 1938⁶³



Fuente: Historia Gráfica del Instituto de Física de la UNAM 1988.

Con esto podemos entender que el trabajo de los rayos cósmicos en colaboración con los dos científicos, Compton y Lemaître tuvo impacto en el desarrollo institucional de la física en México.⁶⁴

En la siguiente tabla se mostrará el trabajo experimental que llevó el desarrollo de los rayos cósmicos en México.

⁶³ *Historia Gráfica del Instituto de Física de la UNAM*, 1988.

⁶⁴ G. Mateos y A. Minor, 2013, p. 59.

<i>Fecha</i>	<i>Líderes de expedición</i>	<i>Instrumentos</i>	<i>Lugares</i>	<i>Colaboradores mexicanos</i>	<i>Financiamiento</i>	<i>Objetivos</i>
Agosto 1932	Arthur H. Compton	Cosmic Ray-meter	Veracruz, Orizaba (Veracruz); Cd. De México, Nevado de Toluca (Edo. de México)	Manuel Sandoval Vallarta	CIW; Universidad de Chicago, Denver y Hawaii; MIT; Auckland University College; the Rumfoord Fund; the Radium Service Corporation of America; y el gobierno de Nueva Gales del sur	Probar el Efecto de latitud
Marzo a abril 1933	Luis Álvarez	Contador de doble coincidencia	Cd. De México	Manuel Sandoval Vallarta	CIW	Detectar el Efecto de la Asimetría Este-oeste
Marzo a abril 1933	Thomas Johnson	Contador de doble coincidencia	Azotea de Hotel Génève En la Cd. De México	Manuel Sandoval Vallarta, Ricardo Monges López Y José de la Macorra	CIW y la Bartol Research Foundation del Franklin Institute	Detectar el efecto de la Asimetría Este-oeste
Septiembre a octubre 1934	Thomas Johnson y Lewis Fussel	Seven coincidence-counter	Copilco y San Rafael (Cd de México); Veracruz; Nevado	Manuel Sandoval Vallarta, Dr. César R. Margain y Ricardo	CIW (Cosmic-Ray Committee)	Medir el efecto de la asimetría este-oeste

			De Toluca (Edo. de México); y Parral (Chihuahua)	Monges López		
1937	Manuel Sandoval Vallarta	Equipo para construir un contador de coincidencia triple	Escuela Nacional de Ingenieros, UNAM	Ricardo Monges López, Jorge Graf, Efrén Casillas, Alfredo Baños y Manuel Perrusquia	MIT, University of Chicago Universidad Nacional de México	Instalación de estación de rayos cósmicos en el edificio de la Escuela Nacional de Ingenieros para mediciones de la asimetría este-oeste
1937	Arthur Compton	Cosmic ray meter	Teoloyucan (Estado de México)	Alfonso Vaca y Joaquín Gallo	CIW (Cosmic-Ray Committe)	Instalación de instrumentos para Medición de la intensidad De los Rayos cósmicos en el Observatorio Magnético de Teoloyucan
1941	Arthur Compton		Teoloyucan (Estado de México)	Alfredo Baños y Joaquín Gallo	CIW (Cosmic-Ray Committe)	Para calibrar instrumentos de la estación de Teoloyucan

Desde este momento podemos entender que el trabajo de Vallarta llegó a culminar un debate que se había gestado en los siglos XVIII al XIX con las ideas de como el comportamiento de las estrellas influía en las sociedades⁶⁵. El trabajo sobre el tema de los rayos cósmicos no dejó de rendir frutos en Vallarta, ya que ocupó en distintas ocasiones puestos importantes, por ejemplo, en 1953 fue presidente de la sección de rayos cósmicos del Congreso Internacional de Física Teórica en Tokio y Kioto, y en 1955 en el Congreso Internacional de Radiación Cósmica en Guanajuato, México.

Uno de los físicos mexicanos, Ricardo Monjes, señaló que la teoría de los rayos cósmicos era tan completa que se podía comparar a las grandes teorías que habían revolucionado la física por el sustento matemático y experimental.

A continuación, se mostrarán una serie de artículos sobre los rayos cósmicos y otros en coautoría por mencionar el artículo que lleva por nombre *La dispersión de los rayos cósmicos por las estrellas de una Galaxia* artículo que fue escrito con uno de sus estudiantes, Richard Feynman que fue galardonado con un premio Nobel y en la cual estaría relacionándose con Vallarta durante toda su trayectoria académica.

⁶⁵ Goffrey Parker, *Europa en Crisis 1598-1648, México. Siglo XXI*, 1981, pp. 9-14.

Publicaciones de Vallarta

1940	“La radiación cósmica”	<i>Ciencia, 1(7), 289, México.</i>
1941	“Motion of Cosmic Ray Particles in the Geomagnetic Field”	Carnegie Institution of Washington, Year Book 39, 40 (Informe).
1944	“Diez años de teoría de la radiación cósmica primaria”	<i>Cuadernos Americanos, XIV, (2), 69.</i>
1947	“On the Magnetic Field of the Milky Way and Its Effect on Cosmic Radiation”	<i>Physical Review, 72, 519.</i>
1948	“Cosmic Rays and the Magnetic Field of the Moon”	<i>Nature, 161, 646.</i>
1948	“On the Energy of Cosmic Radiation Allowed by the Earth’s Magnetic Field”	<i>Physical Review, 74, 1873.</i>
1948	“La energía de la radiación cósmica permitida por el campo magnético de la Tierra” (traducción del anterior)	Memoria Colegio Nacional, III (3), 29.
1949	“Galactic Rotation Effect and the Origin of Cosmic Radiation”	<i>Modern Physics, 21, 356.</i>
1949	“Sobre el espectro de energía de los núcleos pesados de la radiación cósmica primaria” (traducción del anterior)	Memoria Colegio Nacional, IV (4), 17.
1949	“The Effect of Rotation of the Galaxy and the Origin of Cosmic Radiation”	Number in Honor of Albert Einstein, on his 70th Birthday, <i>Physical Review</i>
1950	“On the Energy Spectrum of Heavy Nuclei in Primary Cosmic Radiation”	<i>Physical Review, 77, 419.</i>
1950	“Sobre el espectro de energía de la radiación cósmica primaria y cálculo de experimentos de cohetes fuera de la atmósfera”	Memoria Colegio Nacional, IV (3), 15.
1952	“Sobre la relación entre la radiación electromagnética y la radiación cósmica emitidas por el Sol”	Memoria I Asamblea de la Sociedad Mexicana de Física.
1954	“Sobre la relación entre la radiación electromagnética y la radiación cósmica”	También en Proc.

	emitidas por el Sol”	Symposium New Research Techniques in Physics 9. (Brasil)
--	----------------------	--

Fuente: AHC-MSV. Sección: Científica. Subsección: Producción MVS. Serie: Artículos. Alfonso Mondragón y Dorotea Barnés, Manuel Sandoval Vallarta. Obra Científica, México, UNAM-INEN, 1978.

Año	Título	Publicación
1933	“The Interpretation of the Azimuthal Efecto of Cosmic Radiation”	<i>Physical Review, 44, 1.</i>
1935	“On the Longitude Effect of Cosmic Radiation”	<i>Physical Review, 47, 647.</i>
1937	Longitude Effect of Cosmic Radiation and the Position of the Earth’s Magnetic Centre	<i>Nature, 139, 24.</i>
1937	“Cosmic Rays and the Magnetic Momento f the Sun”	<i>Nature, 139, 839.</i>
1938	“An outline of the Theory of Allowed Cone of Cosmic Radiation”	<i>Applied Mathematics Series No.3, Toronto.</i>
1938	“A Newcomer to Cosmic Physics: Cosmic Rays-I & II”	<i>The Telescope, 5 54 y 83.</i>
1939	“Una recién llegada a la física cósmica: La radiación cósmica” (traducción del anterior)	<i>Anuario del Observatorio Astronómico Nacional de Tacubaya, LIX, 271</i>
1939	“Present Status of the Theory of the Effect of the Earth’s Magnetic Field on Cosmic Rays”	<i>J. Franklin Institute, 227, 1.</i>
1939	“Are There Multiple Charged Primary Paeticles in Cosmic Radiation”	<i>Physical Review, 55, 583.</i>
1939	“The Determination of the Energy Spectrum of Primary Cosmic Rays”	<i>Modern Physics, II, 239.</i>
1940	“El campo magnético terrestre y su influencia sobre la radiación cósmica”	<i>Proceedings Eighth American Congress.</i>

Fuente: AHC-MSV. Sección: Científica. Subsección: Producción MVS. Serie: Artículos. Alfonso Mondragón y Dorotea Barnés, Manuel Sandoval Vallarta. Obra Científica, México, UNAM-INEN, 1978.

Trabajos en coautoría sobre los Rayos Cósmicos.

Año	Título	Coautor	Publicación
1933	"On Compton's Latitude Effect of Cosmic Radiation"	G. Lemaitre y L. Boukaert	<i>Physical Review</i> , 43, 87.
1935	On the North-South Asymmetry of Cosmic Radiation"	G. Lemaitre y L. Boukaert	<i>Physical Review</i> , 47, 434.
1936	"On the Geomagnetic Analsys of Cosmic Radiation"	G. Lemaitre	<i>Physical Review</i> , 49, 719.
1936	"On the Allowed Cone of Cosmic Radiation"	G. Lemaitre	<i>Physical Review</i> , 50, 493.
1936	"Contributions a la théorie des effets de latitude et d'asymetrie des rayons cosmiques-Calcul d' une famille d' orbites asymtoriques"	G. Lemaitre	<i>Annales Société Scientifique, Bruxelles</i> , 56, 102.
1937	"Geographic Asymmetries of Cosmic Rays as Related to the Earth's Magnetization"	W. P. Jesse	<i>Trans American Geophysical Union</i> , 18th. Annual Ameeting.
1939	"Galactic Rotation and the Intensity of Cosmic Radiation at the Geomagnetic Equator"	C. Graef y S. Kusaka	<i>Physical Review</i> , 55, 1.

Fuente: AHC-MSV. Sección: Científica. Subsección: Producción MVS. Serie: Artículos. Alfonso Mondragón y Dorotea Barnés, Manuel Sandoval Vallarta. Obra Científica, México, UNAM-INEN, 1978.

1958	"Coordenadas geomagnéticas y radiación cósmica (Traducción del anterior)	R. Gall y J. Lifshitz	Memoria Colegio Nacional. III (4), 33.
	Borradores de artículos inéditos		
	"A Theory of World Wide Periodic Variation of the Intensity of Cosmic Radiation"	O. Godart	
	"Cosmic-Ray and Subnucleonic Physics"	M.I. Perusqu+ia y J. de Oyarzábal	

Fuente: AHC-MSV. Sección: Científica. Subsección: Producción MVS. Serie: Artículos. Alfonso Mondragón y Dorotea Barnés, Manuel Sandoval Vallarta. Obra Científica, México, UNAM-INEN, 1978.

1939	"The Scattering of Cosmic Rays by the Stars of a Galaxy"	R.P. Feynman	<i>Physical Review</i> , 55, 506.
1939	"A Theory of World-Wide Periodic Variations of the Intensity of Cosmic Radiation"	O. Godart	<i>Modern Physics</i> , 11,180.
1947	"The Determination of the Physical Review Sign and the Energy Spectrum of Primary Cosmic Radiation"	M. L. Perusquía y Juan Oyarzábal	<i>Physical Review</i> , 71, 393. <i>Resumen en Physical Review</i> , 70, 785 (1946)
1947	"The Determination of the Physical Review Sign and the Energy Spectrum of Primary Cosmic Radiation"	M. L. Perusquía y Juan Oyarzábal	<i>Onda</i> , ITESM.
1948	"Sobre el mecanismo de los aumentos bruscos de la radiación cósmica que acompaña a algunas erupciones solares"	S. E Forbush y P. S. Gill	<i>Memoria Colegio Nacional</i> , III (3), 29.
1949	"On the mechanism of Sudden Increases of Cosmic Radiation Associated with Solar Flares" (Traducción del anterior)	S. E Forbush y P. S. Gill	<i>Physical Review</i> , 21, 44.
1949	"On the Low Energy Spectrum of Primary Cosmic Radiation and the Sun's Magnetic Dipole Moment"	M. A. Pomerantz	<i>Physical Review</i> , 76, 1889.
1949	"Sobre el espectro de la radiación cósmica primaria en la región de la energía baja y el momento del dipolo magnético" (traducción del anterior)	M. A. Pomerantz	<i>Memoria Colegio Nacional</i> IV (4),9.
1958	"Geomagnetic Coordinates and Cosmic Radiation"	R. Gall y J. Lifshitz	<i>Physical Review</i> , 109, 1403.

Fuente: AHC-MSV. Sección: Científica. Subsección: Producción MVS. Serie: Artículos. Alfonso Mondragón y Dorotea Barnés, Manuel Sandoval Vallarta. Obra Científica, México, UNAM-INEN, 1978.

2.5 Impacto en la comunidad científica Internacional.

El impacto que tuvieron los trabajos sobre los rayos cósmicos realizados por Vallarta, así como de Compton y Lemaitre, llevaron al establecimiento de una ciencia normal que giraba alrededor de sus hipótesis. Con el programa de becas la investigación se fortaleció en México y Argentina. A demás, podemos ver en la correspondencia de Vallarta que sus relaciones de colaboración estaban adquiriendo mayor importancia. Con Ramón Layarte, director del Instituto de Física de la Universidad de La Plata con el cual redactó las primeras mediciones en ese extremo del continente sobre las radiaciones cósmicas;⁶⁶ de igual manera, la red se extendía hasta Brasil con Glef Wataghin quien constantemente invitaba a Vallarta a las menciones e incluso en el año de 1941 se organizó el primer simposio de rayos cósmicos en Brasil al cual fue invitado.⁶⁷

El interés de Vallarta sobre establecer un vínculo directo con las redes latinoamericanas, no era nuevo, ya que en su tiempo de estudiante en el MIT se involucró en una sociedad de jóvenes investigadores latinoamericanos que tenían el objetivo, más allá de establecer redes científicas, pensar la ciencia de una manera integral y cooperativa.

⁴⁸ AHS-MSV, sección: personal. Subsección: correspondencia. Serie: científica. Caja 21. Expediente:15. Carta de Ramón G. Loyarte para profesor M.S. Vallarta. 5 de junio, 1940.

⁶⁷ AHS-MSV, sección: personal. Subsección: correspondencia. Serie: científica. Caja:23. Expediente: 8. Carta de Glef para Manuel Sandoval Vallarta, 1 de junio de 1941.

Club latinoamericano del MIT en el año de 1929.



Fuente: Minor García, Adriana, "Movilizaciones científicas y relaciones interamericanas en la trayectoria de Manuel Sandoval Vallarta 1917-1942" (tesis de doctorado, UNAM, 2016), 115.

En el año de 1919 Vallarta se afilió al club latinoamericano del MIT. En 1940, Vallarta inició una serie de consultas en diferentes países de Latinoamérica y en el año de 1942 realiza una gira de conferencias relacionadas a la geofísica y rayos cósmicos.

Podemos decir a manera de conclusión de este capítulo, que el trabajo de Manuel Sandoval Vallarta de los rayos cósmicos, estuvo en dos fases, el

primero en el proceso de crisis del anterior paradigma de Millikan y posteriormente con el inicio de un nuevo paradigma con Lemaitre, si bien, el desarrollo de la investigación llevó a que Compton fundara la primera red de rayos cósmicos en Latinoamérica estableciendo que dicha red se entendiera como la ciencia normal de los rayos cósmicos.

Entendemos que Vallarta comprendía de una manera muy completa el dilema de los rayos cósmicos por su preparación, ya que se vio reflejado en la forma matemática que había estado puliendo en su tránsito de la física teórica, física cuántica a su última teoría. Por otra parte, entendemos como influyó de manera directa su relación con diferentes artificios de la ciencia a nivel internacional como Einstein y la manera de entender la física cuántica con Heisenberg que aportó sus enseñanzas en los modelos matemáticos y la forma más completa de entender la misma teoría.

Se puede definir a Vallarta como uno de los grandes físicos de su tiempo que revolucionó la ciencia en México. Si bien, existen diferentes trabajos sobre Vallarta, al presentar este panorama es definir el impacto que tuvo en la física y como fue evolucionando en ella desde la aplicación el área de conocimiento hasta el establecimiento de un paradigma científico.

Capítulo 3: Ciencia normal, comunidad científica mexicana y Vallarta

El desarrollo de la comunidad científica en las áreas de las matemáticas, y la física, cosmología de la astrofísica, se habían estado desarrollando de una manera exponencial por las relaciones académicas lo que implicaba estar dentro de los debates en los temas recientes en dichas áreas. Una vez que Vallarta tuvo su incursión de manera más activa junto con otros científicos, como Marcos Moshinsky, Alfredo Baños y posteriormente Nabor Carrillo, se inició un proceso que tuvo un impacto en la formación institucional de la ciencia en México. Esto aunado a las relaciones con diferentes instituciones académicas a nivel internacional como la cooperación continua con el MIT y la Universidad de Princeton.

Por otra parte con la llegada de Arthur Compton a México y el desarrollo del trabajo de los rayos cósmicos, llevó a Vallarta a incursionar en la área de la Cosmología que pasaría a dejar un gran legado por los estudios en colaboración con Compton; posteriormente en trabajos desarrollados con uno de los científicos más importantes en ese momento que era Georges Lemaître, desarrollaron la teoría de efectos geomagnéticos de tal radiación, trabajo que los llevó al paradigma científico en cosmología y astrofísica que había estado latente en la comunidad científica.

1942 fue un año que sin duda marcó a Manuel Sandoval Vallarta, ya que fue un periodo de consolidación institucional en la física mexicana. En este contexto de la Segunda Guerra Mundial los esfuerzos de varios países en establecer investigación nuclear llevaron a la comunidad científica a redefinir los temas de investigación en la física. Vallarta no fue ajeno a este problema y desde el MIT se le invitó hacer investigación; el apoyo diplomático que se desplegó en esos años fue sin duda fundamental para impulsarla institucionalmente.

Este capítulo muestra el impacto del trabajo de Vallarta en la comunidad científica, junto con el desarrollo de la ciencia normal que implicó la teoría enfocada en los rayos cósmicos. Por otra parte, señalar y analizar lo que implica el trabajo y la herencia científica en su aportación con la física atómica en México y su proceso de institucionalización ya como física nuclear. Y finalmente rescatar la herencia institucional y académica de uno de los físicos renombrados a nivel internacional y nacional; por otra parte, uno de los legados que mencionaremos y analizaremos, es el trabajo que se realizó en la posguerra, donde vemos a Vallarta ocupando puestos en instituciones internacionales como la Comisión Nuclear en las Naciones Unidas.⁶⁸

⁶⁸ Mondragón, Alfonso, 1999, p. 35.

3.1 Breve semblanza entre Vallarta y la física nuclear en México

La física nuclear fue una de las grandes aportaciones científicas que caracteriza al siglo XX, con su formulación y sus campos de aplicación. La comunidad científica vio, que la materia y la energía se podía controlar en una de sus partes como lo es la fisión, que consiste en la separación de un átomo, dicho fenómeno físico, sorprendió a la humanidad viendo la cantidad de energía que puede ser liberada.⁶⁹

Durante la Segunda Guerra Mundial, los esfuerzos por entender el comportamiento de los átomos llevaron a los físicos a nivel mundial a centrar sus investigaciones en dos rubros: la primera la fisión que ya se ha mencionado y la fusión que consistía en la integración de dos átomos. De este modo la carrera atómica se disputaba entre los alemanes y los norteamericanos. Los resultados se desplegaron al entender la física atómica desde una las ecuaciones más conocidas de Einstein $E=mc^2$. Posteriormente el mismo Robert Oppenheimer se ocuparía en la integración práctica de este fenómeno, una vez que se emprendió los estudios en el campo de la física aplicada se impulsó en el proyecto norteamericano Manhattan; donde vio sus pininos en la elaboración de la bomba atómica.

⁶⁹ Hawking, Stephen, 2010, p. 51.

Una vez que los científicos vieron el poder real que desató la fisión, se dividieron en dos intereses, el primero centrar la investigación en temas bélicos y el segundo en aprovecharla como fuente de energía. Lamentablemente casi al finalizar la Segunda Guerra Mundial, el conocimiento atómico fue utilizado por parte de EE. UU en las dos bombas nucleares. Posteriormente las potencias iniciaron sus proyectos armamentísticos nucleares, con ello se dio paso a la etapa nuclear institucional en todo el mundo, e incluso los países en vías de desarrollo como el caso mexicano le apostaron a este tipo de proyectos. Y en otros casos, como los países latinoamericanos, se insertaron en esa misma dinámica al suministrar materiales radioactivos a las potencias que ya tenían reactores nucleares.

Sin duda alguna Manuel Sandoval Vallarta se definió como uno de los mejores físicos por la preparación que había formado en sus últimos años, y una prueba de ello fueron sus investigaciones; uno de los grandes frutos que dejó, a parte de la contribución académica, fue su trabajo destacado en la comisión de energía atómica. La comisión tuvo como tarea principal la discusión sobre los temas de intercambio de información que se debatían en las comunidades científicas internacionales y en tratar de controlar la investigación atómica para una finalidad pacífica. Entre los puntos que se tocaron fue eliminar el armamento nuclear y todo tipo de arma que estuviera

en el catálogo de destrucción masiva, todo ello por las últimas experiencias que había causado la llegada de las bombas atómicas. Es interesante ver que la comisión desde sus primeros momentos estuvo conformada por las primeras potencias que habían quedado después de la posguerra.⁷⁰

Bajo este contexto, en temas nucleares, México entró a un bloque latinoamericano donde limitó la investigación nuclear en asuntos bélicos. También fue uno de los países que sentó las bases sobre la investigación nuclear para uso pacífico y vinculado al desarrollo económico. Con ello, se dio paso al tratado de Tlatelolco donde se regulaba totalmente las armas nucleares.⁷¹

Los trabajos perduraron entre 1963 y 1967 donde el acuerdo ya mencionado estableció la política multilateral en tema de fabricación de armas nucleares. La participación de México fue conciliador al invitar a 17 países en la reunión que se gestó del 23 al 27 de septiembre de 1964 en la ciudad de México. Para iniciar al proyecto de la limitación nuclear, el exhorto de ello alcanzó 21 países que culminó con la firma el 14 de febrero de 1967, trabajo

⁷⁰ Ortega Soto, Martha, "La participación de México en la fundación del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y durante sus primeros 20 años", *Saberes. Revista de historia de las ciencias y las humanidades*, No. 5 enero-junio 2019, p. 69.

⁷¹ Abud Osuna, Javier, "El organismo internacional de energía atómica, actividades y relaciones con México" Tesis de licenciatura, Facultad de ciencias políticas y sociales, Universidad Autónoma de México, 1987, p. 81.

que se le atribuyó a la administración del presidente Adolfo Mateos por parte de la ONU.⁷²

Es interesante ver que los trabajos del proceso de institucionalización de la física nuclear en México se movieron en dos vertientes; la primera, donde México fue catalizador principal para la limitación de investigación nuclear en temas bélicos y, por otro lado, tenemos los primeros comienzos de la institucionalización de la física nuclear en México.

La Comisión Nacional de Energía Nuclear se formó en la administración de Ruiz Cortines motivado por las presiones académicas de los físicos Carlos Graef, Nabor Carrillo y Manuel Sandoval Vallarta. La CNEN estuvo coordinada por el licenciado José Ortiz Tirado, y su trabajo se dirigió en explorar minerales radioactivos en el estado de Chihuahua. Los trabajos demoraron hasta 1954 donde Vallarta pedía apoyo del equipo para las exploraciones que se iban a extender en algunos estados del norte.⁷³

La investigación en temas nucleares en el país se empezó a centrar, como se ha mencionado con anterioridad, en materiales radioactivos. Los físicos estaban convencidos a apostarle a un proyecto energético; la Comisión Nacional de Energía Nuclear y el Instituto Nacional de Energía Nuclear, orientados por Vallarta, incentivaron todo lo que estaba en sus manos para el

⁷² Abud Osuna, Javier, 1987, p. 81.

⁷³ AGN, Fondo Adolfo Ruiz Cortines, vol. 272, expediente: 151.3-2115.

desarrollo de esos proyectos. A pesar de esas carencias legislativas, económicas e institucionales que se le presentó, Vallarta estaba convencido que la investigación nuclear en México podía despuntar de una manera comparable con Norteamérica e Inglaterra, debido a que México formaba parte de un bloque con Brasil y Argentina que llevó la batuta de la investigación atómica en América Latina⁷⁴. Sin embargo, el limitado desarrollo de la investigación nuclear se puede atribuir a la mala organización que tuvo el presidente Ávila Camacho cuando en 1946 reveló uno de los secretos de Estado en temas de tecnologías y desarrollo bélico que consistía en el desarrollo de una bomba atómica, la información se publicó en la Revista *Todo*, la respuesta de la comunidad internacional al ver las afirmaciones que había hecho el presidente posicionaron al país en el desprestigio y apoyo en el tema tecnológico⁷⁵. Teniendo en cuenta este tipo de errores, Manuel Sandoval Vallarta estuvo siguiendo cada proceso en los temas políticos referentes a la energía nuclear cuando se inicia el proceso para formar la comisión nacional de energía nuclear, mencionó Vallarta:

⁷⁴ *El Sol de San Luis*, vol. 25, No. 1, 1960, primera plana.

⁷⁵ AGN, Fondo Ávila Camacho, volumen: 847, expediente: 550-135. Noviembre 11, 1946.

“Sugiero que no se dé ningún paso ni se lleve este asunto al Congreso de la Unión hasta que se haya hecho un estudio a fondo de todas sus ramificaciones y consecuencias.” ⁷⁶

Desde ese momento Vallarta estuvo involucrado en la evolución de la Comisión Nacional de Energía Nuclear al Instituto Nacional de Energía Nuclear. Uno tiene que ser muy crítico al hablar en cómo se manejó los temas nucleares institucionales en México, desde la perspectiva política y económica del país al iniciar un programa de esta magnitud, cuando se muestran las interrogantes ¿cuál es el interés de México en desarrollar investigación nuclear? ¿Qué tan capacitada estaba la comunidad científica para desarrollar un trabajo de esta magnitud? ¿México contaba con las instituciones correspondientes? ¿En qué situación legislativa se encontraba México para impulsar políticas de desarrollo en pro a la investigación nuclear si solamente contaba con la comisión nacional de energía nuclear? Se entiende que el desarrollo del trabajo nuclear en México se puede redefinir que las limitaciones y alcances en estos temas estaban controlados directamente por Estados Unidos y que este mismo país incluso antes de la segunda guerra mundial con sus centros de investigación estuvieron inmersos en ver como México estaba desarrollando su ciencia en temas de la física aplicada

⁷⁶ AGN, Fondo Adolfo Ruiz Cortines, expedientes: 555-50, “Memorándum sobre un proyecto de ley de la Comisión Nacional de la Energía Nuclear”, 27 de agosto 1957.

posteriormente, al llegar a un momento donde las limitaciones institucionales del país las políticas sobre desarrollo tecnológico y científico empezaron a depender de Estados Unidos.⁷⁷

3.2 Nabor Carrillo y la búsqueda de la oportunidad atómica con Manuel Sandoval Vallarta

La relación entre Manuel Sandoval Vallarta y el ingeniero Nabor Carrillo fue una dupla científica que trajo grandes beneficios a la institucionalización de la ciencia mexicana. Cuando vemos los estudios de Nabor Carrillo que se enfocaban en temas de la física atómica y la trascendencia que se ha mencionado con su relación con Vallarta, la idea de crear una Comisión en temas nucleares. Nabor Carrillo fue uno de los pioneros en exigir a las administraciones públicas en turno la creación de una institución que se encargara de estos estudios. Cuando se crea la Comisión Nacional de Energía Nuclear bajo la tutela del CICIC, donde trabajaba Vallarta como director y el ingeniero Nabor en el departamento de suelos. Estos dos científicos

⁷⁷ Azuela, Luz Fernanda y Talacón, José Luis, *Contracorriente: la historia de la energía nuclear en México 1945-1995*, México, Instituto de Investigaciones Sociales, Instituto de Geografía-centro de Enseñanza para Extranjeros, Universidad Nacional Autónoma de México-Plaza y Valdez, 1999, p. 53.

estuvieron en organismos internacionales en pro a la energía nuclear con fines de investigación en el área de energías sustentables.

Cuando se traslada este fenómeno a México, una de las tareas era crear un departamento de gobierno que impulsara la investigación atómica en México, en el contexto internacional lamentablemente el proceso fue muy pausado por lo que implicaba el tema político y cómo se iba a tomar en materia de legislación en comparación a los acuerdos internacionales en innovación científica, otro punto que tuvieron a favor es que el CICIC iba a estar de acuerdo en la creación de proyectos siempre y cuando estuvieran en beneficio de la nación, lamentablemente en este contexto que nos referimos regresando unos años en 1947, mismo año donde la comisión nacional de energía nuclear no se llegó a formar de manera completa, el esfuerzo indudable de Nabor Carrillo lo motivó a que en 1950 a 1959 con ayuda de Carlos Lozano y nuevamente Manuel Sandoval Vallarta propusieran la creación de la comisión.⁷⁸

Cuando el CICIC se transformó y da pie al Instituto Nacional de Investigación Científica en 1951, Manuel Sandoval Vallarta queda como su director, y con ayuda del físico Carlos Graef, que ya era entonces director del Instituto de Física de la UNAM, iniciaron los primeros borradores para crear la

⁷⁸ Esqueda Blas, Enrique y Ramos Lara, María de la Paz, "Nabor Carrillo: pionero de la energía nuclear en México", En *Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología*, vol. 15, No. 3, septiembre-diciembre 2013, p. 287.

comisión. La fortuna científica de Vallarta y Nabor Carrillo rindió fruto en el año de 1955 cuando surge la Comisión Nacional de Energía Nuclear que tendría el objetivo de la investigación en el área de la física nuclear en aplicación en diferentes áreas del conocimiento, así como, contribuir a la formación de una comunidad científica capaz de cumplir los retos de la energía nuclear con fines pacíficos en México.⁷⁹

Paralelamente, una vez formada esta comisión a finales de 1955, se llevó a cabo la conferencia de Ginebra donde la finalidad era tocar todos los objetivos a los cuales se iba a orientar la investigación nuclear en el mundo. A esta conferencia Nabor Carrillo asistió como delegado mexicano declarando que la investigación nuclear era una oportunidad de crecimiento institucional, por sus fuentes de aplicación desde la medicina y en la calidad de energías alternativas. Mencionó que México tenía que incursionar en la creación de reactores nucleares, sin embargo, tenía en cuenta la carencia económica que implicaba todo este proceso; para terminar, señaló destacadamente que la investigación nuclear favorecía los rubros en temas de la agricultura y la sustentabilidad. En la siguiente tabla se puede mostrar la evolución que tuvo la comisión y como cada director estableció programas y laboratorios de aplicación científica.

⁷⁹ Esqueda Blas, Enrique y Ramos Lara, María de la Paz, 2013, p. 305.

COMISIÓN NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR DE MÉXICO, LOS PROGRAMAS.

OFICINA DE ASISTENCIA TÉCNICA. JEFE: ING. MANUEL TORRES TORIJA.
INICIÓ 1956.

PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN ENERGÉTICA.	Director: Ing. Bruno de Vecchí. Inició de abril de 1957.
PROGRAMA DE EDUCACIÓN Y CAPACITACIÓN.	Director: M. en C. Augusto Moreno Y Moreno. Inicio de junio de 1958.
PROGRAMA DE REACTORES.	Director: Dr. Carlos Velez Ocón. Inició en 1960.
PROGRAMA DE INVESTIGACIÓN EN FÍSICA NUCLEAR.	Director: Dr. Marcos Moshinsky: Inició en enero de 1960.
PROGRAMA DE MEDICINA NUCLEAR.	Director: Dr. Roberto Mass Escoto. Inició en 1960.
PROGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN.	Director: Dr. Alonso Fernández G. Inició en 1960.

LABORATORIO DE RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA.	Director: Ing. Alejandro Medina. Inició en 1960.
LABORATORIO DE QUÍMICA INORGÁNICA.	Director: Ing. Federico A. Palma. Inició en 1960. Co-dirección. Ing. Roberto Treviño.
LABORATORIO DE PLASMAS.	Director: Dr. Carlos Vélez Ocón. Inició en 1960.
PROGRAMA DE GENÉTICA.	Director: Dr. Alfonso León de Garay. Inició en noviembre de 1960.
PROGRAMA DE PROTECCIÓN RADIOLOGÍA.	Director: M. en C. Jorge Halvas Guerreño. Inició en 1960. Co- director médico: Dr. Romero González Constandse.
PROGRAMA DE APLICACIONES INDUSTRIALES DE LA RADIACIÓN.	Director: Ing. Armando López Martín del Campo. Inició en 1962
PROGRAMA AGRONÓMICO.	Jefe: Ing. Jesús Uribe Ruíz. Inició en 1962.
PROGRAMA DE NORMAS RADIOACTIVAS Y DILUCIÓN.	Director: Dr. Ariel Tejera. Inició en 1962.

LABORATORIO DE CONTADORES.

Director: Ing. Eduardo Posada. Inició en septiembre de 1962.

Fuente: E. Gaona, *Cáncer, radiación y seguridad radiológica*. P. 107.

Es interesante ver como Nabor Carrillo al igual que Manuel Sandoval Vallarta tuvieron en la década de 1950 la oportunidad de manejarse en una dualidad institucional. En el primer caso tenemos a Nabor Carrillo como rector de la UNAM y el trabajo en impulsar la Comisión Nacional de Energía Nuclear; por otro lado, a Vallarta en la encrucijada entre Estados Unidos y la CNEN. Los esfuerzos del ingeniero Nabor se vieron reflejados en la comunidad científica nacional, y un claro ejemplo fue cuando la Universidad de Michigan le entregó la distinción de “Doctor Honoris Causa,” esto reafirmó que México estaba haciendo esfuerzos por la contribución de la energía atómica con fines pacíficos.⁸⁰ La comunidad académica en el área de la salud se interesó ampliamente en formar cuerpos académicos para capacitarse en energía nuclear, de esta manera, personal de México fue enviado al extranjero, algunos departamentos de física se vieron involucrados en la promoción de la física médica⁸¹.

⁸⁰ *El Universal*, “Dr. Nabor Carrillo: nuevo presidente”, sección 3° 12 de febrero de 1966, p. 8.

⁸¹ www.inin.gob.mx/publicaciones/documentospdf/LOS%20PRIMEROS%20ROGRAMAS.pdf (consultado el octubre 24 de 2019). Además, Enrique Gaona, *Cáncer radiación y seguridad radiológica...*, pp. 112-113 y 125

A todo esto, se destacan los logros en la infraestructura en la investigación nuclear en beneficio de la salud, de esta manera se firmaron convenios entre México y el Organismo Internacional de Energía Atómica para implementar laboratorios móviles, donde impartirían cursos con temas sobre el comportamiento de los radioisótopos. Por otra parte, se implementaban capacitaciones en la medicina nuclear y un ejemplo de ello fue el Hospital de Oncología del Centro Médico Nacional.⁸² De esta manera entendemos que los impactos de la investigación atómica en el país fueron fructífero en diferentes rubros, los alcances llegaron al Instituto Politécnico Nacional donde la comisión Nacional de Energía Nuclear impulsó la carrera de ingeniería nuclear y un posgrado de ingeniería nuclear en la década de los 70,⁸³ aunado a ello se sumó la capacitación de estudiantes en el extranjero y el programa de reactores nucleares que estaba en la lista de los proyectos prioritarios para el desarrollo y conformación de la Comisión.⁸⁴

La CNEN inició desde las décadas de 1950-1960 un arduo periodo de trabajo, que dio origen al Instituto Nacional de Energía Nuclear, que se marcó por su colaboración destacada con la OIEA, además con los institutos de

⁸² García Sáenz, Mauricio, *Memoria resumida: 30 años: hospital de oncología, 1961-1991*, México, Centro Médico Nacional siglo XXI, 1991, Centro Único de Información, "Ignacio García Téllez", AH-IMSS inventariado 10736, ubicación 4-6-33, pp. 2-4.

⁸³ Domínguez, Raúl, *Historia de la física nuclear en México*, México, Plaza y Valdés, 2000, p. 248.

⁸⁴ Veles Ocón, Carlos, *50 años de la energía nuclear en México*, México, UNAM, 1997, p. 25.

investigación en esta área a nivel internacional y nacional, fortaleciéndose institucionalmente.

3.3 Vallarta como artífice en la participación de México en la OIEA.

En este apartado analizaremos uno de los procesos que impactaron el tema nuclear intencionalmente y como México entró en un juego diplomático en la participación de la Organización Internacional de Energía Atómica (OIEA), y como dicha institución estuvo inmersa en la participación de la institucionalización de la Comisión Nacional de Energía Nuclear (CNEN) y el Instituto Nacional de Energía Nuclear (INEN).

En el periodo de la posguerra el bloque de los aliados entró en un juego diplomático para dar paso a la formación de instituciones que entraran como catalizadores en cualquier conflicto internacional o de igual manera de los países que estuvieran involucrados; en el trabajo diplomático nació la Organización de la Naciones Unidas (ONU), donde las tareas fundamentales consistían en la regulación de conflictos.⁸⁵ Surge ahí el Consejo de Seguridad mismo que dio paso al comité de control atómico en el año de 1946, cuya

⁸⁵ Asamblea General de las Naciones Unidas en <https://www.un.org/es/ga/about/background.shtml>. (consultado:16 de octubre de 2019).

finalidad consistía en establecer el control sobre investigación nuclear para el desarrollo en trabajos bélicos que había hecho estragos con el desarrollo del proyecto Manhattan y las dos bombas atómicas.⁸⁶

En el proceso de integración del Consejo de Seguridad, México ingresa como país no permanente, con dos representantes el ingeniero Nabor Carrillo y Manuel Sandoval Vallarta. En ese mismo año de 1946 el comité pasó a Consejo de Energía Nuclear, que tuvo como presidente a Vallarta; la participación de Vallarta la podemos atribuir por los esfuerzos que estaba realizando México como país en la integración de temas nucleares.⁸⁷

Posteriormente cuando la Comisión empezó a tener resultados, las potencias mundiales incentivaron la creación de un organismo en temas nucleares bajo la tutela de la ONU y que estuviera como regulador en el desarrollo de la física nuclear, esto implicaba un juego diplomático en un periodo de la guerra fría, donde los países de EE. UU y la URSS buscaban un control en temas de innovación tecnológica en el área nuclear. Otro de los acuerdos que se tenían que regular fueron los temas del espacio que no eran ajenos a la innovación nuclear.

⁸⁶ Naciones Unidas, Consejo de Seguridad en <https://www.un.org/es/sc/about>. (27/02/ 2018); <https://www.un.org/es/sc/members>. Consultado: 16 de octubre del 2019.

⁸⁷ Instituto Nacional de Energía Nuclear, *Homenaje al: Dr. Manuel Sandoval Vallarta 1899-1977*, México, s.p.i., p. 18.

Los esfuerzos del Conejo rindieron frutos y en la década de 1950 se crea la OIEA, desde ese momento el organismo entró con fuerza en los temas de regulación nuclear. En caso mexicano, se trabajó en un bloque latinoamericano donde México despuntaba en los trabajos Nucleares. El aporte de la OIEA se vio reflejado en la capacitación de científicos y la orientación en temas legislativos. Cuando se crea en México la CNEN el programa de becas favoreció ampliamente el sector de la Investigación.

Dentro de los objetivos de Vallarta estaba el obtener la aprobación de la OIEA para crear un centro nuclear en México, de esta manera el organismo suministró material radioactivo, como uranio, para poner en trabajo el reactor nuclear. Vemos que el apoyo en la formación nuclear en México, desde sus inicios, siempre estuvo de la mano con la creación la OIEA, que a pesar de las medidas que ponía EE. UU. Vallarta buscaba la forma de cooperación con la ONU.⁸⁸

Vallarta estuvo relacionando en uno de los acuerdos nucleares que se habían formado y firmada entre la ONU y EE. UU, en el cual se realizó el convenio por la regulación de material radioactivo, específicamente Uranio; de este modo Norteamérica le ayudaría a México a tratar este tipo de

⁸⁸ Ortega Soto, Martha y María Teresa de Jesús Pachó Rodríguez, "La fundación del Centro de Física Teórica en Trieste, Italia (1964) y la participación de Manuel Sandoval Vallarta", en *Revista Inclusiones*. Revista de Humanidades y Ciencias Sociales, vol. 5, núm. 4, octubre-diciembre de 2018, pp. 308-334.

compuestos para la optimización de su reactor.⁸⁹ De este modo EE.UU era el país más interesado en que la alineación del control en materiales radioactivos estuviera sujeta por la ONU , ya que de esa manera los países latinoamericanos estarían sujetos a los acuerdos diplomáticos que controlarían en gran medida la investigación nuclear. Es interesante las posturas de la OIEA ya que entre los debates se mencionaba:

a) Presten atención especial a los problemas de formación en ciencia y tecnología nucleares en los países en desarrollo.

b) examinen al respecto la posibilidad de organizar, cuanto antes y bajo los auspicios del Organismo, una reunión con objeto de estudiar las cuestiones relacionadas con la formación de especialistas en ciencias y tecnología nucleares en los países en desarrollo.⁹⁰

De esta manera queda claro que los esfuerzos de la OIEA incentivaban a México a establecer un acuerdo donde su único fin con la física nuclear estuviera enfocado en el tema energético limitándolo a la obtención de un arma nuclear⁹¹. Por otra parte, cuando Vallarta forma parte de la OIEA, funge de manera productiva nuevamente en traer equipo innovador para los

⁸⁹ Abud Osuna, Javier, *“El organismo internacional de energía atómica, actividades y relaciones con México”*, Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Autónoma de México, 1987, anexo 4, pp. 117-119.

⁹⁰ SRE, *Memoria de la Secretaría de Relaciones Exteriores. Por el periodo comprendido del 1º de septiembre de 1964 a 31 de agosto de 1965*, México, Talleres Gráficos de la Nación, 1965, p. 262.

⁹¹ Ortega Soto, Martha, 2019, p. 75.

laboratorios de la UNAM, de igual manera, para el instituto de Ciencias de Zacatecas. Los esfuerzos de Vallarta en la OIEA se efectuaron en la década de 1960 en cuyo organismo sería presidente. Finalmente, con el acuerdo de Tlatelolco se mostraría que la postura de México ante el desarrollo tecnológico en temas nucleares estaría limitada en gran medida por el organismo y el país vecino. A pesar de esto México iniciaría desde ese momento investigaciones en temas nucleoelectrónicos y un caso ejemplificado fue el proyecto de Laguna Verde, sin embargo, los esfuerzos en los temas nucleares no rindieron más frutos en las últimas décadas del siglo XX, teniendo como único legado a Vallarta, Nabor Carrillo y Carlos Graef.

3.4. La herencia de Vallarta

Al hablar del impacto que tuvo Manuel Sandoval Vallarta en el desarrollo de la investigación nuclear, se tiene que entender la trascendencia de su trabajo en las innovaciones científicas que realizó con las grandes mentes de la física del siglo XX; otro punto es el alcance institucional que llegó a tener en el proceso de la institucionalización en México a la incursión en organismos internacionales en pro a la ciencia.⁹² Vallarta siempre reconoció a Sotero

⁹² Sotero Prieto fue el primero que impartió teoría de la relatividad algebra superior, teoría de las funciones de variable y cálculos de variaciones; CRUZ, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1975, p. 4.

Prieto y Juan Marcos como dos grandes profesores que influyeron en él. En una charla que realizó en Morelia en la Sociedad Mexicana de Física señaló:

“Don Sotero Prieto fue mi profesor de matemáticas y Juan Marcilla fue mi profesor de física; estos dos profesores excelentes despertaron en mí una inclinación por los estudios de física y matemáticas.”⁹³

Uno de los más grandes legados de Vallarta fue su trabajo en los rayos cósmicos, que se han estudiado en esta investigación. Los alcances de ellos dejaron un paradigma científico junto con Lemaitre y Compton; el trabajo se presentó en Alemania que, en la conferencia de los rayos cósmicos, en donde lo reconocieron como pionero en los rayos cósmicos. Por otra parte, en el juego institucional se considera que Vallarta fue un científico que contribuyó firmemente en la ciencia mexicana e internacional, dando paso a que una genealogía de físicos en la década de 1980 siguiera su legado en el instituto de física de la UNAM, la carrera de ingeniería nuclear en el IPN, en la cátedra a Manuel Sandoval Vallarta de la UAM y los cursos en el MIT.⁹⁴

De los comentarios más excepcionales que se han hecho de Vallarta fue el que hizo Alfonso Mondragón; para quien fue uno de los que impulsaron la creación de la facultad de ciencias, además la integración del primer grupo de

⁹³ Conferencia impartida por Sandoval Vallarta en la sociedad mexicana de física en Morelia, 17 de noviembre de 1972; en Barnes y Mondragón, Op. Cit., p. 566.

⁹⁴ Mondragón Alfonso, 1999, p. 39.

física moderna y cómo impactó en sus estudiantes que fueron claves para el mismo desarrollo de la física donde se distinguen dos, Alfredo Baños director del Instituto de Física de la UNAM y Marcos Moshinsky, que fue uno de los físicos más reconocidos del siglo XX⁹⁵. De este modo Vallarta tenía en cuenta que la formación básica de los estudiantes influía de manera directa en su desarrollo y como a partir de ahí se podía fortalecer una tradición científica o cultura científica. Sobre este tema comentó:

“El talento se Sotero Prieto para seleccionar al alumno brillante y excepcional no tenía igual. A él dedicaba particularmente su atención, la atención de un hombre con pasión la cual era la enseñanza, así no es ningún accidente que tengamos en México un grupo de matemáticos y físicos que ya han demostrado su calidad en la investigación lo que todavía es más importante, ellos a su vez están preparando nuevos grupos de estudiantes jóvenes y brillantes que a su vez enseñarán a otras generaciones, el arranque de una acción en cadena ya está a la vista.”⁹⁶

Mondragón reiteraba que Vallarta era un inalcanzable científico; que lo que más le sorprendía de este hombre su la cultura científica, que sin duda

⁹⁵ Mondragón, Alfonso. “Manuel Sandoval Vallarta: iniciador de la física teórica e impulsor de la física en México”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*, vol. 13, No. 3, jul-sep, 1999, pp.117-119.

⁹⁶ Sandoval Vallarta, Manuel, “El desarrollo contemporáneo de las ciencias matemáticas y físicas en México”, discurso publicado en la Asamblea de la UNESCO, 14 – nov. 1947, en: BARNÉS y Mondragón, *Op. Cit.*, p. 20.

alguna implementó en México que esto se sumó a una lucha contra la ignorancia y la manera tan lenta como iba la investigación científica, creando así un paradigma científico posterior a la Revolución.⁹⁷ Por otra parte su alumno Carlos Moshinsky sostenía que las dos grandes inspiraciones que tuvo fueron, Vallarta y Compton, el primero lo describía como un reforzador de verdades y al segundo como un investigador que daba pauta a una de las ventanas del universo y estuvo agradecido por cómo había contribuido a México señalando:

Don Manuel era ante todo físico, y como tal contribuyó enormemente en este campo [...] En el caso de México [...] fue fundamental para el desarrollo de la física. El progreso ha sido real. Cuando yo ingresé a la Facultad de Ciencias en 1942, el Instituto de Física consistía de un solo cuarto donde estaban la biblioteca, los escritorios, de los cuatro o cinco investigadores, de los cuales sólo uno tenía el doctorado, el director, Alfredo Baños [...]

“Don Manuel influyó activamente en este progreso. Cuando regresó a México en 1943 [...] puso en marcha un seminario de física teórica que presidió hasta tres o cuatro años antes de su muerte. Ahí se presentaba lo más

⁹⁷ Mondragón, “Manuel Sandoval Vallarta: iniciador...”, *Op. Cit.*, p. 109.

importantes en investigación física de México, y se tenía la oportunidad de conocer el trabajo de investigadores extranjeros que acudían como invitados.⁹⁸

Moshinsky comentaba que en las clases de Vallarta tenía una habilidad para mostrar los conceptos más complejos de la física de una manera que cada estudiante entendiera perfectamente, decía que era muy crítico en la manera de enseñar en sus cursos; en este contexto podemos ver que Moshinsky es un hijo académico de Vallarta.

Por último, me gustaría resaltar la aportación de María Luisa Margáin quien fue esposa de Manuel Sandoval Vallarta, por contribuir de manera directa en la cátedra de física nuclear que lleva por nombre Manuel Sandoval Vallarta en la Universidad Autónoma Metropolitana donde podemos ver una línea de científicos mexicanos reconocidos en el campo de la física”⁹⁹

⁹⁸ Acosta, Magdalena y Juan Tonda, “Don Manuel Sandoval Vallarta pionero de la física en México” en: *Ciencia y desarrollo*, año XIV, No. 79, marzo-abril, 1988, pp. 30-31.

⁹⁹ Domínguez, Mayagoitla Héctor, “En honor de Manuel Sandoval Vallarta”, en *Ciencia y desarrollo...*, Op. Cit., p. 19. Para mayor información véase: AHININ, expediente de Manuel Sandoval Vallarta.

*Ma. Luisa Margain de Sandoval Vallarta, Sandoval Vallarta y Hans Bix,
presidente de la Agencia Internacional de Energía Atómica.*



Fuente: Archivo Gráfico del Instituto de Física de la UNAM.

3.5 Humanismo científico de Einstein a Vallarta.

El concepto de humanismo científico suele ser un tanto complejo al definirse, dentro de sus significados retomaremos la idea donde se entiende desde la perspectiva de interés que tiene la ciencia al beneficio de la humanidad. De esta manera, tratamos de entender en un pequeño análisis comparativo de Einstein y

Vallarta y como el humanismo científico se ve reflejado en sus aportes científicos, cuando vemos la importancia que la sociedad le ha dado a estos dos científicos entendemos que el trabajo de Einstein tuvo un impacto de manera directa que llevó al ser humano a replantearse su lugar en el universo, mostrando así una interrogante que trasciende hasta nuestros tiempos. ¿Cómo es posible que se entienda el espacio-tiempo como dos variables que dependan entre sí y cómo este descubrimiento llevó a la humanidad a entender el mundo complejo desde lo relativo? por otra parte, el humanismo de Manuel Sandoval Vallarta en la búsqueda de la física moderna se encontró con un paradigma científico que llevó a transformar la misión de un país como México en ver la ciencia física como una alternativa de cambio.

En su esfuerzo de dar a conocer la nueva visión de la ciencia se involucró en procesos institucionales que tuvieron impacto hasta hoy en día, en este pequeño apartado lo que se pretende es mostrar dos científicos con el mismo fin en pro a la ciencia que es formar una nueva filosofía científica en pro a la humanidad demostrando que el conocimiento funge de manera universal eliminando las fronteras del espacio y tiempo.

Continuando con nuestro análisis un factor de mayor importancia en el desarrollo científico son las colaboraciones científicas que tuvieron ambos científicos; con Einstein el congreso Solvey lo catapultaba como uno de los científicos que había modificado la forma de hacer ciencia, no por el alcance de

las investigaciones que había realizado, sino por el interés humanístico de aplicación que podían tener estas. En el caso de Vallarta cada simposio de los rayos cósmicos mostraba una red que pretendía fortalecer una comunidad científica en Latinoamérica que mostraba la ciencia como una alternativa de cambio en cada país del centro y sur de América.

Resulta complejo entender como la ciencia en estos dos personajes modificaron la manera de ver el universo, sin embargo, resulta interesante replantar una investigación que nos ayude a entender el impacto humanista en las teorías desarrolladas.

Congreso Solvey 1927.



Fuente: Physics of Triggering <https://graphene.limited/services--technologies/physics-of-triggering/Trigger-Physics/index.html>

Simposio de Rayos Cómicos en la Universidad de Chicago en 1939.



Fuente: Archivo Gráfico del Instituto de Física de la UNAM.

En este capítulo, podemos concluir que la relación de Vallarta con la ciencia normal, que se había generado después de su trabajo con los rayos cósmicos, había entrado en un proceso de aceptación por la comunidad científica internacional y nacional, fenómeno que lo catapultó a la relación con otros físicos mexicanos que vieron en él una oportunidad para la física mexicana; seguido de

su análisis que trajo con Alfredo Baños, Carlos Graef, Nabor Carrillo, entre otros; estuvo sujeta a una relación en la magnitud en el área de la física, que rindieron frutos en unos de los procesos institucionales más complicados del país que fue la inversión de la física atómica en México. La incursión de Vallarta en el organismo internacional de energía atómica de la ONU estuvo sujeta en un sistema paralelo en aportar recursos sobre materiales radioactivos y la otra consistió en mantener regulado la investigación nuclear en México. A pesar de estos los esfuerzos logrados por la física nuclear fueron muy significativos en la investigación del área de la salud y ciencias exactas, así como la integración de un centro nuclear como fue el caso de Laguna Verde. Para finalizar, se puede entender que el legado de Vallarta se sostuvo en tres pilares; la colaboración académica internacional que se destacó en la preparación del físico mexicano en los debates más sobresalientes en el periodo de la relatividad, el segundo, Vallarta y el interés por el mundo cuántico que se entiende por un físico que estuvo en el nacimiento de la forma métrica de dicha área; por último, se destacó por ser pionero en los rayos cósmicos e iniciar un proceso de intercambio académico entre Estados Unidos y México.

Conclusiones finales

A lo largo de la investigación se pudieron comprobar las hipótesis de trabajo y desarrollar los objetivos trazados al inicio de la tesis. En un primer momento nos acercamos a la figura de Manuel Sandoval Vallarta con el propósito de verificar las circunstancias familiares en que se desenvuelve su vida. Desde su infancia, sus primeros estudios, el apoyo que siempre le brindó su padre para que incursionara en la ciencia. Sus años en la joven estudiante en la Preparatoria Nacional, las relaciones de amistad y académicas que los llevaron a interesarse en la ciencia.

Desde la historia de la física y haciendo un recorrido por lo que sucede en México tanto en la física como en las matemáticas, pudimos contextualizar el quehacer de Sandoval Vallarta a la teoría de la relatividad y la fuerte influencia del ingeniero Sotero Prieto en su obra, así como las formas en que Sandoval Vallarta se mantuvo inmerso en las discusiones de la Academia Científica Mexicana. Otro aspecto que pudimos constatar del científico mexicano, fue el vínculo directo con los circuitos científicos con quienes tuvo contacto directo y un dialogo permanente.

A partir del segundo capítulo de la tesis profundizamos en las relaciones académicas que fueron alentando la personalidad del joven Sandoval Vallarta su encuentro con la física relativista de Einstein y la teoría cuántica. El apego que en varios ensayos comenzó a desarrollar por esa teoría. Ensayos que dio a conocer en forma de artículos entre un público especializado en la revista *The Physical Review*. Sus aportaciones a nivel nacional, lo llevaron a destacar en el ámbito internacional y posicionarse con una nueva perspectiva respecto de los rayos cósmicos. Dedicamos un apartado a Lemaître y Vallarta, para mostrar los inicios de la teoría de los efectos geomagnéticos y la radiación. Finalmente pudimos comprobar que las propuestas científicas de Vallarta y su madurez intelectual lo llevaron a convertirse en un referente mundial de la física moderna.

En el tercer capítulo nos ubicamos en el contexto histórico de la Segunda Guerra Mundial y la posguerra, con el propósito de identificar a Manuel Sandoval Vallarta como un científico universal, que dividía su trabajo entre Europa, Estados Unidos y México. Ya para entonces, como un físico altamente reconocido lo ubicamos como uno de los peldaños importantes en la historia de la física nuclear en México. Desde esa perspectiva pudimos sostener que Vallarta trasciende de tal forma, que su trabajo inspiró a generaciones y personas como Marcos Moshinsky, Alfredo Baños, Nabor

Carrillo, entre otros. El impacto de Vallarta en la ciencia mexicana nos animó a afirmar que su obra rindió grandes frutos, ya que buena parte de quienes fueron sus alumnos más destacados, con el tiempo, llegaron a convertirse en grandes físicos que contribuyeron, como su profesor, a la institucionalización de la física moderna y nuclear en México y esta es quizá otra de sus mayores herencias.

De esta manera, se puede concluir que la tesis *El inicio de un paradigma. Manuel Sandoval Vallarta; de la teoría cuántica y física relativista a los rayos cósmicos 1925-1970*, tuvo como resultado fundamental, desde la historia de la ciencia rescatar la vida y obra de Manuel Sandoval Vallarta como uno de los físicos mexicanos que han contribuido al desarrollo de la física en México y la institucionalización de esa disciplina al establecerse los primeros centros dedicados a la física y las matemáticas. Del mismo modo la experiencia de la tesis nos permitió identificar algunas aristas que marcaron el proceso institucional de la física en México, como fue el contexto bélico de la Segunda Guerra Mundial, posteriormente la guerra fría donde mostró la cara de un México que estaba involucrado en los debates de la física nuclear y que desde las relaciones diplomáticas contribuyó a la regulación de la investigación atómica para fines pacíficos.

Finalmente podemos decir, que gracias a la investigación realizada entendimos la importancia de la participación del Estado en el proceso formativo de la ciencia y su institucionalización. La falta de fuentes primarias limitó nuestro análisis en esta etapa formativa. Sin embargo, consideramos que la tesis es novedosa en la medida en que se introduce en la historia de la física en México, desde la figura de uno de sus artífices en el siglo XX y las contribuciones de su trabajo al conocimiento científico, la formación de recursos humanos y la inauguración de nuevas instituciones científicas. Vallarta representa para nosotros una de las mentes más lúcidas en la etapa de las revoluciones científicas del siglo XX. Con Vallarta vemos que, a pesar de las carencias en las legislaciones mexicana en temas como la guerra atómica, México se supo adaptar a las coyunturas históricas y entre ciencia y política, aprovechó los momentos y coyuntura. Sandoval Vallarta dejó tras de sí un inmenso legado de investigación e instituciones como el CICIC, después CONACYT.

FUENTES CONSULTADAS

ARCHIVOS:

ARCHIVO HISTÓRICO DEL INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL (AHIPN)

AHIPN, expediente de Manuel Sandoval Vallarta, fojas 4-11, 13-14, 16-17, 20 y 27.

AHIPN, expediente de Manuel Sandoval Vallarta, fojas 29, 32, 35, 37, 39, 42, 55, 57-59.

AHIPN, expediente de Manuel Sandoval Vallarta, fojas 31, 63, 65, 68.

ARCHIVO HISTÓRICO CIENTÍFICO, MANUEL SANDOVAL VALLARTA (AHC-MSV)

Archivo Histórico Científico Manuel Sandoval Vallarta (AHC-MSV). Sección: personal. Subsección: correspondencia. Serie: científica, caja: 30. Exp:9. marzo 15, 1932. telegrama de Manuel Sandoval Vallarta a Arthur Compton.

Archivo Histórico Científico Manuel Sandoval Vallarta (AHC-MSV). Sección: personal. Subsección: correspondencia. Serie: científica. Caja: 25. exp:4., marzo 30, 1928.

Archivo Histórico Científico Manuel Sandoval Vallarta (AHC-MSV). Sección: personal. Subsección: correspondencia. Serie: científica. Caja: 23. Exp: 3. Fecha: noviembre 17 1932. carta de Manuel Sandoval Vallarta a Natán Rosen.

Archivo Histórico Científico Manuel Sandoval Vallarta (AHC-MSV). Sección: personal. Subsección: correspondencia. Serie: científica. Caja: 21. exp: 6. Fecha: octubre, 1935. Borrador de la carta Sandoval Vallarta a Arthur Compton.

Archivo Histórico Científico Manuel Sandoval Vallarta (AHC-MSV), sección: personal. Subsección: correspondencia. Serie: científica. Caja 21. Expediente: 15. Carta de Ramón G. Loyarte para profesor M.S. Vallarta. 5 de junio, 1940.

Archivo Histórico Científico Manuel Sandoval Vallarta (AHS-MSV), sección: personal. Subsección: correspondencia. Serie: científica. Caja:23. Expediente: 8. Carta de Glef para Manuel Sandoval Vallarta, 1 de junio de 1941.

ARCHIVO GENERAL DE LA NACIÓN:

Archivo General de la Nación (AGN), Fondo Adolfo Ruiz Cortines, volumen:272, expediente: 151.3-2115.

Archivo General de la Nación (AGN), Fondo Ávila Camacho, volumen: 847, expediente: 550- 135. Noviembre 11, 1946.

HEMEROGRAFÍA:

El Nacional, 15. XI. 1947.

El Sol de San Luis, 25. I, 1960, primera plana.

El Universal, “Dr. Nabor Carrillo: nuevo presidente”, Sección 3° 12 de febrero de 1966.

ARTÍCULOS DE REVISTAS:

Acosta, Magdalena y Juan Tonda, “Don Manuel Sandoval Vallarta pionero de la física en México”, en: *Ciencia y desarrollo*, año XIV, No. 79, marzo-abril, 1988, pp. 30-31.

Bohr, N. *On the Constitution of atoms and molecules*. Philosophical Magazine, 1913, vol. 26, No. 10, p. 976.

Esqueda Blas, Enrique y Ramos Lara, María de la Paz, “Nabor Carrillo: pionero de la energía nuclear en México,” En *Revista Latinoamericana de Historia de las Ciencias y la Tecnología*, vol. 15, No. 3, septiembre-diciembre 2013, p 287.

G. Lemaitre, Georgeim. “Sandoval Vallarta”, *physical review*. Rev.43, 1933, p.87.

G. Mateos y A. Minor, “La red internacional de rayos cósmicos, Manuel Sandoval Vallarta y la física en México”, En *Revista Mexicana de Física*, julio-diciembre 2013, No. 59, p. 150.

Lemaître, G., & Vallarta, M. S., “On Compton’s latitude effect of cosmic radiation,”

The Physical Review, No. 43, 1933, pp.87–91.

L. de la Peña y A.M. Cetto, “CLÁSICAS PARADOJAS POR ORTODOXOS CUÁNTICOS: LOS TEOREMAS DE EPR Y DE BELL”, *Revista Mexicana de Física* 23 septiembre (1974): pp. 39-48.

Lemaitre, G., Vallarta, M. S., & Bouckaert, L., “On the north-southasymmetry of cosmic radiation”. *PHYSICAL REVIEW*, vol. 47, No. 6, 1935, pp. 434–436.

Mondragón, Alfonso, “Manuel Sandoval Vallarta”, *En Revista de Ciencias*, No. 53 enero-marzo, 1999, p. 33.

Mondragón, Alfonso, “Manuel Sandoval Vallarta: iniciador de la física teórica en México”, en *Boletín de la Sociedad Mexicana de Física*, vol. 13, julio-septiembre, 1999, pp. 117-119.

Ortega Soto, Martha y María Teresa de Jesús Pacho Rodríguez, “La fundación del Centro de Física Teórica en Trieste, Italia (1964) y la participación de Manuel Sandoval Vallarta”, En *Revista Inclusiones. Revista de Humanidades y Ciencias Sociales*, vol. 5, No. 4, octubre-diciembre de, 2018, pp. 308-334.

Ortega Soto, Martha, “La participación de México en la fundación del Organismo Internacional de Energía Atómica (OIEA) y durante sus primeros 20 años”, En *Saberes. Revista de historia de las ciencias y las humanidades*, enero-junio, 2019, p. 69.

Valle Heliodoro, Rafael, “Diálogo con Manuel Sandoval Vallarta”, En *Universidad de México*, vol. IV, No. 43, julio de 1950, p. 7.

Struik, D. J., & Vallarta, M. S, “Statistical interpretation of various formulations of quantum mechanics”, *Journal of the franflin institut* 207, 1929, pp. 499–502.

Vallarta, M. S., “Note on the Quantization of Non-Conditioned Periodic Systems”. *Journal of Mathematics and Physics*, vol. III, 1924, pp.108–117.

Vallarta, M. S., “Notes on Dynamical Systems Non-Integrable by Separation of Variables and on the Existence of Unmechanical” Orbits in the Atom”, En *Journal of Mathematics and Physics*, vol. III, 1924, pp. 174–181.

Vallarta, M. S., “Sommerfeld’s Theory of Fine Structure from the Standpoint of General Relativity, En *Journal of Mathematics and Physics*, vol. IV, 1925, pp. 65–83.

Vallarta, M. S., “Theory of the Continuous X-Ray Spectrum”, En *Journal of Mathematics and Physics*, vol. V, 1926, pp. 1–7.

Vallarta, M. S., “ Sommerfeld’s theory of fine structure from the standpoint of general relativity”, En *Journal of Mathematics and Physics*, vol. IV, 1925, pp. 65–83.

Vallarta, M. S., "Heaviside's proof of his expansion theorem", En *Journal of the American Institute of Electrical Engineers*, 1926, p. 45.

Vallarta, M., & Casper, L., "Bemerkung zu der Arbeit von Ludwig Casper "Zur Formel von Heaviside für Einschaltvorgänge". *Archiv Für Elektrotechnik*, vol. 16, No. 2, 1926, pp. 155–156.

Vallarta, M. S., "On the Conditions of Validity of Macromechanics". *Journal of Mathematics and Physics*, vol. VI, . (1927): p. 209–222.

Vallarta, M. S., "Note on the Statistical Interpretation of Maxwell's Equations". *Journal of Mathematics and Physics*, VIII, (1929): p. 155–161.

Vallarta, M S., "Comments on the work of Mr G von Gleich - Mass mutability in two-bodyproblem". *ZEITSCHRIFT FÜR PHYSIK*, 40(11/12), 893894. <https://doi.org/10.1007/BF01390907>. (1927).

Vallarta, Manuel S., & Rosen, N. "Relativity and the uncertainty principle". *Physical Review*, 40(4), (1932): p. 569.

Vallarta, Manuel S., & Rosen, "The spherically symmetrical field in the unified theory". *Physical Review*, 36(1), . (1930): p. 110–120.

Vallarta, Manuel S., "Heaviside's Proof of His Expansion Theorem" *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, 45, (1926): p. 429–434.

Vallarta, M S., "On Einsteins unified field equations and the schwarzschild solution". *PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA*, 15, (1929): p. 784–788. <https://doi.org/10.1073/pnas.15.10.784>.

ARTÍCULOS DE REVISTA ELECTRÓNICA:

Vallarta, M S., "Quantum theory and special relativity". *NATURE*, 124, (1929). 336. <https://doi.org/10.1038/124336a0>

Vallarta, M S., "The unified field theory and Schwarzschild's solution: A reply". *PHYSICAL REVIEW*, 35(4), (1930): p. 435. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.35.435>.

Vallarta, M S., "The interpretation of the azimuthal effect of cosmic radiation". *PHYSICAL REVIEW*, 44(1), (1933): p. 1–3. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.44.1>

Vallarta, M S., "On the longitude effect of cosmic radiation". *PHYSICAL REVIEW*, 47(9), (1935): p. 647–651. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.47.647>

Vallarta, M S, & Rosen, N., "The relativistic Thomas-Fermi atom". *PHYSICAL REVIEW*, 41(6), (1932): p. 708–712. <https://doi.org/10.1103/PhysRev.41.708>

Wiener, N., & Vallarta, M. S., "On the spherically symmetrical statical field in Einstein's unified theory - A correction". *PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA*, 15, (1929): p. 802–804. <https://doi.org/10.1073/pnas.15.10.802>

Wiener, N., & Vallarta, M. S., " On the spherically symmetrical statical field in Einstein's unified theory of electricity and gravitation". *PROCEEDINGS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE UNITED STATES OF AMERICA*, 15, (1929):p. 353–356. <https://doi.org/10.1073/pnas.15.4.353>

CAPÍTULOS DE LIBRO:

Domínguez Raúl y Lozano Joaquín, "Sotero Prieto y la enseñanza de las matemáticas en la Universidad Nacional", En *La saga de la ciencia mexicana*. México, UNAM, 2011.

BIBLIOGRAFÍA:

Azuela, Luz Fernanda y Talacón, José Luis, *Contracorriente: la historia de la energía nuclear en México 1945-1995*. México: Instituto de investigaciones sociales. Instituto de geografía-centro de enseñanza para extranjeros, universidad nacional autónoma de México-Plaza y Valdez, 1999.

Bartolucci, Jorge, *La modernización de la ciencia en México. El caso de los astrónomos*, México, Centro de Estudios sobre la Universidad, Universidad Nacional Autónoma de México / Plaza y Valdés Editores, 2000.

Bartolucci, Jorge, *La saga de la ciencia mexicana*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 2011.

Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica, *Estatutos*, México: (s.p.i.), 1943.

Cox, Brian y Forshaw, Jeff, *The Quantum Universe: Every tha Can Happen Does Happen*, España, Penguin Random Hause, 2014.

Casas, Rosalba y Carlos Ponce. *Institucionalización de la política gubernamental de ciencia y tecnología; 1970-1976*, México, Instituto de Investigaciones Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México, 1987.

Domínguez, Raúl, *Historia de la física nuclear en México*, México, Plaza y Valdés, 2000.

De María y A. Russo, *hist stud in the phis and biol sciensec* 19 “1989” 211; D. Cassidy, *hist stud in the phis sci.* 2008.

Einstein, Albert, *El significado de la Relatividad*, traducido por: Larrucea Paredes Miguel y Gómez Arenas Albino, México, Artemisa, 1985.

Goffrey, Parker, *Europa en Crisis 1598-1648, México. Siglo XXI*, 1981.

Hawking Stephen, *El universo en una cascara de nuez*, España, Planeta, 2002.

Instituto Nacional de Energía Nuclear, *Homenaje al Dr. Manuel Sandoval Vallarta 1899-1977*, México, s.p.i., p. 18.

Kuhn T.S, *La estructura de las revoluciones científicas*, México: Fondo de Cultura Económica, 1971.

Memoria de El Colegio Nacional, tomo IV, año 1949, No. 4, México, Edición del El Colegio Nacional, 1946.

Memoria de El Colegio Nacional, tomo II, año 1953, No.8, México, Edición del El Colegio Nacional, 1946.

Memoria de El Colegio Nacional, tomo IV, año 1958, No. 1, México, Edición del El Colegio Nacional, 1946.

Mondragón, Alfonso y Barnés, Dorotea, *Manuel Sandoval Vallarta: Obra científica*. México, UNAM- Instituto Nacional de Energía Nuclear, 1978.

Mosqueira R., Salvador, *Manuel Sandoval Vallarta. Física general. Segundo curso*, México, patria, 9° edición, 1962.

México, SRE, *Memoria de la Secretaría de Relaciones Exteriores. Por el periodo comprendido del 1º de septiembre de 1964 a 31 de agosto de 1965*, México, Talleres Gráficos de la Nación, 1965.

Pascual, Jordan, *La física del siglo XX, México, FEC breviaros*, No. 22, 1969.

Rodríguez, Álvarez, Ma. de los Ángeles (coord.), *50 años en la historia de la educación tecnológica*, México, Instituto Politécnico Nacional, 1988.

García Sáenz, Mauricio, *Memoria resumida: 30 años: hospital de oncología, 1961-1991*, México centro médico nacional siglo XXI, 1991, Centro Único de

Información, "Ignacio García Téllez", AH-IMSS inventariado 10736, ubicación 4-6-33.

Ramos Gómez, Francisco y Morales Mori, Alejandro. *Sobre los inicios de la profesionalización de la física en México*, México, Departamento de Física, Facultad de Ciencias, 2016.

Solís, Carlos (comp.), *Alta tensión: historia, filosofía y sociología de la ciencia. Ensayos en memoria de Thomas Kuhn*, Buenos Aires, Paidós, 1998.

Tamayo Pérez Ruy, historia general de la ciencia en México en el siglo XX, México: fondo de cultura económica, 2005.

Taton, René. *La ciencia contemporánea II: El siglo XX*, España, Ediciones Destino Barcelona, 1975.

Villareal, René, *Industrialización, deuda y desequilibrio exterior en México. Un enfoque macro industrial y financiero (1929-2000)*, México, Fondo de Cultura Económica, 2001.

Veles Ocón, Carlos, *50 años de la energía nuclear en México*, México, UNAM, 1997.

TESIS:

Abud Osuna Javier, *El organismo internacional de energía atómica, actividades y relaciones con México*, México, tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, Universidad Nacional Autónoma de México, 1987

Minor García, Adriana, *Movilizaciones científicas y relaciones interamericanas en la trayectoria de Manuel Sandoval Vallarta 1917-1942*, México, tesis de doctorado, UNAM, 2016.

PONENCIAS:

Conferencia impartida por Sandoval Vallarta en la Sociedad Mexicana de Física, Morelia, 17 de noviembre de 1972.

J. Ishitsuka, y H. Trigos, "Cosmic Rays in Peru". Conferencia dictada en *Third School on Cosmic Rays and Astrophysics*, Arequipa, Perú, agosto 25- septiembre 5, 2008.

Valdés. José, "Una lluvia que llega del cosmos", En: *V Ciclo de Conferencias. "Homenaje a Manuel Sandoval Vallarta"*, Universidad Autónoma Metropolitana, octubre, 2007.

ELECTRÓNICAS:

Asamblea General de las Naciones Unidas en <https://www.un.org/es/ga/about/back ground.shtml>. consultado:16 (consultado en octubre de 2019).

Departamento de Ciencias Formación Básica IPN. <http://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/cultura-numero-17/732>. (consultada el 19/08/2019).

Instituto Nacional de Investigaciones Nucleares en: <https://www.gob.mx/inin/> (Consultado en octubre 2019).

Naciones Unidas Consejo de Seguridad en <https://www.un.org/es/sc/about>. (27/02/2018); <https://www.un.org/es/sc/members>. (Consultado en octubre del 2019).

Olvera A. Miguel, Silva M. Jorge J. "Dr. Manuel Sandoval Vallarta, su vida, su trabajo y su invaluable aportación para la ciencia en México". Boletín UPIITA 19. <http://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/cultura/330-cultura-numero-19/732-dr-manuel-sandoval-vallarta-su-vida-su-trabajo-y-su-invaluable-aportacion-para-el-desarrollo-de-la-ciencia-en-mexico>. (Consultado el 15/06/2019).

Olvera A., Miguel y Silva M. Jorge j. "Dr. Manuel Sandoval Vallarta, su vida, su trabaja y su invaluable aportación para el desarrollo de la ciencia en México". Departamento de Ciencias Formación Básica IPN. <http://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/cultura-numero-17/732>. (consultada el 19/08/2019).

Olvera A., Miguel y Silva M. Jorge j. "Dr. Manuel Sandoval Vallarta, su vida, su trabaja y su invaluable aportación para el desarrollo de la ciencia en México". Departamento de Ciencias Formación Básica IPN.

<http://www.boletin.upiita.ipn.mx/index.php/cultura-numero-17/732>. (consultada el 19/08/2019).

Vallarta, M S. (1929). "Quantum theory and special relativity". *NATURE*, 124, 336. <https://doi.org/10.1038/124336a0> (Consultado el 1 de julio de 2019).

Vallarta, M. S. (1926). "Theory of the Continuous X-Ray Spectrum". *Journal of Mathematics and Physics*, <https://www.nature.com/articles/124336a0> (Consultado el 1 de julio de 2019).

FOTOGRAFÍAS:

Archivo Gráfico del Instituto de Física de la UNAM. Georges Lemaitre con Manuel Sandoval Vallarta en 1938.

Archivo Gráfico del Instituto de Física de la UNAM. Simposio de Rayos Cómicos en la Universidad de Chicago en 1939.

Archivo Gráfico del Instituto de Física de la UNAM. Ma. Luisa Margain de Sandoval Vallarta, Sandoval Vallarta y Hans Bix, presidente de la Agencia Internacional de Energía Atómica.

Contador de Coincidencias en el Instituto de Física de la UNAM. Ca. 1938

Imagen: Club latinoamericano del MIT en el año de 1929.

Congreso Solvey 1927. En : Physics of Triggering <https://graphene.limited/services--technologies/physics-of-triggering/Trigger-Physics/index.html>. (Consultado el 23 de octubre de 2019)

Historia Gráfica del Instituto de Física de la UNAM 1988.