UNIVERSIDAD AUTÓNOMA METROPOLITANA.

UNIDAD IZTAPALAPA.

DIVISIÓN DE CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES.

DEPARTAMENTO DE FILOSOFÍA.

ÁREA DE HISTORIA.

SEMINARIO DE INVESTIGACIÓN.

MANUEL SANDOVAL VALLARTA Y SU RELACIÓN CON EL DESARROLLO DE LA EDUCACIÓN SUPERIOR Y LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN MÉXICO DURANTE EL SIGLO XX.

ALUMNA. MARIANA SÁNCHEZ RAMÍREZ.

ASESOR: DRA. SONIA PÉREZ TOLEDO.

TRIMESTRE: 02-I.

MÉXICO D. F. MAYO DE 2002.

Mat. 96323452

ÍNDICE.

PÁGINA.

AGRADECIMIENTOS..... i

INTRODUCCIÓN..... *1*

1.LOS MOTIVOS DE ESTUDIO..... 1

2. REFLEXIÓN SOBRE LAS FUENTES ACERCA DEL DR. MANUEL SANDOVAL VALLARTA..... ... 12

CAPÍTULO I MANUEL SANDOVAL VALLARTA..... *21*

CAPÍTULO II LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN NUESTRO PAÍS Y LA PARTICIPACIÓN DE MANUEL SANDOVAL VALLARTA EN SU DESARROLLO DURANTE EL SIGLO XX *39*

1. LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN LOS COMIENZOS DEL SIGLOXX.....39

2. LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR..... 45

3. EL DR. SANDOVAL VALLARTA Y SU INJERENCIA EN LAS INSTITUCIONES DE EDUCACIÓN SUPERIOR. 1943-1963..... 50

CAPÍTULO III MANUEL SANDOVAL VALLARTA Y SU APORTACIÓN A LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN MÉXICO Y EL MUNDO..... *57*

1. LA HISTORIA DE LA CIENCIA EN MÉXICO..... 57

2. MANUEL SANDOVAL VALLARTA Y SU ETAPA COMO CIENTÍFICO..... 61

3. MANUEL SANDOAL VALLARTA Y LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN NUESTRO PAÍS..... 75

4. *MANUEL SANDOVAL VALLARTA Y SU LABOR EN EL EXTRANJERO..... 86*

CONCLUSIONES..... *90*

BIBLIOGRAFÍA..... *94*

APÉNDICE I I

APÉNDICE II..... *LIV*

APÉNDICE III ..... *LXIX*

APÉNDICE IV..... *CXII*

AGRADECIMIENTOS

El presente trabajo está dedicado a todas aquellas personas que de alguna u otra forma han hecho posible la realización del mismo.

A mi mamá, la Sra. Carmen Ramírez Macías, que es mi vida y que sin amor, su ayuda y su apoyo infinito, no me hubiera sido posible llegar hasta aquí.

A mi abuela, la Sra. Carmen Macías Vda. de Ramírez, por los 21 años más maravillosos de mi vida y por todo su apoyo y sus bendiciones donde quiera que se encuentre.

A mi papá, Don Adolfo, por estar con nosotras siempre. GRACIAS.

A mis tíos Rosa María y Agustín a quienes también les corresponde una parte de este trabajo.

A todos mis profesores, especialmente a mi asesora la Dra. Sonia Pérez Toledo y al Profesor Federico Lazarín Miranda, por darme la oportunidad de participar en este proyecto.

A mis amigos, Indra, Luz, Miguel Ángel, Miguel Arturo y a quienes, aunque no menciono, me han apoyado con su amistad y su cariño.

A todos aquellos que directa o indirectamente han estado siempre cerca de mí... MIL GRACIAS.

INTRODUCCIÓN

"México tiene también, como muchos otros países, una historia secreta. Esta historia secreta es su historia de la ciencia. Esta historia de la ciencia narra casi siempre las hazañas de unos pocos individuos o, a lo más, de reducidas comunidades de hombres de ciencia. El método histórico resulta el vehículo más idóneo para transmitir las ideas científicas del pasado a aquellos que estén dispuestos a recibirlas. "[1]

Elías Trabulse.

"La función principal de la ciencia es la búsqueda y el descubrimiento de la verdad objetiva."[2]

Manuel Sandoval Vallarta.

1. *Los motivos de estudio.*

El tema de la educación en México se ha convertido en un campo muy fértil para llevar a cabo investigaciones históricas, pues existen trabajos que estudian el tema desde la época prehispánica, durante el periodo colonial, la época del México independiente, y hasta llegar a nuestros días. No obstante, ha existido poco interés por estudiar la forma en que la educación se ha relacionado con el desarrollo de la ciencia y la tecnología en nuestro país, aspecto que me parece muy importante, ya que es en las escuelas de nivel superior, donde la ciencia y la tecnología han alcanzado sus mayores avances.

---

[1] TRABULSE, 1994, P. 9.

[2] MENDOZA, 1995, p. 69.

Es precisamente por esta razón que nos hemos interesado en estudiar algunos aspectos de esta relación, pero partiendo de la figura de uno de los científicos y maestros más destacados que ha tenido México, como fue Manuel Sandoval Vallarta, quien realizó su labor científica y educativa durante buena parte del siglo XX y cuyo periodo de mayores aportaciones en el campo de la educación superior y de la ciencia se desarrolló entre 1943 y 1963; ya que fue durante estos años que Manuel Sandoval Vallarta desempeñó el mayor número de puestos docentes y cargos dentro de las instituciones públicas de educación superior más importantes de nuestro país: la Universidad Nacional Autónoma de México y el Instituto Politécnico Nacional; pues fue profesor de Física de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional de 1943 a 1945; investigador en el Instituto de Física de 1944 a 1963, director de este Instituto entre 1944 y 1945, coordinador de Ciencias de la Universidad Nacional entre 1945 y 1946 y miembro de la Junta de gobierno de esta Universidad en 1946. Asimismo, fue Director del Instituto Politécnico Nacional de 1943 a 1947 y fungió como Subsecretario de Educación Pública de 1953 a 1958. Sin embargo, es importante resaltar también su labor como diplomático y el apoyo que brindó a la investigación científica.

Dentro de la historia de la educación en nuestro país, el estudio de la educación superior no se ha desarrollado mucho en términos historiográficos, aunque se han realizado muy buenos estudios acerca del desarrollo de ésta, tales como los de Alfonso Rangel Guerra, Pablo Latapí, Salvador Martínez Della Rocca, entre otros, todavía hay mucho que hacer.

En cuanto al estudio de la ciencia en México dentro de la historiografía; destacan los excelentes trabajos realizados por Elías Trabulse, quien ha

investigado el desarrollo de ésta desde la época prehispánica, hasta el siglo XIX; asimismo, podemos mencionar la existencia de una Sociedad de Historia de la Ciencia en México; de una revista dedicada al estudio de la historia de la ciencia llamada QUIPU. También encontramos que en la Universidad Autónoma Metropolitana unidad Xochimilco se han publicado algunos trabajo sobre historia de la química, los cuales, fueron coordinados por la Dra. Patricia Aceves.

Pero, ¿de qué forma podemos encontrar la historia de la ciencia dentro del ámbito de la enseñanza? ¿Cómo se ha desarrollado ésta dentro de la enseñanza superior?

Tomás Brody considera que durante las últimas décadas, la historia de la ciencia se ha convertido en una disciplina seria e importante. Según su opinión, una de las formas básicas de enfocar la enseñanza de una ciencia es precisamente la forma histórica, que trata de mostrar cómo se han ido desarrollando los conceptos así como de explicar cuáles fueron las dificultades en este desarrollo y cómo intentaban resolverlas con el tiempo.[3] Esto lleva a pensar al autor que la introducción de elementos históricos ayuda de manera considerable a lograr un entendimiento de los conceptos involucrados en una disciplina científica.

Sin embargo, uno de los problemas a los que se enfrenta la historia de la ciencia dentro de la enseñanza está precisamente en el grupo de los historiadores profesionales, ya que científicos y filósofos de la ciencia reconocen, por lo menos,

[3] BRODY, 1984, p. 197.

la importancia de la historia de la ciencia; sin embargo, los historiadores rara vez se percatan de que la historia de la ciencia es antes que nada, una historia.[4] En la formación profesional de un historiador, la historia de la ciencia debe figurar en la corriente de estudio, ya que es parte de la historia en el mismo sentido que lo es la historia económica o de la cultura y porque debe reconocerse como uno de los principales motores de la historia general. Una de las formas de enlazar el estudio de la historia de la ciencia, y tal vez la más importante, es la que representa la investigación histórica. La segunda se encuentra dentro del estudiantado. Finalmente, una de las tareas más importantes de la historia de la ciencia consiste en el rescate de los documentos originales, la creación de archivos y el análisis del material que resulta para la historia del desarrollo científico en nuestro país.[5]

Todos esos acontecimientos abrirían una nueva etapa de gran riqueza y productividad en nuestro país a partir de la segunda década del siglo XX.

Ahora bien, ¿cómo ha estudiado la historia el desarrollo de la ciencia y la tecnología en nuestro país? ¿Ha tomado en cuenta su relación con la creación de instituciones de enseñanza científica?

Existen varias alternativas que la historiografía ha adoptado para adentrarse en el estudio de la ciencia en México. Juan José Saldaña indica que, dentro de la historiografía contemporánea, el estudio de la ciencia en los países considerados como coloniales durante el siglo XVIII ha sido desarrollado por Georges Basalla, quien ha utilizado un modelo evolutivo de tres fases para explicar la difusión

---

[4] BRODY, 1984, p. 201.

[5] BRODY, 1984, p. 204.

científica en dichos países. Para este autor, la expansión de la ciencia occidental hacia las sociedades no 'occidentales' se produjo, en un inicio, como resultado de la investigación científica realizada en las regiones colonizadas por científicos europeos. La fase posterior estuvo constituida por la ciencia colonial, en que la actividad científica que se desarrolló en la sociedad, que la recibió inicialmente, fue desarrollada por científicos enviados a estos territorios, y dependió completamente de las instituciones y tradiciones europeas. La última fase de ese desarrollo científico se observó cuando, finalmente, se llegó al establecimiento de una cultura científica independiente de la influencia y control de la metrópoli europea. No obstante, este modelo historiográfico ha sido cuestionado y considerado por algunos historiadores como un método inadecuado para comprender la variedad de formas que adoptó la expansión geográfica de la ciencia en América y la complejidad contextual de este desarrollo en cada una de las regiones que comprendían las colonias europeas, ya que este modelo ignora el contexto local en que actúa la ciencia y considera a la ciencia desarrollada en estas regiones al margen de elementos tan importantes como la colonización, la explotación económica, la homogeneización y el choque cultural que experimentaron las sociedades nativas.[6] En lo que se refiere a las tendencias metodológicas, pueden distinguirse dos de ellas. La primera se ha ocupado por estudiar la "ciencia colonial" y analiza la actividad científica desarrollada en las regiones colonizadas bajo la influencia de la ciencia europea. La segunda ha surgido en fechas recientes y se ha dedicado a estudiar la "ciencia nacional",

[6] SALDAÑA, 1992, p. 12.

recurriendo a una perspectiva que enfatiza el contexto local y le atribuye un valor explicativo o causal a éste.[7]

Por su parte, Elías Trabulse señala que la historia de la ciencia es una disciplina relativamente reciente dentro de nuestra historiografía; sin embargo, a pesar de no contar con una abundancia de interpretaciones, no se debe subestimar la importancia de la ciencia y la técnica en el desarrollo del país ni pasar por alto su influencia en los aspectos sociales, económicos y políticos. El mismo Trabulse nos dice que existen varias formas de acercarse al estudio de la ciencia y la tecnología en México. La primera se refiere al estudio de las interacciones entre las diversas ciencias, sobre todo en la época colonial, antes del periodo de especialización que caracterizó al siglo XX; la segunda forma es mediante el análisis de las relaciones, primero entre la ciencia y la sociedad y, segundo, entre la tecnología y la sociedad en la que ambas se desenvuelven. La tercera está constituida por el estudio de las interrelaciones entre ciencia, tecnología y economía; por último, está el estudio de las interacciones entre las ciencias, las técnicas y las humanidades.[8]

Para poder estudiar la historia de la ciencia desde esta perspectiva, es decir, en la que se relacionan las ciencias, las técnicas y las humanidades el autor plantea la utilización de los elementos metodológicos tradicionales de la historiografía positivista de la ciencia, que pretende aplicar los procedimientos de la historia científica a los hechos de la ciencia y de la tecnología, en busca de la

---

[7] SALDAÑA, 1992, p. 13.

[8] TRABULSE, 1984, p. 12.

línea que muestre la acumulación paulatina de las experiencias y los datos científicos que actuaron modificando la realidad concreta por medio de la técnica.[9] Dentro de la labor de reconstrucción del pasado científico y tecnológico, no son pocas las limitaciones con las que pueden toparse los historiadores; éstas, en ocasiones, los obligan a detenerse en la pura recopilación bibliográfica sin realizar un análisis crítico de los textos, lo que les permitiría ubicarlos en un contexto más amplio. Los periodos en los que quedan establecidos el estudio de la ciencia y de la tecnología no siempre coinciden. También es importante analizar los distintos tipos de comunidades científicas que se sucedieron a lo largo de los periodos de desarrollo de éstas. Estas comunidades de científicos no sólo se sucedieron sin solución de continuidad, sino que algunas de ellas desempeñaron sus actividades en la ciudad de México así como en distintas regiones del país, dedicándose activamente a la docencia y a la divulgación del saber científico y técnico, fundando instituciones y publicaciones periódicas para difundir sus trabajos, generando interesantes polémicas sobre los más variados temas.[10]

Ahora bien, en cuanto a la figura Manuel Sandoval Vallarta, se han realizado algunos trabajos biográficos, con motivo de homenajes, retrospectivas, etc.; sin embargo, es conveniente mencionar que ninguna de ellas realiza un análisis profundo, o superficial siquiera, de la labor de Manuel Sandoval ya fuera como académico o como funcionario público; en todas ellas sólo se mencionan los

[9] TRABULSE, 1984, p. 13.

[10] TRABULSE, 1984, p. 21.

periodos en los que laboró, por ejemplo, en la Secretaría de Educación Pública o en el Instituto Politécnico Nacional, o en los que fungió como diplomático tales como su estancia en la Comisión de Energía Nuclear de la Organización de las Naciones Unidas, pero ninguna de ellas profundiza en sus logros dentro de estas instituciones.

Sin embargo, a partir de la información con la que contamos, nos atrevemos a suponer que la innumerable labor científica desempeñada por Sandoval Vallarta en campos tales como la física o la astronomía en México así como en las instituciones educativas, científicas y tecnológicas del extranjero, tuvo repercusión en el desarrollo de la educación superior. Además, suponemos también que Sandoval Vallarta fue un actor importante en el surgimiento de las instituciones de investigación científica como el Instituto de Física de la UNAM o la Escuela Superior de Física y Matemáticas perteneciente al IPN. Asimismo, podemos suponer importante el hecho de que fuera miembro del Colegio Nacional, considerado como una de las instituciones más importantes de este país en cuanto a investigadores se refiere. De la misma manera, suponemos fundamental su aportación a los métodos de enseñanza de la física y el comienzo de una tradición científica en México. Pero me parece que resulta importante un estudio más profundo de su trabajo realizado en el ámbito del desarrollo de la educación superior en México y del proceso de institucionalización de la investigación.

La historia social constituye, en palabras de Otto Frunner, una forma de ver la coexistencia humana y la estructura de la sociedad, fuera del estudio de campos limitados de éstos. Dentro del estudio de la historia social existen una amplia variedad de métodos y enfoques, por lo que ésta ha establecido ramas o hasta

subdisciplinas, así como vínculos con aspectos económicos, políticos e intelectuales de la historia. Asimismo, Hobsbawm distingue algunas problemáticas importantes dentro de la historia social. Entre ellas se pueden distinguir el estudio de la demografía y el parentesco; los estudios urbanos; el estudio de clases y grupos sociales; la historia de las "mentalidades"; es decir, la conciencia colectiva o cultura en el sentido antropológico; la transformación de las sociedades y, el estudio de los movimientos sociales y de protesta social.[11]

Uno de los temas que estudia la historia social es precisamente el de la educación y en este trabajo trataré de analizar la relación existente entre la educación superior y la ciencia en nuestro país durante el siglo XX; por lo que este trabajo está realizado dentro del marco de la historia social, la cual busca incorporar a los actores dentro del análisis de proceso. En este caso trataré de mostrar la importancia de Manuel Sandoval Vallarta en el proceso de desarrollo de la educación superior y la investigación científica mexicana. Por ello, insertaremos dentro del contexto social del país durante el período elegido para este estudio, el trabajo realizado por este científico en cuanto a los asuntos académicos y trataré de dilucidar la importancia de la ciencia dentro de la enseñanza superior.

Sin embargo, este estudio puede considerarse también dentro del enfoque de la microhistoria, el cual, aborda el problema de cómo acceder al conocimiento del pasado mediante diversos indicios, signos y síntomas, conformando un procedimiento que toma lo particular como punto de partida y procede a identificar su significado a la luz de su contexto específico. Dentro de la microhistoria, la teoría más coherente del contexto es la funcionalista, cuyo aspecto más

[11] MÖRNER, 1992, p. 420.

característico consiste en centrarse en el contexto para explicar la conducta social.[12]

Ahora bien, este enfoque puede ser aplicado dentro de nuestro estudio, al analizar los acontecimientos sucedidos en México durante las décadas de 1940, 1950 y 1960 en los ámbitos social, educativo y político; tomándolos como elementos fundamentales dentro de este contexto y vinculándolos directamente con diversos aspectos de la vida y obra de Manuel Sandoval Vallarta.

La historia oral, es la historia escrita a partir de la evidencia recogida de una persona viva, en vez de partir de documentos escritos. Quedó pendiente, dentro de este trabajo, la posibilidad de recoger algunos testimonios procedentes de personas que estuvieron relacionadas de una u otra forma con la carrera académica de Sandoval Vallarta; sin embargo, en el momento en que se realice esta labor , se aportarán otros elementos, que podrán ser utilizados en estudios futuros.

Para cumplir con estos objetivos, el trabajo se ha estructurado de la siguiente manera:

1) En el primer apartado se abordan algunos de los aspectos de la vida y obra de Manuel Sandoval Vallarta, ya que será alrededor de este personaje que centraremos nuestro análisis, por lo que se inicia con una pequeña biografía para, posteriormente, interrelacionar las ideas y conceptos que nos llevarán a ampliar la

[12] LEVI, 1993, p. 137.

visión que podamos tener acerca del Dr. Sandoval y su influencia en los sectores académico y científico del país.

2) El segundo apartado, tratará acerca de la labor de Manuel Sandoval Vallarta dentro del ámbito de la educación superior en nuestro país. Se analizará su desempeño como académico en las Instituciones de educación superior a las que perteneció y se observará también si tuvo injerencia o no dentro del desarrollo e impulso a la educación superior en México durante el periodo en que Sandoval Vallarta ocupó algunos puestos públicos, tales como la Dirección del Instituto Politécnico Nacional o la Subsecretaría de Educación Pública.

3) Finalmente, el tercer apartado está dedicado a tratar de analizar la obra científica de Sandoval Vallarta y su labor dentro del desarrollo de la investigación científica en nuestro país dentro y fuera de las instituciones de educación superior. Esto será posible mediante el análisis de algunos documentos encontrados en diversos archivos y en la correspondencia y documentos personales que hasta el momento han sido encontrados en el Archivo Histórico Científico que lleva su nombre, localizado en la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y el cual, está en proceso de ordenación; por lo que la localización explícita de las fuentes que puedan ser incluida en este estudio será tentativa.

2. *Reflexión sobre la producción historiográfica acerca de Manuel Sandoval Vallarta.*

Las fuentes con las que contamos para realizar esta investigación, en torno a la figura del Dr. Manuel Sandoval Vallarta comprenden varias biografías, realizadas

después de su fallecimiento y como homenaje a su labor como científico, como académico y como diplomático. Asimismo, contamos con algunos de los bocetos utilizados por los autores para la realización de dichas biografías. Y algunos discursos pronunciados en su honor, que tratan de manera muy especial, de exaltar la figura de este ilustre personaje. No obstante, es preciso señalar que entre dichas biografías y la mayoría de los trabajos encontrados acerca de la obra de este científico, existen diferencias que llegan a ser contradicciones, sobre todo en cuanto a la precisión de algunas fechas se refiere. Asimismo, las fuentes en las que basan sus obras los diversos autores que analizaremos, no son completamente confiables, ya que en ninguna podemos observar una investigación basada en fuentes primarias, sólo se basan en otras fuentes bibliográficas, con excepción del trabajo realizado por Eusebio Mendoza, que incluye algunas entrevistas realizadas a personajes relacionados directa o indirectamente con Manuel Sandoval, como su esposa Maria Luisa Margain, entre otros. Se trata de trabajos repetitivos, que realmente no aportan nada nuevo para aquellos que estudian la labor de Manuel Sandoval.

En primer término, contamos con una recopilación acerca de su obra científica, titulada así, Obra científica, cuya introducción fue escrita por Dorotea Barnés y Alfonso Mondragón, de la cual podemos obtener una serie de datos acerca de su labor científica, pero no profundiza en el tema. En este apartado se encuentra también una lista de los cargos académicos y de los puestos políticos y diplomáticos que ocupó durante su vida como profesional de la ciencia y su currículum vitae.

La mayor parte del texto está dedicada a la transcripción de los artículos que el científico mexicano publicó o escribió durante su vida como investigador. Sin embargo, es muy importante ya que sí reúne la mayor parte de los artículos que Sandoval Vallarta escribió no sólo en revistas de ciencia mexicana, sino en numerosas publicaciones en el extranjero. Se trata de una recopilación de datos de orden científico.

Este primer trabajo nos muestra algunos de los elementos mencionados anteriormente, se trata de una biografía que no reúne ni siquiera los datos básicos sobre su vida personal, se concreta solamente a mencionar algunos rasgos de su trabajo como científico, las instituciones en las que realizó sus estudios superiores, sin embargo no profundiza en un análisis ni de su obra ni da una idea acerca de la repercusión que suponemos tuvieron sus investigaciones en el campo de la física. Incluye un apartado donde aparece su Curriculum Vitae, que ciertamente es bastante cercano en cuanto a precisión, del que escribiría el propio Manuel Sandoval y que se encuentra en su archivo personal, el cual, se haya en proceso de catalogación.

En el texto titulado Seis años de labor 1952-1958, se observa un pequeño apartado, en donde se menciona a Sandoval Vallarta durante el periodo de su labor en la UNESCO, pero es muy pequeño; sin embargo, creo que es de cualquier forma importante ya que nos proporciona información sobre él y puede servirnos para formarnos una imagen de quien fue Manuel Sandoval Vallarta. Sin embargo, no es precisamente un texto del que podamos obtener gran cantidad de información, en primer lugar, por su extensión, que es muy corta y en segundo,

que sólo menciona de forma muy somera, las actividades que desempeñó Manuel Sandoval en esta Organización.

Una obra que será muy importante para el desarrollo de este trabajo es la de Eusebio Mendoza Ávila titulada Semblanza del Doctor Manuel Sandoval Vallarta, Ex director del Instituto Politécnico Nacional, realizada en 1995.

Este texto cuenta con algunas entrevistas realizadas a personas cercanas a Sandoval Vallarta, tales como su esposa o algunos de sus familiares como su cuñado, etc., así como a algunos alumnos y amigos suyos; una semblanza de su vida y otra referente a su obra científica.

Lo que resulta bastante interesante en esta obra, es el fragmento dedicado a su semblanza, ya que nos habla de todas las actividades que Manuel Sandoval realizó como académico en México y como funcionario público, cuestiones relevantes dentro de nuestro estudio. Asimismo, aborda algunas facetas de tipo personal del científico y, sobre todo, hacen una valoración de su obra y de su labor como científico destacado, no sólo en México sino también en el extranjero. Es necesario decir que en la realización de esta obra participan además del Dr. Mendoza quien es el que la elabora, la Dra. María de Lourdes Pérez Garrido quien realiza las entrevistas con el Lic. Hugo Margain, familiar de Sandoval Vallarta, y con el Dr. Alfonso Mondragón, quien además colabora en lo que es el análisis de la obra científica de Manuel Sandoval.

La semblanza que se hace de la vida de Manuel Sandoval es muy buena, ya que hace referencia desde los orígenes de sus abuelos y cómo estaban vinculados con algunos aspectos de la vida social pública del país. Asimismo,

menciona la forma en que Sandoval Vallarta se fue involucrando en el mundo de las ciencias, como la física y las matemáticas, los viajes realizados por éste a universidades en el extranjero, como el Instituto Tecnológico de Massachussets, o instituciones en Alemania en las cuales, trabajaría al lado de científicos tan importantes como Albert Einstein, por mencionar alguno.

No obstante, cabe aclarar, que las fuentes que utiliza para realizar dicho trabajo no son confiables, casi no hace uso de fuentes primarias, y al igual que las demás biografías, repite en gran parte, la información que ya conocemos, por lo que aunque su información es importante, por incluir entrevistas, el trabajo biográfico aporta pocos elementos nuevos.

Este libro nos será de gran utilidad para conformar lo que será la parte central del trabajo, que consiste en averiguar la relación que Sandoval Vallarta tuvo con la educación superior en nuestro país, ya que es la única fuente bibliográfica que se ocupa del aspecto académico y de la vida científica de éste. Además, a pesar de que el autor de esta obra no es un historiador, hace una buena relación de los datos que obtiene con el desarrollo científico que experimentó el país mientras Sandoval Vallarta fue parte de éste.

La obra titulada Manuel Sandoval Vallarta: Homenaje, constituye también una obra que será muy útil en el desarrollo de nuestra investigación. Se trata de un homenaje realizado por el Instituto Nacional de Estudios Históricos de la Revolución Mexicana a este científico, en 1987. Está constituido por una serie de artículos realizados por algunos científicos relacionados o interesados en la labor

científica de Sandoval Vallarta, también se incluyen algunos escritos de este científico.

La primera parte del texto consiste en una serie de semblanzas que se refieren a diversos aspectos de la obra de Manuel Sandoval. En estas semblanzas participan autores como Alfonso Mondragón, Marcos Moshinsky, entre otros. Se analiza la obra científica de Sandoval Vallarta, así como algunos de los estudios que llevaron a éste a formular la teoría de los rayos cósmicos. Asimismo, se aborda su labor como humanista y como destacado científico. La segunda parte nos brinda buena biografía de Sandoval Vallarta, escrita por dos autores diferentes, como el Dr. Julius Stratton y el Dr. Serge Koff. Este libro cuenta, al igual que la biografía incluida en la recopilación de su obra científica, con una semblanza de sus conferencias y ensayos, así como su currículum vitae.

Se trata de la mejor recopilación hecha sobre Manuel Sandoval Vallarta, ya que analiza las distintas facetas que desempeñó Manuel Sandoval dentro de su vida como académico y científico, pero desde una perspectiva histórica, aunque no haya sido escrito por historiadores. Sin embargo, tampoco podemos asegurar que los datos que se incluyen en esta obra sean comprobables, ya que, como en los casos anteriores, no proporciona fuentes de primera mano, solamente hace referencia al texto de Obra Científica, por lo que resulta poco confiable también. Aun así, es el texto que más habla de su trabajo como científico y como funcionario público.

Existe también una semblanza realizada por Instituto Nacional de Energía Nuclear, titulada Manuel Sandoval Vallarta, que aunque es muy pequeña, contiene datos importantes acerca de la obra de este personaje dentro de dicha institución.

Y lo más importante, se trata de una conferencia dictada por el mismo Sandoval Vallarta en el año de 1972.

Encontramos una semblanza homenaje, realizada por el Instituto México-Norteamericano de Relaciones Culturales, que destaca la presencia de Sandoval Vallarta y de su esposa, la Sra. María Luisa Margain de Sandoval Vallarta, dentro de esta institución.

Cabe destacar que entre todas las biografías que hasta el momento se han realizado en torno a Sandoval Vallarta, existen ciertas discordancias, sobre todo, con respecto a algunas fechas, pero esperamos poder aclararlas a medida que se encuentren los documentos originales y se puedan corroborar éstas.

También es conveniente mencionar que se utilizarán, principalmente, algunas de las biografías antes mencionadas, a lo largo del desarrollo del trabajo, para referirnos a la labor del científico, debido a la escasez de material de primera mano. No obstante, este trabajo no pretende ser la repetición de las biografías que se han hecho de Sandoval Vallarta, ya que se pretenden agregar, en la medida de lo posible, elementos nuevos que amplíen la visión y la imagen que tenemos de Manuel Sandoval Vallarta.

Refiriéndonos a lo anterior, se han recopilado algunos documentos, encontrados en archivos tales como el Archivo General de la Nación, donde se revisaron los fondos correspondientes a Manuel Ávila Camacho, Miguel Alemán Valdés, Adolfo Ruiz Cortines y Adolfo López Mateos, en los ramos de Secretaría de Defensa Nacional, Energía Nuclear, Educación e Instituto Politécnico Nacional, en los que se encontraron documentos relacionados con su labor en la Comisión de Energía Nuclear, perteneciente a la Secretaría de la Defensa Nacional, en los

periodos presidenciales de Manuel Ávila Camacho, Adolfo Ruiz Cortínez y algunos en el periodo de Adolfo López Mateos, así como algunos informes presentados por Sandoval Vallarta durante su gestión diplomática dentro de la Comisión de Energía Atómica de las Naciones Unidas. También se han revisado, los expedientes de Manuel Sandoval Vallarta en archivos históricos como el del Instituto Politécnico Nacional, el Archivo Histórico de la Secretaría de Educación Pública y el Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México. En éstos, se han localizado algunos documentos relacionados con su labor en instituciones de enseñanza superior como el Instituto Politécnico Nacional y la Universidad Nacional Autónoma de México; se trata de su expediente escolar, el expediente proporcionado por el propio Instituto durante el tiempo en que el doctor fue miembro de esta institución y el expediente proporcionado por la UNAM, que recaba la información recopilada durante su periodo de labor como académico., los cuales se hallan en el Archivo Histórico del IPN. En el Archivo Histórico de la Secretaría de Educación Pública encontramos algunos documentos incluidos en ciertas antologías realizadas por la Secretaría, y su expediente personal como empleado de esta institución, pero es necesario destacar que no se encuentra completo y no contiene información sobre su labor como Subsecretario de Educación Pública en los años de 1953 a 1958.

Asimismo, se encontró también, una colección de fotografías en las que podemos encontrar a Sandoval Vallarta, a lo largo de su periodo como director del Instituto Politécnico Nacional y durante su gestión como subsecretario de Educación Publica. Algunas de estas fotografías están relacionadas con actos públicos, tales como entregas de diplomas a alumnos del Instituto, o actos en los

que él, en su calidad de subsecretario acompañaba al Secretario de Educación Pública, el Sr. José Ángel Ceniceros (1953-1958).

Acudimos también a la Biblioteca del H. Congreso de la Unión, en la que se revisaron los informes de gobiernos desde 1945 a 1958, años en que Sandoval Vallarta estuvo relacionado directamente con la política educativa, en ellos se encontraron algunas modificaciones que se fueron realizando en el ámbito educativo y que esperemos nos sean de utilidad dentro de esta pequeña investigación.

Un grave problema con el que nos encontramos al realizar nuestra investigación es la falta de organización que existe en las bibliotecas que poseen fondos reservados o colecciones especiales; tal es el caso de la Biblioteca México, la Biblioteca de la Universidad Pedagógica Nacional, la Biblioteca de la Educación o la misma Biblioteca de H. Congreso de la Unión, donde acudimos en busca de las Memorias de la SEP, correspondientes al periodo que analizaremos y las cuales no se encuentran completas en ninguna de éstas instituciones e incluso en algunas, ni siquiera están dentro de sus catálogos. Sin embargo pudimos revisar las que corresponden a los años de 1947, 1952 y 1954.

También podemos mencionar dentro del trabajo que se está llevando a cabo, la organización de su archivo personal que se encuentra en la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa, y del que esperamos obtener valiosa información para la realización de éste y otros trabajos relacionados con este notable científico.

La información recaudada en todos estos archivos nos serán de gran ayuda en la realización de este trabajo, en ocasiones como complemento, ya que

en ellas se habla poco de su labor como académico o funcionario público, refiriéndonos, especialmente, a la documentación obtenida en los archivos del IPN y de la SEP, y no se ha podido encontrar hasta el momento, información suficiente, que nos de una idea aproximada de lo que fue su labor en el ámbito diplomático, el cual, considero de suma importancia conocer, pero, en estudios posteriores podrá analizarse.

De esta forma y teniendo en cuenta los puntos anteriores revisaremos, dentro de lo posible, la relación existente entre Manuel Sandoval Vallarta y la Educación Superior y la Investigación Científica en nuestro país durante la primera mitad del siglo XX.

CAPÍTULO I MANUEL SANDOVAL VALARTA (1899- 1977)

Considero de suma importancia presentar algunos datos biográficos de Manuel Sandoval Vallarta, poder conocer algunos aspectos de su vida y obra, para posteriormente relacionarlos con su participación dentro del orden educativo y científico de nuestro país.

Eusebio Mendoza Ávila, realizó una semblanza acerca de este hombre, en ella, el autor aporta alguna información acerca de sus antecedentes familiares. Manuel Sandoval Vallarta nació en la ciudad de México, el 11 de febrero de 1899. Fue hijo de Pedro Sandoval Gual, quien fue Director de la Lotería Nacional, e Isabel Vallarta Lyon.

Su madre, Isabel Vallarta, fue hija de don Ignacio L. Vallarta,[13] quien se dice, fue descendiente de españoles, nació en Guadalajara el 25 de agosto de 1830.

[13] AHIPN. Sección 2.1.9, Expediente 2.1.9.7 **Ignacio L. Vallarta (1830-1893)**. Suponemos que realizó sus estudios en el Seminario Conciliar de Guadalajara con bastante aprovechamiento. Obtuvo su título de abogado con aplauso de los letrados que lo examinaron y desde luego comenzó a figurar tanto en el foro como en la política, haciéndose notar en la última por su firmeza de principios, y en el primero por su valentía y claros razonamientos. Muy joven fue llamado a servir en la Secretaría General del Ejecutivo de aquel Estado, en cuyo puesto, por ser las circunstancias más difíciles que ha tenido la República, se le vio desplegar dotes excepcionales de energía, rectitud y de patriotismo. Estuvo presentando allí sus importantes servicios hasta que, con motivo de la segunda intervención francesa, se contó en el número de los emigrantes que prefirieron comer el pan del destierro a someterse a un gobierno que no era genuino representante de la nación Al triunfar la República, destruyendo el Imperio de Maximiliano de Habsburgo, el Presidente Benito Juárez le llamó a servir una de las Secretarías de Estado, confiándole la cartera de Gobernación, que estuvo desempeñando por algunos años, con tino e inteligencia. Más tarde fue electo popularmente Gobernador del Estado de Jalisco, en donde pudo dar vuelos todas facultades de valor civil y de inteligencia, pues no obstante su desacuerdo con la política que dominaba en el Centro durante la presidencia de Lerdo de Tejada, mantuvo muy alta la dignidad de su gobierno, sabiendo vencer con energía los obstáculos que encontraba a su paso. Por primera vez reinaron el orden y la economía en aquella administración y se pudieron llevar a cabo importantes mejoras materiales. Habiendo entregado el gobierno pacíficamente a su sucesor, acto que por primera vez se verificaba en Jalisco con toda solemnidad, se estableció en la ciudad de México, uniendo sus inteligentes trabajos a los del partido porfirista, que había tomado gran incremento en el país, viniendo a

Ignacio L. Vallarta, supuestamente, estudió la carrera de Derecho y se dice que durante el ejercicio de su profesión fue nombrado Defensor de los Pobres, más tarde fue Fiscal Jurado de Imprenta. Asimismo, fue nombrado profesor de Derecho Natural de Gentes, Historia y Economía Política; se destacó especialmente por sus ideas de libertad, industria y trabajo. En 1862 se casó con la señorita Francisca Lyon. En 1871 fue electo gobernador de Jalisco y durante su gestión se inauguró la Escuela de Agricultura y se hizo obligatoria la instrucción primaria. En su estado, después de dejar la gubernatura en 1875, Vallarta se estableció en la ciudad de México y participó en el gobierno de Porfirio Díaz; fue presidente de la Suprema Corte de Justicia de la Nación y Secretario de Relaciones Exteriores. Se dice que fue un excelente abogado, por lo que se le consideró como un magnifico orador, firme liberal, seguidor de la reforma encabezada por Benito Juárez y autor de la Ley de Amparo. Murió en diciembre de 1893 a los 63 años de edad. Por la rama paterna, Manuel Sandoval Vallarta fue nieto del Dr. Manuel María de Sandoval, Secretario de Guerra Interino durante el gobierno de Ignacio Comonfort.[14]

Manuel Sandoval Vallarta cursó su educación primaria superior en el

---

ocupar la cartera de Relaciones, el puesto más importante entonces, una vez triunfante el Plan de Tuxtepec. Habiendo sido electo Presidente de la Suprema Corte de Justicia o sea vicepresidente de la República, antes de la reforma constitucional a ese respecto, dejó el Ministerio y ocupó su alto puesto en la Corte, que le valió darse a conocer como notabilísimo jurisconsulto en el ramo del Derecho con que tienen más contacto las cuestiones que allí se ventilan. Publicó tres tomos con el modesto título de Votos de Vallarta, en que están resueltos los puntos más difíciles del Derecho Constitucional; obra que no hay abogado mexicano que no tenga en su biblioteca como un tesoro. Ignacio Vallarta es además de buen abogado, magnifico orador, firme liberal, buen ciudadano, amigo sincero y excelente padre de familia, siendo uno de los mexicanos que más honran a su patria por su gran ilustración, por sus rectos sentimientos y por su conducta irreprochable. "Ignacio L. Vallarta" HOMBRES PROMINENTES DE MÉXICO, pp. 56, 57.

[14] MENDOZA, 1995, p. 25.

Instituto Franco Inglés,[15] la cual concluyó en el año de 1912. En este año, fue aceptado como alumno regular en la Escuela Nacional Preparatoria, institución en dónde la educación era excelente[16] y que es encontraba dirigida en ese tiempo por el ingeniero astrónomo Valentín Gama, quien en 1915, sería rector de la Universidad Nacional. Cursó materias tales como Matemáticas, Lengua Nacional, Francés, Dibujo, Botánica, Geografía,[17] a excepción de Educación física, ya que en las boletas de calificaciones proporcionadas por la Escuela Nacional Preparatoria, se mencionaba que estaba exento de las prácticas deportivas por encontrarse enfermo de una lesión crónica e incurable de la articulación tibio tarsiana izquierda.[18] Gracias a su dedicación al estudio, se convirtió en discípulo predilecto del eminente matemático Sotero Prieto Rodríguez,[19] quien dominaba la teoría de las funciones analíticas y otros temas, que en ese entonces eran de vanguardia. El genuino interés de Sotero Prieto por las matemáticas y por la física

---

[15] AHIPN. Sección 2.1.9, expediente 2.1.9.7, f. 2.Certificado de Manuel Sandoval Vallarta de 2° grado de educación primaria superior, 1. V. 1912.

[16] MONDRAGÓN, 1987, p. 13.

[17] AHIPN. Sección 2.1.9, expediente 2.1.9.7, f. 7. Boleta de calificaciones 1° y 2° años, Escuela Nacional Preparatoria, XII. 1916, en

[18] AHIPN. sección 2.1.9, expediente 2.1.9.7, f. 9. Carta del Departamento Médico de la Escuela Nacional Preparatoria, 4. VII. 1912, en

[19] **Sotero Prieto Rodríguez** fue educador y matemático. Nació en Guadalajara, Jal. , en 1884. En esa cuidad cursó sus estudios elementales, y en la cuidad de México, de preparatoria y profesionales en ingeniería civil. Graduado de la Escuela Nacional de Ingeniería de la Universidad Nacional de México, se especializó en Matemáticas superiores. En la Facultad de Altos Estudios impartió su primer curso sobre Teoría de las funciones analíticas. Como profesor, contribuyó al progreso de las investigaciones matemáticas y participó en la formación de nuevas generaciones de ingenieros. En la Academia Antonio Alzáte presentó sus estudios sobre Valuación de series poco convergentes, una propiedad de los epicicloides y Método de multiplicar para resolver el problema de los máximos y mínimos. Ocupó puestos importantes en empresas particulares. En colaboración con otros profesores, en 1932 fundó la Sección de Matemáticas de la Sociedad Científica Antonio Alzáte, de la cual, fue director. Publicó entre otros, los siguientes trabajos: Enseñanza de las matemáticas, Geometría cinemática, Secciones Cónicas y Convergencia de series. Murió en 1935 en la cuidad de México. "Sotero Prieto Rodríguez" ENCICLOPEDIA DE MÉXICO, 1993, p. 6593.

teórica, lo llevaron a organizar seminarios y grupos de estudio con sus alumnos, en los que presentaban y discutían las ideas más novedosas y avanzadas, que por su nivel, quedaban fuera del programa del curso regular.[20] Asimismo, tuvo como maestro de Física a Juan Mancilla Ríos y a José de las Fuentes como profesor de cosmografía, quienes despertaron en Manuel Sandoval Vallarta el interés por los estudios de Física. Asistió a la Escuela Nacional Preparatoria durante la Revolución y terminó la preparatoria en el año de 1916. Durante los años en que Manuel Sandoval permaneció en la Nacional Preparatoria, prevalecía la influencia educativa de tipo positivista que había sido promovida por Gabino Barreda,[21] la cual le asignaba esencial importancia al estudio de las matemáticas, la física, la química y la biología. También en este periodo de su vida aprendió alemán, inglés y francés, lo que denotaba la posición económica que ocupaba su familia dentro de la sociedad mexicana.

Debido a sus cualidades intelectuales, el matemático Sotero Prieto le sugirió a Manuel Sandoval Vallarta estudiar un posgrado en Cambridge, Inglaterra con Sir Joseph Larmor; de quien Sandoval Vallarta ya tenía conocimiento:

> Las universidades inglesas están divididas en colegios y en uno de los colegios de la Universidad de Cambridge el profesor de física era Sir Joseph Larmor. Es sorprendente que a los 16 años, ya hubiera oído hablar de SIR Joseph Larmor, un famoso físico de la época[22]

---

[20] MONDRAGÓN, 1987, p. 14.

[21] **Gabino Barreda** fue un médico, filósofo y político mexicano nacido en la ciudad de Puebla (1820-1881). Fue alumno de Auguste Comte entre 1847 y 1851 en París. Fue quien introdujo el positivismo en la tradición de la filosofia mexicana. Ejerció una importante influencia social y redactó la Ley de instrucción Pública de 1867. Fue también fundador de la Escuela nacional Preparatoria. "Barreda, Gabino " *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000*

[22] SANDOVAL VALLARTA, 1972, p. 5.

Sin embargo, esto no fue posible ya que a consecuencia de la Gran Guerra (1914-1918) el paso a este país había sido vedado, debido a la actividad de los submarinos alemanes por el Océano Atlántico. Al observar el peligro que existía en ese momento en Inglaterra, la familia de Sandoval Vallarta decidió mandarlo a estudiar al Instituto Tecnológico de Massachussets, en Cambridge, Nueva Inglaterra, en los Estados Unidos. En sus propias palabras, Sandoval Vallarta nos explica la situación en que se encontraba:

> En 1916 y 17 la Primera Guerra Mundial estaba en plena actividad y era sumamente peligroso atravesar el Atlántico, dada la actividad de los submarinos alemanes que hundían aproximadamente la tercera parte de los barcos que pretendían cruzar el Océano; ante esa situación, mi padre consultó con algunos amigos suyos y resolvió que en lugar de ir a Cambridge, Inglaterra, iría yo a Cambridge, Massachussets[23]

En 1917 presentó sus exámenes de admisión en el MIT[24] (Massachussets Institute of Technology) con el temor de no ser aceptado en esta institución; sin embargo, fue admitido resultando ser el 2° lugar en la clasificación definitiva. Al parecer, esto lo asociaba Sandoval Vallarta a la excelente preparación que se daba en esos años en la Escuela Nacional Preparatoria, que contaba con inmejorables planes de estudio y profesores muy destacados para todas las materias.[25]

---

[23] SANDOVAL VALLARTA, 1972, p. 5.

[24]**Instituto de Tecnología de Massachusetts** (en inglés, Massachusetts Institute of Technology, MIT), una de las principales Instituciones de investigación del mundo, situada en Cambridge (Massachusetts, Estados Unidos). El MIT fue inaugurado en Boston en 1865 por el geólogo William Barton Rogers, que se convertiría en su primer presidente. En un principio sólo se estudiaban las ciencias industriales, pero el MIT ha pasado a convertirse en un conjunto de cinco centros que ofrecen estudios tanto de licenciatura como de posgrado. *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000.*

[25] SANDOVAL VALLARTA, 1972, p. 6.

Así, en 1921 obtendría el grado de Bachiller en Ciencias del MIT. [26] Posteriormente, continuaría con sus estudios de doctorado en la misma institución, obteniendo el grado de Ciencias en 1924 con una tesis titulada *"El modelo atómico de Borh desde el punto de vista de la relatividad general y el cálculo de perturbaciones."*[27] Sandoval Vallarta recordaba como dos de los profesores que influyeron más en él durante la etapa de su doctorado fueron E. B. Wilson, que a su vez había sido discípulo de Gibbs,[28] uno de los físicos que popularizaron el análisis vectorial. Asimismo, comentaba también, como sus profesores de doctorado a Norbert Weiner,[29] considerado como el creador de la cibernética,

---

[26] MENDOZA, 1995, p. 27.

[27] MONDRAGÓN, 1987, p. 14

[28]**Gibbs, Josiah Willard** (1839-1903), físico estadounidense nacido en New Haven (Connecticut); estudió en las universidades de Yale, París, Berlín y Heidelberg. Fue profesor de física matemática en Yale desde 1871 hasta su muerte. Entre 1876 y 1878 Gibbs escribió una serie de ensayos titulados colectivamente *El equilibrio de las sustancias heterogéneas,* considerados como uno de los mayores logros de la física del siglo XIX y la base de la química física. En estos ensayos Gibbs aplicó la termodinámica a la química y mostró la explicación y correlación de hechos aislados e inexplicables hasta ese momento. Entre los teoremas tratados está el de la regla de las fases. Los ensayos de Gibbs sobre la termodinámica se publicaron en *Transactions of the Connecticut Academy* (*Transacciones de la Academia de Connecticut*), pero debido a su complejidad matemática y a su aparición en un periódico poco conocido, los científicos de Estados Unidos no los valoraron. La traducción de sus obras hizo que sus teoremas se utilizaran en Europa algunos años antes de que los químicos estadounidenses se dieran cuenta de su importancia. En 1901 Gibbs recibió la medalla Copley de la Sociedad Real Británica. Gibbs realizó también un destacado trabajo en mecánica estadística, en análisis vectorial y en la teoría electromagnética de la luz. Sus *Ensayos científicos* (1906) y *Obras completas* (1928) se recopilaron y se publicaron después de su muerte. *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000.*

[29]**Wiener, Norbert** (1894-1964), matemático estadounidense, fundador de la cibernética, el estudio del control y la comunicación en las máquinas, los animales y las organizaciones. Nació en Columbia, Missouri, y estudió en el Tufts College, y en las universidades de Cornell, Harvard, Cambridge, Gotinga y Columbia. Fue profesor auxiliar de matemáticas en el Instituto de Tecnología de Massachusetts en 1919 y desde 1932 a 1960 profesor titular. Wiener se especializó en matemáticas y en física matemática. Durante la II Guerra Mundial, mientras se dedicaba a la investigación de técnicas de defensa antiaérea, se interesó por el cálculo automático y la teoría de la realimentación. De este modo fundó la ciencia de la cibernética, que trata no sólo del control automático de la maquinaria por computadoras y otros aparatos electrónicos, sino también del estudio del cerebro y del sistema nervioso humano y la relación entre los dos sistemas de comunicación y control. Resumió sus teorías en *Cibernética* (1948) y también escribió *The Human*

con quien asegura haber entablado una muy buena amistad. [30]

Paralelamente, estos años constituyeron para Manuel Sandoval un periodo de gran trabajo como investigador científico; ya que, simultáneamente, trabajaba en el programa de investigación en ingeniería eléctrica y desarrollaba un ambicioso proyecto de investigación en física teórica, que tenía como tema principal la teoría de la estructura atómica y la interacción de la materia con la radiación electromagnética. En 1923, en su carácter de candidato a doctor en Ciencias fue nombrado ayudante del profesor Vannevar Bush,[31] durante ese tiempo se dedicó a investigar el fundamento matemático del cálculo operacional de Oliver Heaviside[32] para comprender el comportamiento de los circuitos eléctricos y la propagación de ondas electromagnéticas en conductores. [33] Dicha

---

Use of Human Beings (1950), *Nonlinear Problems of Randon Theory* (1958) y *God and Golem, Inc.* (1964). *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000.*

[30] SANDOVAL VALLARTA, 1972, p. 8.

[31] **Bush, Vannevar** (1890-1974), científico, educador y administrador estadounidense, nació en Everett (Massachusetts) y estudió en el Tufts College de la Universidad de Harvard y en el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT). Durante la I Guerra Mundial sirvió en la Marina de Estados Unidos como ingeniero. De 1919 a 1971 Bush tuvo diversos cargos docentes y administrativos en el MIT y en la Institución Carnegie de Washington. Durante su estancia en el MIT, Bush inventó el analizador diferencial, un aparato para resolver rápida y automáticamente problemas matemáticos, precursor del moderno ordenador o computadora. Bush es más conocido por sus trabajos en el Comité de Investigación para la Defensa, del que fue presidente en la oficina de Investigación y Desarrollo Científico, que dirigió durante la II Guerra Mundial, y en el departamento de Investigación y Desarrollo del Ejército y la Marina. "Bush, Vannevar," *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000*

[32] **Heaviside, Oliver** (1850-1925), fisico británico que predijo la existencia en la atmósfera de una capa conductora de electricidad, mediante la cual las señales de radio se pueden transmitir alrededor de la curvatura de la Tierra. Nació en Londres y fue autodidacto; trabajó como telegrafista hasta que la sordera le obligó a retirarse. Contribuyó a la teoría electromagnética mediante la aplicación de las matemáticas al estudio de circuitos eléctricos y más tarde al movimiento ondulatorio. Sus cálculos también contribuyeron al desarrolló de la telefonía a larga distancia. En 1902 Heaviside formuló la hipótesis de la existencia de lo que más tarde resultó ser la ionosfera, predicción realizada el mismo año por el ingeniero estadounidense Edwin Kennelly. A la ionosfera se la denominó capa Kennelly-Heaviside. "Heaviside, Oliver," *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000.*

[33] MENDOZA, 1995, p. 29.

labor, la realizó con la ayuda de unas líneas de transmisión construidas por el profesor Kennedy en uno de los laboratorios del instituto.[34] Este método matemático permitía utilizar un procedimiento puramente algebraico para encontrar la solución de las ecuaciones diferenciales que describen el comportamiento de los circuitos eléctricos y la propagación de ondas electromagnéticas en conductores. Varios investigadores pusieron en duda la validez de este método, hasta que no se encontrara una forma de demostrarlo. Sandoval Vallarta demostró en forma matemática rigurosa que este método era correcto y lo utilizó para determinar el estado transitorio en una línea de transmisión de circuitos terminales, como un transformador, una línea en serie con un cable y otros. Posteriormente, reconstruyó la demostración original de Heaviside que se encontraba dispersa en varios de sus escritos y los publicó.[35]

En este mismo periodo dirigió también su atención a los problemas asociados con las teorías de Bohr y Sommerfeld acerca de la estructura de los sistemas atómicos, haciendo notar las contradicciones y dificultades inherentes a estas primeras formulaciones de las reglas de cuantificación de los sistemas dinámicos. Asimismo, mediante una analogía entre el movimiento del electrón alrededor del núcleo atómico de Bohr y desde el punto de vista de la relatividad general de Einstein obtuvo las condiciones de cuantificación relativas de la teoría de Sommerfeld de la estructura fina de las rayas espectrales a partir de las

---

[34] SANDOVAL VALLARTA, 1972, p. 9.

[35] MONDRAGÓN, 1987, p. 15

consideraciones de la relatividad general.[36] De acuerdo con Mondragón, en 1921 todavía no se conocía la forma correcta de la mecánica cuántica, por lo que en la forma elemental de la teoría cuántica, la dinámica de un átomo simple así como de los átomos de hidrógeno se describían por medio de las leyes de la mecánica clásica, por lo que el trabajo de estos investigadores era totalmente innovador.[37]

En 1924, Sandoval Vallarta, en dos artículos que publicó, entabló una discusión crítica acerca de los métodos de cuantificación de Sommerfeld en el caso de los movimientos periódicos de los sistemas dinámicos que no tienen simetría evidente que pueda simplificar el tratamiento matemático; y, sin bien no logró proponer una nueva regla para la cuantificación de los sistemas dinámicos en el caso general, sí pudo indicar con claridad que no se trataba de un problema puramente práctico e hizo notar las contradicciones y dificultades esenciales a esas primeras formulaciones de las reglas de cuantificación de éstos.[38]

En 1927 Sandoval Vallarta ganó una beca de la Fundación Guggenheim[39] que le dio la oportunidad de viajar a Berlín. Sandoval Vallarta, comenta que, en sí todos los centros educativos de Alemania, tales como Munich, en dónde Arnold

---

[36] MONDRAGON, 1978, p. XII.

[37] MONDRAGON, 1987, p. 16.

[38] Sería necesario explicar con mayor detenimiento algunos de los conceptos empleados dentro de esta teoría, debatida y aclarada por Sandoval Vallarta. MONDRAGÓN, 1987, p. 16.

[39] **Fundación Solomon R. Guggenheim**. Fundación de carácter internacional, destinada a la promoción del arte moderno y contemporáneo a través de la exposición de sus obras patrimoniales en los distintos centros que la integran y que gestiona. Obra del filántropo y coleccionista de arte estadounidense Solomon Robert Guggenheim, la Fundación se constituyó como tal en 1927. "Fundación Solomon R. Guggenheim," *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000.*

Sommerfield[40] impartía las clases de Física; o Göttingen dónde se encontraba el físico Max Born,[41] eran instituciones idóneas para llevar a cabo sus estudios, resultando para él difícil decidir a dónde ir. Finalmente, decidió viajar a Berlín y, con Albert Einstein tomó el curso de relatividad, con Max Planck[42] el curso de

---

[40] **Sommerfield, Arnold** (1868-1951), físico alemán, que realizó importantes trabajos sobre el átomo, proporcionando la nueva teoría sobre las órbitas elípticas. Nació en Königsberg, el 5 de diciembre de 1868, allí realizó sus estudios universitarios, siendo alumno de Hilbert y Lindermann. Fue profesor de Física Teórica en la Escuela Técnica de Aquisgrán, en la Universidad de Berlín y posteriormente en la Universidad de Munich, ciudad en la que vivió gran parte de su vida. Murió en esta ciudad el 26 de abril de 1951. Entre sus obras destacan : "Átomos y líneas espectrales" (1919) e "Introducción a la física teórica" (1948). Realizó diversos estudios, relativos a la formulación de la teoría del giroscopio, a la propagación de las ondas radioeléctricas, al carácter ondulatorio de los rayos X, pero fundamentalmente destacan los relacionados con las rayas de los espectros aplicando los avances de la teoría relativista y la mecánica cuántica; estableció también la relación entre capacidad eléctrica y calorífica de los metales y dedujo la teoría cuántica de los electrones libres en los metales (1928). En 1915, modificó la teoría atómica del físico danés Niels Bohr apoyándose en las teorías cuánticas y relativistas, pues fallaba al intentar explicar átomos complejos; además supuso que las órbitas que describen los electrones son elípticas y que están definidas por un segundo número cuántico **l**, denominado número cuántico secundario o azimutal, el cual, adopta valores comprendidos entre 0 y **n**-1, siendo **n** un número entero y positivo que se corresponde con el número cuántico principal, obtenido por Bohr. Este número cuántico determina el momento angular del electrón y si dicha partícula tiene momento angular tendrá a su vez energía cinética angular que estará delimitada por la energía total del electrón. Introdujo también un tercer número cuántico, el numero cuántico magnético **m**, que indica la inclinación del plano de la órbita en el espacio y puede adoptar valores comprendidos entre –1 y +1. En 1916, F. Paschen comprobó las hipótesis de Sommerfield. El modelo atómico de Bohr-Sommerfield junto con el principio de exclusión enunciado por el físico Wolfgang Pauli en 1824, Goudsmit y Unlenbeck formularon las hipótesis de que los electrones giran con movimiento rotatorio alrededor de su eje y poseen por tanto un momento angular mecánico (spin) y un momento magnético, permitiendo dar una interpretación clara del Sistema Periódico de los elementos y del comportamiento químico de los mismos; no obstante, esta teoría nunca fue considerada como definitiva pues planteaba un problema relativo a la discontinuidad de la energía y requería la base que proporcionó después la mecánica cuántica ondulatoria, que permitió finalmente una mejor interpretación de los espectros, que con el modelo de Bohr-Sommerfield. Posteriormente, este modelo fue sustituido por otro, basado en la conducta de cualquier sistema atómico y, de esta manera los números cuánticos son una consecuencia automática de esta ecuación. www.monografias.com

[41] **Born, Max** (1882-1970), físico alemán, nacionalizado británico y galardonado con el premio Nobel. Nació en Breslau (ahora Wrocaw, Polonia) y estudió en las universidades de Breslau, Heidelberg, Zurich, Gotinga y Cambridge. En 1921, después de dar clases sucesivamente en las universidades de Gotinga, Berlín y Frankfurt, fue nombrado profesor de física teórica en Gotinga. Huyó al Reino Unido en 1933, como refugiado de la Alemania nazi y adquirió la nacionalidad británica en 1939. Durante sus primeros tres años en el Reino Unido dirigió la investigación en la Universidad de Cambridge. Fue profesor de filosofía natural en la Universidad de Edimburgo desde 1936 a 1953. Born, que fue un excelente físico teórico, famoso por sus contribuciones fundamentales a la teoría cuántica, compartió el Premio Nobel de Física con el físico alemán Walter Bothe en 1954. Entre sus obras destacan *La teoría de la relatividad de Einstein* (1922), *Física atómica* (1935), *Filosofía natural de causa y casualidad* (1949), *Física y política* (1962) y *Mi vida y mis opiniones* (1968). *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000.*

[42] **Planck, Max Karl Ernst Ludwig** (1858-1947), físico alemán, premiado con el Nobel, considerado el creador de la teoría cuántica. Recibió muchos premios por este trabajo, especialmente, el Premio Nobel de

Teoría electromagnética y con Schrödinger el curso de Mecánica Cuántica, la cual había sido descubierta tan sólo un año antes. Durante ese tiempo conoció a J. Von Neumann, E. Winger y otros jóvenes europeos que más adelante serían considerados entre los más eminentes físicos teóricos del mundo. En 1928 se trasladó a Leipzig en donde permaneció un año, ya que tenía interés en conocer a Heisenberg[43] que era profesor de física teórica y a Peter Debye[44] que era profesor de teoría molecular. Sandoval Vallarta admiraba a Einstein y conocía profundamente su teoría del campo gravitatorio que había sido propuesta en 1916 como una teoría de la relatividad general.[45] Mondragón sostiene que el

---

Física, en 1918. En 1930 Planck fue elegido presidente de la Sociedad Kaiser Guillermo para el Progreso de la Ciencia, la principal asociación de científicos alemanes, que después se llamó Sociedad Max Planck. Sus críticas abiertas al régimen nazi que había llegado al poder en Alemania en 1933 le forzaron a abandonar la Sociedad, de la que volvió a ser su presidente al acabar la II Guerra Mundial. Murió en Gotinga el 4 de octubre de 1947. Entre sus obras más importantes se encuentran *Introducción a la física teórica* (5 volúmenes, 1932-1933) y *Filosofía de la física* (1936). "Planck, Max Karl Ernst Ludwig," *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000.*

[43] **Heisenberg, Werner Karl** (1901-1976), físico y Premio Nobel alemán, que desarrolló un sistema de mecánica cuántica y cuya indeterminación o principio de incertidumbre ha ejercido una profunda influencia en la física y en la filosofía del siglo XX. Heisenberg, uno de los primeros físicos teóricos del mundo, realizó sus aportaciones más importantes en la teoría de la estructura atómica. "Heisenberg, Werner Karl," *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000.*

[44] Desafortunadamente acerca de este científico no fue posible encontrar más información.

[45] Antes de dejar la oficina de patentes, en 1907, Einstein ya trabajaba en la extensión y generalización de la teoría de la relatividad a todo sistema de coordenadas. Empezó con el enunciado del principio de equivalencia según el cual los campos gravitacionales son equivalentes a las aceleraciones del sistema de referencia. De este modo, una persona que viajara en un elevador o ascensor no podría en principio determinar si la fuerza que actúa sobre ella se debe a la gravitación o a la aceleración constante del ascensor. Esta teoría general completa de la relatividad no fue publicada hasta 1916. De acuerdo con ella, las interacciones entre los cuerpos, que hasta entonces se atribuían a fuerzas gravitacionales, se explican por la influencia de aquellos sobre la geometría espacio-tiempo (espacio de cuatro dimensiones, una abstracción matemática en la que el tiempo se une, como cuarta dimensión, a las tres dimensiones euclídeas). Basándose en la teoría general de la relatividad, Einstein pudo entender las variaciones hasta entonces inexplicables del movimiento de rotación de los planetas y logró predecir la inclinación de la luz de las estrellas al aproximarse a cuerpos como el Sol. La confirmación de este fenómeno durante un eclipse de Sol en 1919 fue toda una noticia y su fama se extendió por todo el mundo. La mayoría de sus colegas pensaron que sus esfuerzos iban en dirección equivocada. Entre 1915 y 1930 la corriente principal entre los físicos era el desarrollo de una nueva concepción del carácter fundamental de la materia, conocida como la teoría cuántica. Esta teoría contempla la característica de la dualidad onda-partícula (la luz presenta las propiedades de una partícula, así como las de una onda), que Einstein había intuido como necesaria, y el

conocimiento profundo de la física atómica, así como sus técnicas matemáticas permitieron a Sandoval Vallarta asimilar las nuevas idas planteadas por la mecánica cuántica y contribuir a su desarrollo muy poco tiempo después de que fueran publicadas.[46]

Entre 1929 y 1946 Manuel Sandoval ocupó de manera sucesiva los puestos de profesor adjunto, profesor asociado y profesor titular en el MIT, dando el curso de Relatividad y Física Teórica Clásica, entre otros; también tuvo el cargo de profesor visitante en un sin número de países. Después de este periodo Sandoval Vallarta trató de mantenerse siempre en contacto con los estudiosos de la física y las matemáticas en nuestro país.[47] Fue un gran impulsor del desarrollo científico en México, durante la década de los años treinta; cuando regresó al país, asistió a las sesiones de la Sociedad Científica José Antonio Alzate,[48] donde presentó los resultados de sus trabajos. Sandoval Vallarta se preocupó por sus compatriotas científicos y ayudó a que algunos de sus trabajos que habían sido publicados en inglés en revistas de circulación internacional fueran publicados de manera simultánea en español en revistas editadas por esta sociedad, no obstante, pues no podemos mencionar el nombre de éstos, porque no contamos

---

principio de incertidumbre, que establece que la exactitud de los procedimientos de medición es limitada. Además, esta teoría suponía un rechazo fundamental a la noción estricta de causalidad. Sin embargo, Einstein mantuvo una posición crítica respecto a estas tesis hasta el final de su vida. "Einstein, Albert," *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000.*

[46] MONDRAGÓN, 1987, p. 19.

[47] MOSHINSKY, 1987, p.44.

[48] El homenaje más importante a la memoria de este destacado personaje fue la fundación de la Sociedad Científica Antonio Alzate (1884), la cual se transformó, en 1935, en la Academia Nacional de Ciencias de México. *Microsoft® Encarta® 2000.*

con dichos datos. Asimismo, durante 1933 dictó varias conferencias magistrales acerca de la "Teoría electromagnética de la luz", la "Relatividad, la Teoría cuántica", la "Cosmología relativista" y la "Teoría de la radiación cósmica" en la facultad de Filosofía y Letras de la Universidad Nacional Autónoma de México, ampliando de esta manera su influencia dentro del medio universitario nacional y dándose a conocer como un experto en los temas de la física atómica, que en ese momento eran de vanguardia.[49] En cuanto a algunos de los aspectos que encierran su vida personal, podemos mencionar la aparición de unas fotografías bastante interesantes. Las *fotos 2 y 3* del Apéndice III le fueron tomadas al Dr. Manuel Sandoval Vallarta en 1927, en la ciudad de Berlín, Alemania. Durante este año, el Dr. Sandoval, ganó una beca de la Fundación Guggenheim y viajó a Berlín. En estas fotos, lo encontramos acompañado por una señorita, de quien desconocemos su relación con Sandoval Vallarta. Lo que sí podemos observar es que Manuel Sandoval no dedicaba todo su tiempo al estudio, sino que también gozaba de tiempo para pasear por los alrededores de Berlín, en muy buena compañía.[50]

En una de sus visitas a México conoció a María Luisa Margain Gleason, con quien contraería matrimonio en agosto de 1933, año en que regresó al Instituto Tecnológico de Massachussets para profundizar en el estudio de algunas de las teorías de las que hemos hablado anteriormente. En la *foto 4* del Apéndice III encontramos a la señora Ma. Luisa Margain de Sandoval Vallarta. No tenemos la fecha exacta en que fue tomada esta fotografía, pero creemos que fue

---

[49] MENDOZA, 1995, p. 31.

[50] **Ver Apéndice III, pp. LXXI, LXXII.**

aproximadamente en 1933, año en que contrajo matrimonio con el Dr. Sandoval Vallarta. En esta fotografía podemos confirmar que la señora Margain pertenecía a una familia acaudalada de la ciudad.

De 1943 a 1946 distribuyó su tiempo entre el MIT y algunas instituciones mexicanas, radicando finalmente en la ciudad de México a partir de este último año.

En cuanto a su actividad dentro de la vida institucional del país, Sandoval Vallarta fungió como director del Instituto Politécnico Nacional de 1943 a 1947, durante el periodo presidencial del general Manuel Ávila Camacho. En estos años Sandoval fue invitado por Jaime Torres Bodet para formalizar la investigación científica en esta nueva institución. [51] Fue bajo su gestión que se creó el Reglamento Provisional del Instituto Politécnico Nacional, que proponía los primeros lineamientos de estructura y organización con base en una educación técnica organizada y en una eficiente investigación industrial, que constituían necesidades esenciales para el desarrollo del país con base en la explotación de los recursos naturales. La presencia de Manuel Sandoval en la dirección general de este instituto hizo posible que todas sus relaciones con el ámbito científico ayudaran a la elevación del nivel académico del IPN y, específicamente, en lo que

---

[51] **Torres Bodet, Jaime** (1902-1974), escritor y político mexicano. Nació en la ciudad de México, en cuya Universidad se formó e impartió clases de literatura francesa. Vinculado al pensador mexicano José Vasconcelos, de quien fue secretario personal, a los 16 años publicó su primer libro de poemas, con el título de *Fervor*. Desde 1928 hasta 1931 codirigió la vanguardista revista cultural *Contemporáneos*, órgano de expresión del grupo literario mexicano del mismo nombre. Desde 1943 hasta 1946 desempeñó el cargo de Secretario (ministro) de Educación Pública, bajo la presidencia de Manuel Ávila Camacho. Secretario de Relaciones Exteriores (1946-1948) del gobierno de Miguel Alemán Valdés, fue elegido director general de la Organización para la Educación, la Ciencia y la Cultura de las Naciones Unidas (UNESCO) en 1948. "Torres Bodet, Jaime," *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000.*

respecta a los programas de investigación que de alguna manera se encontraban en sus comienzos dentro de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica y ya un poco más avanzados en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, en la que dieron inicio más proyectos de investigación científica. [52]

Sandoval Vallarta también ocupó el cargo de Director interino del Instituto de Física de la Universidad Nacional Autónoma de México durante 1943, a la salida de Alfredo Baños.[53] En junio del mismo año fue designado Jefe del Departamento de Investigaciones Científicas, cargo al que renunció un año más tarde por haber sido designado por el rector don Alfonso Caso, en julio de 1944, como Director del Instituto de Física de la UNAM. Por otra parte, el Consejo Universitario lo nombró miembro de la Junta de Gobierno en enero de 1945. En 1946, después de haber renunciado a su puesto de profesor titular de Física en el MIT, fue nombrado profesor de Teoría Electromagnética en la UNAM por el Rector Salvador Zubirán. Académicamente, en el ámbito internacional, fue Investigador de la Carnegie Institution of Washington en 1948; también se desempeñó como Profesor Visitante del Instituto Tata de Investigación Fundamental de Bombay en ese mismo año; Investigador huésped del Instituto de Estudios Superiores de Princeton, entre 1948 y 1949; Presidente de la Comisión Científica de Estudios del Instituto Bosé, Alemania en 1948; Profesor visitante del laboratorio de radiación de la Universidad de California, Berkeley y del Instituto de Tecnología de California, Pasadena en 1956; Presidente del Consejo Científico Directivo del Centro Internacional de Física Teórica, Trieste, Italia en 1964; fue Profesor

[52] MENDOZA, 1995, p. 39.

[53] CRUZ MANJARREZ, 1975, pp. 20, 21.

Honorario de la Facultad de Ciencias Exactas en la Universidad de Buenos Aires en 1952. Asimismo, fue nombrado Doctor Honoris Causa de la Universidad Nacional Autónoma de México en 1933, de la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo en 1942 y de la Universidad de las Américas en 1965.[54]

Impartió conferencias en la Universidad de Harvard y en la Universidad de Toronto en 1937; asimismo, dictó algunas conferencias en la Academia de Ciencias de la URSS, Moscú y en Leningrado en 1945; en las Universidades Indias de Patna Allahabad, Delhi, Andrha y Calcuta; en el Instituto Bose de Calcuta; en el Instituto Indio de Ciencias de Bengalore; en el Instituto Real de Ciencias de Bombay; en el Colegio Gujarat de Ahmedabad y en el Colegio San Javier, en Bombay, durante 1948; fue conferencista en el Centro Brasileño de Investigaciones Físicas y en el Insituto de Física de la Universidad de Buenos Aires, Argentina, en 1951; asistió como conferencista invitado al Congreso Internacional de Física Teórica y fue nombrado presidente de la Sección de Rayos Cósmicos, en Tokio y Kyoto Japón, en 1953.

Respecto a los cargos, fungió como Subsecretario de Educación Pública de 1953 a 1958; asimismo estuvo como Delegado de México ante la Comisión de Energía Atómica de la Organización de las Naciones Unidas, en Nueva York, carácter que le revalidó la Secretaría de Relaciones Exteriores en reconocimiento a su lucha porque la energía nuclear fuera empleada con fines pacíficos, lo cual lo llevó a presidir la Conferencia Internacional de Energía Atómica para fines pacíficos de la ONU en 1946 y 1968. Fue miembro de la Comisión de Expertos

[54] AHCMSV. Currículo Vitae elaborado por Manuel Sandoval Vallarta. Este archivo se encuentre en proceso de ordenación.

para la Comprensión Internacional de la UNESCO, con sede en París en 1953. Uno de los más grandes honores que recibió Manuel Sandoval Vallarta, fue haber sido propuesto para el Premio Nobel de Física; además de haber recibido una enorme cantidad de honores en Viena, Austria. En 1961, Sandoval Vallarta ocupó el lugar de Albert Einstein como Académico Pontificio, nombrado por el Papa Juan XXIII. En 1963, se dio de baja de la planta de investigadores del Instituto de Geofísica de la UNAM, lo que le dio la posibilidad de viajar como hombre de ciencia, maestro e investigador a países como la India, Japón y Brasil, entre otros. En 1967 fue representante de México en la Junta de Gobernadores del Organismo Internacional de Energía Atómica, en Viena. En 1975 Sandoval Vallarta fue reconocido en el ámbito mundial como "pionero de los rayos cósmicos" y designado Decano en la Conferencia de Rayos Cósmicos, celebrada en Munich, Alemania. Todavía en 1977, el Presidente de la Comisión Internacional de Pesas y Medidas lo llamó, para resolver cierto problema matemático al que se enfrentaba la Comisión; ya que al parecer, él era el único científico que lo podía resolver; sin embargo, Sandoval Vallarta no pudo darles una solución, ya que falleció el día 18 de abril de 1977 víctima de un infarto pulmonar.[55]

Ahora bien, existen muchas preguntas que podríamos formularnos acerca de la vida de Manuel Sandoval Vallarta. Tales preguntas están relacionadas con algunos hechos ocurridos en su vida personal, la forma en que los acontecimientos sucedidos a su alrededor influyeron en su formación, quizá el hecho de haber pertenecido a una familia de hombres prominentes y relacionados

[55] MENDOZA, 1995, p. 47.

con la vida cultural y científica del país, su afición desde muy joven por las matemáticas, la relación con su esposa, quien viajó con él a los diferentes lugares en donde realizó estudios y trabajó como académico; en fin, una gran cantidad de cuestionamientos que trataremos de contestar conforme pueda recaudarse la información. Lo importante es observar si todas las influencias de las que fue objeto tanto en el ámbito personal como en el ámbito científico se vieron plasmadas en un apoyo al desarrollo de la educación superior y la investigación científica en nuestro país. En los capítulos posteriores, trataremos de responder a algunas de estas interrogantes.

CAPÍTULO II LA EDUCACIÓN SUPERIOR EN NUESTRO PAÍS Y LA PARTICIPACIÓN DE SANDOVAL VALLARTA EN SU DESARROLLO DURANTE EL SIGLO XX.

Como primer punto creemos que es importante dedicar este apartado a analizar la labor de Manuel Sandoval Vallarta en el ámbito de la educación superior en México, ya que fue en las instituciones de educación superior donde se lleva a cabo una parte considerable de la producción científica y nos parece conveniente saber hasta qué punto Manuell Sandoval Vallarta realizó aportaciones y brindó apoyo a estas instituciones cuando tuvo la oportunidad de ocupar cargos políticos relacionados con la educación en nuestro país.

1. *La educación superior en los comienzos del siglo XX.*

¿De qué forma comenzó a desarrollarse la educación superior a partir de las primeras décadas del siglo XX en México?, ¿Obtuvo apoyo gubernamental? , ¿Se fomentaron proyectos científicos? ¿Qué papel jugó la Universidad de México al término de la Revolución? ¿Se crearon más instituciones de educación superior en el periodo de 1920 a 1940?

Salvador Martínez Della Rocca, nos explica que el Estado que surgió con la Revolución mexicana sería un Estado educador; y, con ese fin, el presidente Álvaro Obregón creó en 1921, la Secretaría de Educación Pública, cuyo primer secretario fue José Vasconcelos. Las políticas educativas de la nueva secretaría tendrían que responder a los requerimientos de los dos nuevos proyectos

estatales que consistían en satisfacer las necesidades que la política económica de reconstrucción nacional exigía y afianzar el programa de integración nacional.[56]

En ese sentido, Hugo Aréchiga plantea que a partir de la instalación de la paz, después del periodo revolucionario, comenzó a consolidarse el fomento de la educación superior, y que también se le dio nueva importancia a la preparación de técnicos, dando mayor impulso a la Escuela Práctica de Ingenieros Mecánicos y Electricistas, creada en 1854; al igual que la Escuela Nacional de Artes y Oficios, que había sido creada en abril de 1856; la Escuela Técnica de Constructores y el Instituto Técnico Industrial.[57]

Pos su parte, Federico Lazarín Miranda nos explica que entre 1921 y 1924 la Secretaría de Educación, que se encontraba a cargo de José Vasconcelos, adquirió un sentido nacionalista y promotor de la cultura; así, se propuso luchar contra el analfabetismo, crear escuelas rurales, promover la difusión de textos, impulsar las bellas artes, realizar intercambios culturales con el extranjero y apoyar a la educación técnica; al mismo tiempo se conformó un programa educativo para el país. En cuanto a ésta última, se pretendió una transformación radical de las escuelas, para lo cual se creó la Dirección de Enseñanza Técnica, Industrial y Comercial, adscrita al Departamento Escolar, encargado de controlar la instrucción primaria, normal, rural, media superior y la educación superior. De esta Dirección dependieron las escuelas industriales y comerciales que ya funcionaban, más las que habrían de crearse. La educación técnica, sería el

---

[56] MARTÍNEZ, 1992, P. 54.

[57] ARÉCHIGA, 1995, p. 15.

elemento que fomentaría el progreso económico del país, sin descuidar el nivel cultural de la población, propuestas, que según los ideólogos de la educación, habían propiciado el desarrollo de otros países. Por lo tanto, el propósito de la Dirección de Escuelas Técnicas, Industriales y Comerciales consistió en transformar a sus escuelas en centros de cultura y de producción, ya que estas fuerzas sumadas debían dar como resultado único el éxito.[58]

Debemos mencionar que entre 1920 y 1940, las relaciones entre la Universidad Nacional y el nuevo Estado posrevolucionario estuvieron dominadas por profundas tensiones y permanentes conflictos, la mayoría provocados por las negativas por parte de la Universidad a aceptar los intentos del Estado por incorporarla al proceso de transformaciones promovidas por él. Esa tendencia universitaria fue, según Martínez Della Rocca, violentamente atacada y denunciada al final de la huelga de 1929 por el Secretario de Educación Pública, Ezequiel Padilla, cuando por mandato del presidente de la República, pidió la autonomía para la Universidad, concedida en ese mismo año. El divorcio entre la Universidad de México y el Estado revolucionario ocasionó que durante el periodo cardenista éste se viera en la necesidad de impulsar no solamente el sistema educativo rural, sino también un sistema educativo técnico. Debido al proceso de industrialización nacionalista que el Estado impulsó, existía la necesidad de un sistema educativo que le proporcionara un número de técnicos y especialistas necesarios para resolver tanto los problemas como las necesidades tecnológicas. Y, ante el hecho de que la Universidad no producía ese tipo de profesionistas sino

[58] LAZARÍN, 1996, pp. 25,26.

que además se consideraba el trabajo manual como un trabajo de "segunda" y degradante, en 1937 el presidente Lázaro Cárdenas crearía el Instituto Politécnico Nacional, al cual se le incorporarían algunas escuelas que antes estaban separadas.[59]

Con respecto a este punto, en una carta que Guillermo Dávila, entonces Cónsul de México (Suponemos que en los Estados Unidos, pero dicha carta no nos proporciona el dato exacto)le propone a Sandoval Vallarta, aprovechando la designación de Narciso Bassols como Secretario de Educación Pública venir a México para llevar a cabo la tarea de organizar la educación técnica en nuestro país ya que este esta rama de la educación era especialmente importante dentro del proyecto educativo nacional y consideraba que Sandoval Vallarta era la única persona con la capacidad de llevar a buen término dicho proyecto:

> "La educación técnica y las escuelas rurales son el punto central del programa que se trazado Bassols. Nadie mejor que tú para organizar y encauzar la primera. Así lo ha pensado Bassols y por eso desearía ofrecerte el puesto de Jefe del Departamento de Enseñanza Técnica e Industrial... Es triste decirlo, pero hasta ahora nada se ha hecho en ese fundamentalísimo aspecto de la educación, pues toda la labor de ese departamento, desde que se creo, esto es desde la creación de la Secretaría de Educación Pública en 1920, se ha concretado a la formación de escuelas de enseñanza doméstica. Absurdo mayor no pude concebirse. Pobre técnica!... Piensa bien tu resolución, pues tú eres el único capaz de formular y llevar adelante los planes relacionados con la enseñanza técnica en México. No hay en México una sola persona que pueda hacerlo. Es lamentable decirlo, pero es la verdad.[60]"

En respuesta a esta carta, Manuel Sandoval hizo un breve análisis sobre la educación técnica en México; reconoce los esfuerzos realizados a favor de la

---

[59] MARTÍNEZ, 1992, p. 62.

[60] AHCMSV. Carta Dirigida a Manuel Sandoval Vallarta por Guillermo Dávila, 3 /XI/ 1931.

educación técnica y mencionó tres puntos que él considera importantes para el mejoramiento de la educación técnica en México. El primero se refería al papel de la investigación dentro de la educación técnica y a la promoción de la misma dando facilidades al los profesores y a los estudiantes destacados de realizar sus propios trabajos. Asimismo, Sandoval Vallarta planteó la modernización en los planes de enseñanza, señaló la necesidad de realizar una selección bien comprendida de lo que se debía enseñar. Consideraba que todo plan de estudios científicos o técnicos debía incluir además de las materias propias de la rama de la ingeniería a la que se quisiera ingresar, cierta proporción de estudios culturales sobre literatura, arte, etc. Como tercer punto, Sandoval Vallarta se refirió a la estabilidad del profesorado, es decir, la calidad de sus profesores. Consideraba que para elevar el nivel del profesorado era necesario reconocer que se les debía otorgar una compensación económica que les permitiera vivir sin sobresaltos, dedicándose enteramente a su labor educativa y de investigación. [61]

En esta carta podemos apreciar, el interés que mostraba Manuel Sandoval Vallarta por un mejor desarrollo de la educación técnica principalmente en nuestro país. Me parece muy lógico si tomamos en cuenta su formación científica, desarrollada en gran parte en el extranjero, con un sistema académico distinto y con mucho mayor apoyo que el que en esos años se le brindaba a la educación técnica, la cual, como lo hemos mencionado con anterioridad, comenzó a ser tomada en cuenta de manera importante a finales de la década de 1920.

En 1940, al tomar la presidencia el Gral. Manuel Ávila Camacho se modificó el patrón de acumulación, por lo que fue necesario modificar también el sistema

[61] AHCMSV. Carta de Manuel Sandoval Vallarta dirigida a Guillermo Dávila, 13/ XI/ 1931.

educativo y readecuarlo a las necesidades socioeconómicas impuestas por el nuevo modelo de desarrollo, el cual era muy diferente al que había promovido el presidente Lázaro Cárdenas. Por lo tanto, era necesario destruir o mediatizar el sistema educativo popular y nacionalista desarrollado por Cárdenas, acabar con el sistema educativo rural y técnico, con la concepción de la educación socialista y volver al esquema liberal pero refuncionalizado; es por ello que los ojos del Estado se vuelven hacia la Universidad Nacional Autónoma de México. Éste impulsó toda una política de reconquista de los intelectuales y la refuncionalización de la Universidad. De esta forma, la creación del Colegio Nacional, del Instituto Nacional de Bellas Artes, de El Colegio de México, del Fondo de Cultura Económica; la implantación del Premio Nacional de Literatura y la recuperación de la Universidad, fueron solamente una parte de una serie de medidas tomadas por el presidente Ávila Camacho para que la "Revolución Mexicana rescatara a sus intelectuales disidentes."[62] Martínez Della Rocca afirma que, fue durante los años del despegue económico de México, cuando se inició el proceso de modernización de la Universidad, comenzando así la "época de oro" de ésta, que sería resultado de una alianza entre la Universidad y el Estado, la cual quedaría sellada con la construcción de la ciudad universitaria, que fue inaugurada en el sexenio del presidente Miguel Alemán. Durante la década de los cincuenta, el ser universitario y ostentar un título de esta institución sería como una especie de llave que abriría las puertas a una nueva jerarquía social; sin embargo, las limitaciones estructurales del modelo de acumulación, el aparato industrial fue incapaz de

[62] MARTÍNEZ, 1992, p. 63.

absorber la masiva e impronta oferta de egresados de las universidades de México,

Es decir, una universidad masificada, que ahora sólo ofrecía un horizonte profesional incierto, un título universitario devaluado, que sería parte de la atmósfera política de represión que el país viviría a finales de la década de los cincuenta.[63]

2. Las Instituciones de educación superior.

¿Qué sucedió con el desarrollo de la investigación científica en la UNAM y el IPN cuando estas dos instituciones comenzaron su expansión? ¿Se le brindó importancia al sector científico dentro de ellas?

Respecto a la UNAM, Raúl Domínguez Martínez nos explica que fue durante la administración del presidente Ávila Camacho que la investigación científica comenzó a ser tomada en cuenta por el gobierno. Menciona que después de haber recobrado la atención y el apoyo del gobierno, la Universidad tenía ante sí la oportunidad de formular su propia estructura legal. La participación de las jefaturas y los departamentos pertenecientes a los diferentes institutos fue fundamental para dar a conocer la labor de éstos y poder incluir algunas de sus iniciativas al texto de la nueva Ley Orgánica. Por ese mecanismo, se añadió la categoría de "investigadores" a la redacción de algunos artículos, referentes a los

[63] MARTÍNEZ, 1992, p. 64.

fines de la educación impartida por la UNAM. En 1944, y como parte del nuevo impulso otorgado a la Universidad, se crearon nuevos institutos, tanto en el área de la Investigación Científica como en el área de las Humanidades. Así, comenzaron a crearse los institutos de Matemáticas, Química, Geología, Geografía, Geofísica, Biología, Estudios Médicos y Biológicos, Investigaciones Sociales, Investigaciones Históricas, Investigaciones Estéticas, el Centro de Estudios Filosóficos, el Observatorio Astronómico Nacional y la Biblioteca Nacional.[64] Sin embargo, el primer Instituto que se fundaría dentro de la máxima casa de estudios sería el Instituto de Física, creado en 1938. [65]

Así, el interés del gobierno de la República por el papel de la enseñanza superior y de la ciencia y la tecnología en la nueva estrategia de desarrollo nacional, aparentemente, no se limitó solamente al fortalecimiento de la máxima casa de estudios del país y en el espíritu de apoyar a la UNAM, se presentó nuevamente la Ley de la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica al Congreso de la Unión, con el fin de que siguiera los procedimientos fijados por la Constitución, dado que había sido expedida en condiciones de excepción. Pero, sería interesante saber hasta qué punto fue real el interés mostrado por el gobierno hacia el desarrollo de la ciencia y la educación superior?, ya que, debido a la escasez de recursos se determinó un orden de prioridades quedando al margen a la investigación, lo que nos hace dudar acerca de sus verdaderos intereses. Pero ese sería motivo de otro estudio.

---

[64] DOMÍNGUEZ, 1998, pp. 15, 16.

[65] CRUZ MANJARREZ, 1976, p. 13.

Mientras tanto, la UNAM puso en marcha las diferentes facetas de su organización. Finalmente, en febrero de 1947 sesionó por primera vez el Consejo Técnico de la Investigación Científica, bajo la presidencia del Dr. Nabor Carrillo, designado por el rector como primer coordinador.[66] En febrero de 1953, habiendo tomado posesión como rector precisamente el Dr. Carrillo, entrarían en funcionamiento las majestuosas instalaciones de la Cuidad Universitaria. Así, realizada con una velocidad impresionante, la Cuidad Universitaria fue inaugurada de manera oficial el 20 de noviembre de 1952. Al frente de las 157 instituciones de educación de la República, la Universidad Nacional era la responsable de casi toda la investigación científica que se realizaba en el país. Dos años más tarde, en 1954 se inició el traslado y la ocupación de las nuevas instalaciones que darían cabida a 28,000 alumnos. En el sector de la educación, durante esta década se aplicaron los primeros esfuerzos para llevar a cabo la diversificación y descentralización del Subsistema de Educación Superior. La UNAM, rebasada en su capacidad de dar respuesta a la demanda creciente de servicios educativos, participó de manera directa en estos intentos ya para ese momento urgentes: desconcentración de la educación superior y la investigación.

En 1950, por iniciativa de esta institución, se creó la Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES), la cual más adelante jugaría un papel activo en el desarrollo y organización de dicho esfuerzo de descentralización. El primer presidente de esta asociación fue el Lic. Garrido Díaz y la UNAM fue declarada como la tesorera de esta asociación. Entre las Instituciones que participaron como fundadores de la ANUIES, se encontraban: el

[66] DOMÍNGUEZ, 1998, p. 21.

Instituto Autónomo de Ciencias de Aguascalientes hoy Universidad Autónoma de Aguascalientes; la Universidad Autónoma de Coahuila; el Instituto de Ciencias y Artes de Chiapas; la Universidad Autónoma de Chihuahua, la UNAM, la Universidad"Juárez" del Estado de Durango; la Universidad de Guanajuato; la Universidad Autónoma de Guerrero, la Universidad de Guadalajara; la Universidad Michoacana de San Nicolás Hidalgo, entre otras.[67]

Sin embargo, los logros obtenidos en materia de educación no fueron equitativos con respecto al avance en materia científica; de hecho, el objetivo principal del gobierno federal quedó restringido prácticamente al ámbito de la enseñanza. En 1958, al tomar posesión del cargo como presidente el licenciado Adolfo López Mateos, éste señaló que los factores que limitaban el desarrollo del país eran principalmente la pobreza y la ignorancia, indicando que su gestión política estaría dirigida principalmente a combatirlas, y que centraría su atención en la esfera de las universidades e instituciones de enseñanza superior; en este sentido, la ciencia sólo nominalmente se integraría a ese proyecto nacional.[68]

No obstante la falta de apoyo otorgado por el poder ejecutivo a la investigación, la actividad científica universitaria entró en contacto permanente con la actividad científica en el ámbito internacional. A partir de 1955, y a raíz de una iniciativa de Agregado Cultural de la Embajada de los Estados Unidos en México, se fortaleció el mecanismo de continuo intercambio académico con este país, el cual se había iniciado desde 1947; asimismo se impulsó la asistencia de

---

[67] BARRÓN (coord.), 2000, p. 10.

[68] DOMÍNGUEZ, 1998, pp. 41-43.

investigadores mexicanos a eventos internacionales en sus respectivas especialidades convirtiéndose en una práctica habitual así como la cada vez más frecuente presencia de invitados extranjeros en nuestro país para impartir sus conferencias. [69]

Mientras esto sucedía, el trabajo cotidiano de los institutos continuaba su camino de desarrollo. En el Instituto de Física se estudiaban ya reacciones nucleares, gravitación, la estructura del núcleo, etc. En el Instituto de Geología, uno de los de mayor tradición en la Universidad, se proseguía el trabajo de conformación de mapas geológicos y mineros de la República, mientras se efectuaban estudios especiales en regiones de interés geológico. Por su parte, el Instituto de Geofísica se encontraba desarrollando estudios relativos a las peculiaridades de la corteza terrestre en México y sus relaciones con la tectónica, la gravedad y la sismología. Por otra parte, el Observatorio Astronómico conducía investigaciones en torno a la estructura de nuestra galaxia, descubriendo y clasificando varios miles de estrellas de alta luminosidad en la Vía Láctea, pero dedicando estudios también a estrellas de poca luminosidad sumergidas en nubes de materia interestelar.[70]

---

[69] DOMÍNGUEZ, 1998, P. 46.

[70] DOMÍNGUEZ, 1998, pp. 47-50.

3. El Dr. Sandoval Vallarta y su injerencia en las instituciones de educación superior. 1943-1963.

En cuanto a la existencia de otras instituciones que fomentaron el desarrollo de la investigación científica en nuestro país, podemos observar la labor que llevó a cabo el Instituto Politécnico Nacional, que durante las últimas años de la década de los cuarenta y en los años cincuenta experimentó una gran movilidad en la investigación científica; precisamente, durante este periodo Sandoval Vallarta comenzó su participación en el ámbito de la educación superior y de la investigación científica en México. Sandoval Vallarta ocupó el cargo de Director General del Instituto Politécnico Nacional a partir de 1944 y hasta 1947. Fueron años difíciles para Manuel Sandoval Vallarta, sin embrago durante esos años se expide el Reglamento Provisional del IPN (1944) y el Reglamento de los Consejos Técnico Consultivo General y escolar (1945), asimismo, se expropiaron terrenos aledaños a Santo Tomás, para seguir con la construcción de más escuelas (1945), la carrera de Medicina Rural se funde a la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas para fundar la Escuela Superior de Medicina Rural. Ya para 1947, el IPN había estructurado y definido sus programas de estudio y sus escuelas de enseñanza Superior. [71]

Durante la década de los años cincuenta, el IPN se consolidó como la máxima casa de estudios tecnológicos del país; entre 1957 y 1959 se construyó e inauguró la Unidad Profesional "Adolfo López Mateos" en Zacatenco, al norte de la

[71] BENITEZ, 1996, p. 34.

ciudad de México. Durante este tiempo el Politécnico se encargó de preparar a los profesionales de la tecnología para que estuvieran en condiciones de adaptarse a las nuevas alternativas planteadas por la ciencia y la tecnología.[72] A partir de la década de los años cincuenta, se crearon plazas para profesores e investigadores de tiempo completo en estas instituciones, iniciándose así la profesionalización de la investigación científica en el sector educativo nacional. No obstante, sería conveniente investigar, de manera más profunda, cuáles fueron los rubros dentro de la investigación científica en donde el Instituto tuvo mayor impacto.[73]

Fue en esos años que Manuel Sandoval Vallarta estuvo a cargo de la Subsecretaría de Educación Pública, y creemos que desde su cargo en la SEP, le brindó su apoyo al IPN para que llevara a cabo su consolidación, tal como podemos observarlo en las *fotos 34 y 35* del Apéndice III, que fueron tomadas en julio de 1956, y en ellas, Sandoval Vallarta daba posesión al Ing. Alejo peralta y al Ing. Luis Contreras Bobadilla como Director y Subdirector del Instituto Politécnico Nacional. Esta foto pienso que es importante, ya que nos deja ver, la relación que el Dr. Sandoval mantuvo con el IPN, y el apoyo que le brindó a esta institución desde su cargo como subsecretario de la SEP. No sabemos si él propuso al director y subdirector del IPN, pero sería interesante averiguar si él creía conveniente que el Ing. Peralta fuera designado como la máxima autoridad en el IPN y si él apoyase sus planes para continuar con el desarrollo de la investigación

[72] BENITEZ, 1996, p. 62.

[73] ARÉCHIGA, 1995, p. 16.

superior.[74] Otra foto que nos permite ver la presencia del Dr. Sandoval Vallarta en los asuntos relacionados con el IPN son las fotos 36, 39 y 40 del Apéndice III.

La *foto 36* del Apéndice III, fue tomada en diciembre de 1956,durante una ceremonia de entrega de diplomas a algunos pasantes de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la sala Manuel M. Ponce. Podemos observar, que el Dr. Sandoval Vallarta, sigue vinculado estrechamente con el IPN y, esto se hace patente, tanto en cuestiones académicas como sociales.[75]

Por su parte, las *fotos 39 y 40* del Apéndice III son, a mi juicio, muy interesantes. Fueron tomadas en junio de 1958, a pocos meses de que el Dr. Sandoval Vallarta dejara el cargo en la Subsecretaría de Educación Pública, en una reunión sostenida entre la Junta del Patronato del Instituto Politécnico Nacional y Sandoval Vallarta. En dicha reunión, podemos suponer que se designó a los nuevos miembros de esta Junta, quedando conformada de la siguiente manera: el Ing. Enrique Zepeda como presidente del Patronato y representante de la Secretaría de Educación Pública; Eduardo Philibert, C. P. T. Como representante de los egresados del Instituto Politécnico Nacional y; Eduardo Víctor de la Torre como representante del Patronato de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. En estas fotografías, podemos ver que Sandoval Vallarta, hasta el final de su gestión como subsecretario de Educación Pública, estuvo al tanto y participó de los asuntos importantes relacionados con el IPN, cabe señalar, que el IPN, dependía directamente de La Secretaría de Educación Pública, como en la actualidad, por lo que los asuntos importantes eran tratados con las autoridades

---

[74] **Ver Apéndice III, p. XCIV.**

[75] **Ver Apéndice III, p. XCV.**

de la secretaría. Sin embargo, hemos observado en otras fotografías, que Sandoval Vallarta, se interesaba bastante en todo lo relacionado con el desarrollo de IPN. Todas estas apreciaciones, las hago a partir de observar y tratar de analizar el material fotográfico que hemos obtenido, por lo que no puedo hacer afirmaciones acerca de ninguna de las opiniones que hemos he emitido, ya que no cuento con el sustento documental para que éstas tengan validez; no obstante, sería muy interesante profundizar en la investigación de la relación entre Manuel Sandoval Vallarta y el IPN y obtener información certera acerca del apoyo brindado por el científico al desarrollo académico y científico de la institución.[76]

Asimismo, se crearon organismos dedicados al desarrollo de la investigación científica, tales como el Instituto Mexicano de Investigaciones Tecnológicas en 1946; en 1950 se creó el Instituto Nacional de Investigación Científica (predecesor del CONACYT) y en 1959 se fundó la Academia de Investigación Científica. Durante la década de 1960 continuaron los esfuerzos por institucionalizar la investigación científica y tecnológica; en 1960, se creó el Centro de Investigación y Estudios Avanzados (CINVESTAV) dependiente del IPN; el Instituto Mexicano del Petróleo (IMP) y el Instituto Nacional de Energía Nuclear (ININ) de la cual, Sandoval Vallarta sería miembro importante.[77]

Una institución que tuvo gran importancia dentro de este desarrollo científico y tecnológico, vinculado directamente con el desarrollo de la educación superior en nuestro país, fue la Asociación Nacional de Universidades e Institutos

---

[76] **Ver Apéndice III, p. XCVII.**

[77] ALLENDE, 1995, pp. 7-8.

de Investigación Superior (ANUIES). Desde su fundación en 1950, esta institución se ha dedicado, a fomentar el desarrollo de la educación superior en México, tratando de vincular desde la década de los 60 la docencia y la investigación con la difusión cultural; participando en la planeación del desarrollo tecnológico, particularmente en la elaboración de programas generales que el Estado pudiera desarrollar en el terreno de la investigación tecnológica, científica, técnica y en aquellos campos que estuvieran relacionados con los programas de desarrollo económico, tanto en el ámbito regional como en el ámbito nacional. También se ha dedicado desde los primeros años de su fundación a promover la investigación aplicada, para incrementar la producción de bienes y servicios que aumentaran las fuentes de trabajo en los sectores claves para el desarrollo, favorecer la extensión, la integración y profundización del proceso de industrialización, el fortalecimiento del mercado y la ampliación del mercado internacional.[78] Se supone , sin contar con alguna documentación que pueda darle cierta validez a este comentario, que Sandoval Vallarta estuvo relacionado con la ANUIES, desde sus inicios, sobre todo en cuanto al aspecto del desarrollo científico; ya que no debemos perder de vista el hecho de que la ANUIES fue creada por un grupo de científicos e intelectuales dedicados a fomentar el desarrollo de la educación superior y a afianzar los lazos entre ésta y la investigación científica. Por lo que tampoco sería algo ilógico pensar o especular acerca de la participación del Dr. Sandoval Vallarta en su creación, dado que supuestamente, él se encontraba interesado en apoyar el desarrollo los dos ámbitos.

[78] BARRÓN TOLEDO, 2000, p. 34.

A partir de los primeros años de la década de los años 40, Sandoval Vallarta comenzó a figurar dentro de la investigación y la docencia en nuestro país, siendo nombrado el 31 de enero de 1944 como Director del Instituto Politécnico Nacional. También participó dentro de la Comisión de Energía Atómica. Pero su labor dentro del campo de la docencia se concentró principalmente en el Colegio Nacional. Como miembro fundador de este organismo en 1943, desde esta fecha impartió cursos y ciclos de conferencias sobre los temas diversos, tales como el desarrollo de las ideas en su propia especialidad; la radiación cósmica; los nuevos descubrimientos en muchos otros campos de la física; los problemas que el desarrollo científico trae consigo; la situación energética en México, etcétera.[79] Precisamente, la presencia Manuel Sandoval en el Colegio Nacional se encuentra presente en la *foto 6* del Apéndice III, que fue tomada en noviembre de 1953 durante la develación de algunas pinturas de miembros destacados del Colegio Nacional, y a la que Sandoval Vallarta acudió acompañando al Lic. Ceniceros, Secretario de Educación Pública, y a la que acudiría el Sr. Presidente de la República, el Lic. Adolfo Ruiz Cortínez. En ella, podemos observar la aparición de Sandoval Vallarta en los actos públicos relacionados con la vida académica del país. Cabe mencionar, que Manuel Sandoval no acudía frecuentemente a este tipo de actos públicos. Esta afirmación, se basa en la escasez de material fotográfico, relacionado con su aparición en actos públicos.

[79] MOSHINSKY, 1987, p. 54.

Ya en un plano más especializado, impartió el seminario de física más importante del país por casi 25 años, primero en el Instituto Nacional de Investigación Científica y, posteriormente, en el Instituto Nacional de Energía Nuclear.[80]

Es así, como, poco a poco, iremos profundizando en los distintos aspectos que desarrolló Sandoval Vallarta dentro del ámbito de la educación superior en nuestro país. Sin olvidar que supuestamente también brindó su apoyo al desarrollo de la investigación científica en México, durante el periodo que ocupa nuestro estudio, cuestión que tratará el siguiente capítulo de este trabajo.

[80] MOSHINSHY, 1987, p. 54.

CAPITULO III MANUEL SANDOVAL VALLARTA Y SU APORTACIÓN A LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA EN MÉXICO Y EL MUNDO.

Un aspecto muy importante en la vida Manuel Sandoval Vallarta, estuvo íntimamente relacionado con su amor por la ciencia y el gran interés que mostró por el desarrollo de la investigación científica enfocada, sobre todo, a la física, las matemáticas y las ciencias aplicadas. Es por eso que nos parece conveniente dedicar un apartado de los que comprenden este trabajo, para analizar con más detalle, la labor realizada por este hombre durante su periodo como funcionario y académico, en favor del avance de la ciencia, no sólo en nuestro país sino también en el extranjero.

1. *La historia de la ciencia en México.*

Un primer periodo de desarrollo de la ciencia que puede ser estudiado por los historiadores, después de la guerra de Independencia, se produjo durante las primeras décadas del siglo XIX. Saldaña indica que el nacimiento de las nuevas naciones, como fue el caso de México, despertó esperanzas de que la ciencia pudiera fomentarse adecuadamente, dejando atrás el abatimiento en el que el régimen colonial la dejaba. Asimismo, los científicos sintieron que había llegado el momento de realizar sus ambiciones cognoscitivas y de promoción social, que durante tanto tiempo habían sido postergadas. Por lo tanto, los nuevos Estados independientes no dejaron de manifestar su interés por el desarrollo de la educación, la ciencia y la tecnología, así como su decisión de apoyarse en ellas

para lograr los fines sociales y políticos que se proponían.[81] Sin embargo, cabe aclarar que dentro de esta fase de desarrollo de la ciencia, la crisis que se produjo entre los años de 1810 a 1821 frenó momentáneamente el ritmo de la labor científica, que afortunadamente no logró extinguirse. Por su parte, Leticia Mayer Celis, afirma que la cultura científica de la primera mitad del siglo XIX significó entender los principios y paradigmas de algunas ciencias, así como participar de la euforia de los conocimientos utilitarios y también compartir un mundo cotidiano de creatividad tanto científica como literaria.[82]

Dentro de esa nueva etapa de desarrollo de la ciencia, podemos observar la participación de personajes "fuertes" dentro de la política, e incluso dentro de las fuerzas armadas, quienes vieron en la estadística, una manera útil para llevar la administración del país.[83] De 1821 a 1850 la ciencia mexicana experimentó el empuje ilustrado, pero siempre estuvo sujeta a los cambios producidos por la inestabilidad política y social. Leticia Mayer comenta que gracias a un seguimiento de algunas redes sociales, fue posible identificar a ciertos personajes que funcionaron como "egos" centralizadores tanto de las relaciones sociales como del intercambio académico. Entre esas figuras, la autora menciona a tres personalidades que fueron muy importantes dentro de las redes o sociedades formadas en el plano científico del país durante dicho periodo. Ellos fueron José Gómez de la Cortina, Joaquín Velázquez de León y Juan Nepomuceno Almonte. Principalmente, hablamos de avances científicos y aportaciones de estos

[81] SALDAÑA, 1992, p. 40.

[82] MAYER CELIS, 1995, p. 102.

[83] MAYER CELIS, 1995, p. 103.

pioneros, en ámbitos como el de la estadística. Fue, a partir de 1850 que la ciencia mexicana recibiría el impulso positivista. [84]

Ahora bien, Luz Fernanda Azuela comenta que el Porfiriato podría considerarse como uno de los periodos más ricos en la historia de la ciencia, ya que durante éste, se presenció un intenso proceso de institucionalización de la ciencia, además se modificaría de manera definitiva la práctica y el pensamiento científicos, conduciendo a una etapa de gran creatividad y florecimiento. Durante estos años se observarían algunas controversias de tipo ideológico tales como el repudio a la filosofía positivista y la condena a la dictadura de Porfirio Díaz, fueron claras apreciaciones de la ciencia porfiriana , lo que impidió la valoración de sus logros en algunos aspectos de la vida social. Además, la carencia de estudios sistemáticos sobre la ciencia durante este periodo ha dado pie a que sea visto como una mera "recopilación de datos", de "esterilidad" y hasta de "inmovilismo".

La ciencia en el Porfiriato debe tomarse como un elemento crucial en la conformación de la estrategia modernizadora del régimen, que requirió el concurso de los hombres mejor preparados para su diseño y puesta en marcha. Según la autora, con la participación de los científicos se gestó la reorganización del aparato estatal y se crearon los establecimientos en donde se llevarían a cabo los nuevos proyectos, asimismo, bajo la protección institucional, los científicos del periodo se dedicaron a la solución de problemas de interés nacional, produjeron contribuciones originales dentro del marco de las preocupaciones de la

[84] MAYER CELIS, 1995, p. 103.

comunidad científica internacional y propiciaron el establecimiento de las bases educativas e institucionales de una novedosa infraestructura científica.[85]

Sin embargo, el acelerado proceso de institucionalización de la ciencia que se registró durante el Porfiriato, señalaba múltiples interrogantes: en primer lugar, aparentemente el proceso mexicano era análogo al que se venía efectuando eb numerosos países occidentales desde mediados del siglo XIX. Por lo tanto, era necesario precisar las condiciones en que se desenvolvió en México, para señalar su especificidad, y al mismo tiempo determinar si la práctica científica mexicana participaba de los elementos que caracterizan el acontecer general en Occidente, es decir, se crearían institutos de investigación; se profesionalizaría la ciencia; se observaría una universalización de estándares y normas y participación en reuniones internacionales en donde se gestaron varios proyectos de colaboración.

En segundo lugar, podemos destacar el papel que desempeñaron los hombres de ciencia, como gestores ante el Estado y también la labor de éste en la constitución de establecimientos gubernamentales en donde se desarrollaría la práctica científica de acuerdo con el proyecto de modernización. Observar si había alguna convergencia entre los intereses propios del Estado y las líneas de investigación abordadas por la comunidad científica que se actualizaría tanto en las instituciones que se crearon, como en los proyectos que se llevaron a cabo. Asimismo, es necesario relacionar la distribución disciplinaria a la que se ha aludido, con el proyecto modernizador de Díaz, ya que pronto fue claro que los

[85] AZUELA BERNAL, 1996, p. 1

miembros de las sociedades científicas se iban incorporando progresivamente en puestos estratégicos dentro de la esfera gubernamental.[86]

Ya observamos el auge que experimentó la ciencia durante el periodo porfirista, sin embargo, ¿Qué sucedió durante el periodo revolucionario? Es obvio que el desarrollo científico no pudo haberse detenido durante la Revolución, sin embargo no hemos podido encontrar algún trabajo que nos hable de la forma en que siguió desarrollándose la ciencia durante estos años.

Sabemos que durante esos años se creó la Escuela Superior de Ingenieros Mecánicos y Electricistas, que sustituiría a la Escuela Nacional de Artes y Oficios. En fin son pocos los datos con los que contamos para cubrir este periodo en cuanto a historia de la ciencia se refiere.

2. *Manuel Sandoval Vallarta en su etapa como científico.*

Marcos Moshinsky, uno de los discípulos Manuel Sandoval y de los más importantes científicos de este país, dividió, con motivo de una conferencia, la obra científica de Manuel Sandoval Vallarta en 5 temas importantes: el primero se relaciona con los "Circuitos eléctricos y el método operacional de Heaviside"; el segundo se refiere a "La mecánica cuántica"; el siguiente trata acerca de "La mecánica cuántica relativista"; "la relatividad general" y, finalmente, "los estudios sobre la radiación cósmica."

Según el autor, Sandoval Vallarta comenzó a estudiar algunos problemas electromagnéticos a los 22 años, y sus primeras aportaciones experimentales

[86] AZUELA BERNAL, 1996, p. 3

estuvieron relacionadas con corrientes superficiales. A principios de la década de 1920, el campo técnico más unido a la física experimental era la electricidad.[87] Sin embargo, uno de los primeros resultados importantes para la física fue la sistematización y el uso del cálculo operacional de Heaviside en la teoría de los circuitos eléctricos. [88] Los estudios realizados por Sandoval Vallarta ayudaron a transformar esas reglas, en un cálculo riguroso y confiable.[89]

Uno de los campos de la física que más le interesó fue el de la mecánica cuántica y la relatividad; a los 24 años realizó el primer trabajo relacionado con estos temas, que se trataba acerca de la "Cuantificación de sistemas periódicos no condicionados", trabajo en el que empleaba magníficamente las técnicas de la versión original de la mecánica cuántica. El propósito de ese trabajo era discutir, de manera crítica, la generalización de los métodos de cuantificación de Sommerfield a sistemas periódicos pata los que no era aplicable la técnica de variables en la ecuación de Hamilton-Jacobi. [90] Con estas investigaciones, Manuel

---

[87] Ya en el siglo XIX se habían dado avances significativos en el campo de la física; durante la primera mitad de este siglo se había estudiado le electricidad, y estos estudios darían como resultado posteriormente, el descubrimiento de los rayos X por Röntgen y de las propiedades del conductor de la electricidad, el electrón por Thompson. Durante la segunda mitad del siglo XIX, las leyes de la termodinámica fueron los descubrimientos más importantes, sobre todo, tomando en consideración que los conocimientos acerca de la máquina de vapor habían llegado antes que los conocimientos teóricos. BERNAL, 1972, p. 298.

[88] **Circuito eléctrico**, trayecto o ruta de una corriente eléctrica. El término se utiliza principalmente para definir un trayecto continuo compuesto por conductores y dispositivos conductores, que incluye una fuente de fuerza electromotriz que transporta la corriente por el circuito. Un circuito de este tipo se denomina circuito cerrado, y aquéllos en los que el trayecto no es continuo se denominan abiertos. Un cortocircuito es un circuito en el que se efectúa una conexión directa, sin resistencia, inductancia ni capacitancia apreciables, entre los terminales de la fuente de fuerza electromotriz. *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000.*

[89] MOSHINSKY, 1987, p. 45.

[90] **Hamilton, William Rowan** (1805-1865), matemático y astrónomo británico, conocido sobre todo por sus trabajos en análisis de vectores y en óptica. Nació en Dublín y estudió en el Trinity College. En 1827, sin haber obtenido su título, fue nombrado profesor de astronomía, y al año siguiente astrónomo real para

Sandoval enfatizó el carácter general de estas reglas, un par de años antes que Hiesemberg, Schrödinger y Dirac[91] establecieran la nueva formulación de la mecánica cuántica que permitía, en principio, la cuantificación de la energía de cualquier "hamiltoniano" en la región, que clásicamente, éste llevaba a movimientos periódicos.[92] Según palabras del autor, éste y otros trabajos de la misma línea permitieron a Sandoval Vallarta hacer contribuciones importantes a la nueva mecánica cuántica algunos meses después de su aparición. Asimismo, dentro de las aplicaciones de la mecánica cuántica, Sandoval realizó uno de los primeros estudios sobre la *Teoría de la parte continua del espectro de rayos X,* como ocasionado por la radiación de frenamiento o *Brehmstrahlung.*[93]

Irlanda. Hamilton pasó el resto de su vida trabajando en el Trinity College y en el observatorio de Dunsink, cerca de Dublín. En el campo de la dinámica, introdujo las funciones de Hamilton, que expresan la suma de las energías cinética y potencial de un sistema dinámico; son muy importantes en el desarrollo de la dinámica moderna y para el estudio de la teoría cuántica. *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000.* **Sobre Ecuación de Hamilton-Jacobi, ver Apéndce I.**

[91] **Dirac, Paul Adrien Maurice** (1902-1984), físico teórico británico, premiado con el Nobel, y célebre por su predicción de la existencia del positrón, o electrón positivo, y por sus investigaciones en teoría cuántica. Dirac nació en Bristol y estudió en las universidades de Bristol y Cambridge. Su teoría cuántica del movimiento del electrón le llevó en 1928 a formular la existencia de una partícula idéntica al electrón en todos los aspectos excepto en la carga: el electrón con una carga negativa y esta hipotética partícula con una carga positiva. La teoría de Dirac se confirmó en 1932, cuando el físico estadounidense Carl Anderson descubrió el positrón. En 1933 Dirac compartió el Premio Nobel de Física con el austriaco Erwin Schrödinger, y en 1939 fue nombrado miembro de la Sociedad Real. Fue profesor de matemáticas en Cambridge desde 1932 a 1968, profesor de física en la Universidad del estado de Florida desde 1971 hasta su muerte, y miembro del Instituto de Estudios Avanzados, entre 1934 y 1959. Entre las obras de Dirac se encuentran *Principios de mecánica cuántica (*1930). *Véase también* Electrón; Física: *La física moderna. Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000.*

[92] MOSHINSKY, 1987, p. 46.

[93] En la década de 1920 hubo que ampliar la mecánica estadística para incorporar los nuevos principios de la teoría cuántica. En esta teoría, la naturaleza de las partículas es diferente a la de la física clásica, que se basa en las leyes del movimiento de Newton. En particular, dos partículas clásicas son distinguibles en principio; igual que pueden distinguirse dos bolas de billar colocando una marca en una de ellas, con las partículas clásicas puede hacerse lo mismo. En cambio, dos partículas cuánticas idénticas son indistinguibles, incluso en principio, y eso exige una nueva formulación de la mecánica estadística. Además, existen dos formulaciones mecanocuánticas de la mecánica estadística, que corresponden a los dos tipos de partículas cuánticas conocidos como fermiones y bosones. La formulación empleada para describir el comportamiento de un grupo de partículas clásicas se denomina estadística de Maxwell-Boltzmann (MB). Las dos formulaciones de la mecánica estadística empleadas para describir las partículas cuánticas son la estadística de Fermi-Dirac (FD), que se aplica a los fermiones, y la estadística de Bose-Einstein (BE), que se aplica a los bosones. Son necesarias dos formulaciones de la mecánica

Otro aspecto de la física en que Manuel Sandoval Vallarta mostró un enorme interés fue el de la relatividad general. Su primer estudio sobre este tema lo realizó en su tesis doctoral titulada: El modelo atómico de Borh desde el punto de vista de la relatividad general y del cálculo de perturbaciones.

Cabe decir, en relación con la teoría de la relatividad y todos los estudios que se han realizado a su alrededor, que en el año de 1905, el científico Alemán, Albert Einstein le dio un nuevo giro a la discusión entablada en torno a la relatividad. La tercera publicación de Einstein en 1905, Sobre la electrodinámica de los cuerpos en movimiento, y la cuarta titulada ¿Depende la inercia de un cuerpo de la energía que contiene?, formulaban lo que después llegó a conocerse como la teoría especial de la relatividad (o teoría restringida de la relatividad). Desde los tiempos del matemático y físico inglés Isaac Newton, los filósofos de las ciencias naturales (nombre que recibían los físicos y químicos) habían intentado comprender la naturaleza de la materia y la radiación, y su interacción en algunos modelos unificados del mundo. La hipótesis que sostenía que las leyes mecánicas eran fundamentales se denominó visión mecánica del mundo. La hipótesis que mantenía que eran las leyes eléctricas las fundamentales recibió el nombre de visión electromagnética

---

estadística cuántica porque los fermiones y los bosones tienen propiedades significativamente distintas. Los fermiones —partículas con espín no entero— cumplen el principio de exclusión de Pauli, que afirma que dos fermiones no pueden estar en el mismo estado cuántico. Entre los fermiones se encuentran los electrones, los protones o los núcleos de helio 3. En cambio, los bosones —partículas con espín entero— no cumplen el principio de exclusión de Pauli. Algunos ejemplos de bosones son los fotones o los núcleos de helio 4. Mientras que en cada momento sólo puede haber un fermión en un estado cuántico determinado, pueden existir múltiples bosones en un único estado. *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000.* **Sobre Mecánica Cuántica, ver Apéndice I.**

del mundo. Ninguna de las dos concepciones era capaz de explicar con fundamento la interacción de la radiación (por ejemplo, la luz) y la materia al ser observadas desde diferentes sistemas de inercia de referencia, o sea, la interacción producida en la observación simultánea por una persona parada y otra moviéndose a una velocidad constante.[94]

Manuel Sandoval, como gran admirador de la teoría de la relatividad, criticó severamente los esfuerzos hechos por Einstein en la dirección de un campo unificado. Argumentaba, que resultaba más importante unificar la relatividad general con la mecánica cuántica relativista de Dirac, que buscar una teoría de campo unificado[95] para la gravitación y el electromagnetismo. En conjunto con Wiener, y posteriormente de manera individual, mostró que el límite estático de las teorías del campo unificado de Einstein de 1928 y 1929, permitía sólo soluciones superficiales y no incluía la importante solución de Schwarzchild de la teoría general de la relatividad de 1916. Dichos resultados influyeron en los trabajos posteriores de Einstein respecto a la teoría del campo unificado; no obstante, esta

---

[94] **Sobre la Teoría de la Relatividad, ver Apéndice I.**

[95] **Teoría del campo unificado**. Einstein escribió una vez: "Una teoría racional del campo en relatividad general daría posiblemente la clave de una teoría cuántica completa... Es una modesta esperanza; de ninguna manera una convicción", buscando la unificación de varias teorías de la física. Las propiedades del espacio-tiempo dependen de las fuerzas gravitatorias, es decir, de la masa; éstas se determinan con rayos de luz, que son campos electromagnéticos y, Einstein creyó que estos a su vez deberían modificar la curvatura del espacio-tiempo y las trató de incorporar en la teoría de la relatividad para obtener lo que se ha llamado: "teoría unificada del campo". Aún no se ha llegado a la teoría deseada. Se descubrieron nuevas fuerzas de la naturaleza, que son las que mantienen a los protones y neutrones unidos al núcleo del átomo: las nucleares - débil y fuerte, que junto con la gravitatoria y la electromagnética forman las cuatro grandes fuerzas que actúan a distancia-. Se ha tratado furtivamente la unificación de las fuerzas, ya que se piensa que en el principio, cuando todas la materia del universo se encontraba comprimida en un espacio tan pequeño como la cabeza de un alfiler, éstas fuerzas estaban actuando todas al mismo tiempo. De todas las fuerzas, se piensa además que la más difícil de unir es la gravitatoria, por la que Einstein empezó. En esta teoría comenzó a trabajar en el año 1925 y continuó en ella hasta su muerte (en el año 1955). http://www.ciudadfutura.com/einstein/html/rgeneral.html

última jamás llegó a tener una forma completamente satisfactoria para él.[96] Sin embargo, Alfonso Mondragón afirma que la unificación de la mecánica y la electrodinámica hecha por Einstein no fue una apertura revolucionaria de nuevas perspectivas, sino una unificación de ideas que parecían contradictorias. Esto significó la coronación y consolidación de la física clásica en un nuevo marco conceptual del espacio y el tiempo.[97]Sandoval Vallarta sería posteriormente el encargado de transmitir a las nuevas generaciones de estudiantes interesados en la ciencia algunas de las aportaciones más importantes del científico alemán, dictando conferencias sobre la vida y obra de Albert Einstein como lo observamos en las *fotografías 25 y 27* del Apéndice III. La *foto 25* del Apéndice III, es, a mi parecer, una de las mejores fotos que hemos podido recaudar del Dr. Sandoval Vallarta. Fue tomada el 9 de mayo de 1955 durante un homenaje en memoria del físico Albert Einstein, realizado en el Palacio de Bellas Artes. Este acto fue precedido por el Dr. Sandoval Vallarta, Charles Edonard de Bonier, ministro de Suiza en México, el Dr. Joseph Massany, ministro de Israel en México, entre otras personalidades. Recordemos que Sandoval Vallarta fue alumno de Albert Einstein durante algunos años, y debatió en años anteriores a su estancia en Berlín, algunas de las teorías más representativas realizadas por el famoso científico. La presencia de Sandoval Vallarta en dicho homenaje debió haber sido importante para exaltar la figura y las aportaciones hechas por Albert Einstein a la ciencia no sólo del siglo XX sino de los últimos siglos. Asimismo, La *foto 27* del Apéndice III,

---

[96] MOSHINSKY, 1987, p. 47.

[97] MONDRAGÓN, 1986, p. 13.

tomada el 22 de junio de 1955 durante una conferencia dictada por Manuel Sandoval Vallarta sobre la memoria de Albert Einstein, en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, nos muestra de nueva cuenta a un Dr. Sandoval en su faceta de académico, ya que en esta conferencia vuelve a retomar la figura de Albert Einstein y aporta a la comunidad de la ESIME, creo yo, algunas anécdotas e ideas importantes acerca de la labor de este importante científico.

En un trabajo realizado con Rosen en 1930, Sandoval Vallarta analizó las soluciones con simetría esférica del campo unificado de Einstein en su versión del mismo año, y concentró las características poco satisfactorias. Se sabe que dicho trabajo sirvió para establecer contacto entre Einstein y Rosen, cuando éste último fue estudiante posdoctoral en la Universidad de Princeton; con lo cual, se afirma que las investigaciones de Manuel Sandoval establecieron un puente entre Einstein y Rosen, quien pudo llevar a la crítica de la mecánica cuántica implícita en el trabajo de Einstein, Podolsky y Rosen. En 1932, el Dr. Sandoval estaba considerablemente preparado como físico para realizar el estudio más importantes de su vida como científico: **La Teoría de la radiación Cósmica.** [98]

En 1932 Manuel Sandoval se encontraba de vacaciones en la ciudad de México, cuando recibió la visita de Arthur Compton.[99] Este científico estaba por

---

[98] MOSHINSKY, 1987, p. 48.

[99] **Compton, Arthur Holly** (1892-1962), físico y premio Nobel estadounidense, cuyo estudio de los rayos X le llevó a descubrir en 1922 el denominado efecto Compton. El descubrimiento de este efecto confirmó que la radiación electromagnética tiene propiedades tanto de onda como de partícula, un principio central de la teoría cuántica. Compton nació en Wooster (Ohio) y estudió en el Wooster College y en la Universidad de Princeton. En 1923 entró como profesor de física en la Universidad de Chicago. Durante su estancia en esta institución, dirigió el laboratorio en el que se produjo la primera reacción nuclear en cadena (*véase* Energía nuclear). También desempeñó un papel importante en el desarrollo de la bomba atómica (*véase* Armas nucleares). Desde 1945 hasta 1953 fue rector de la Universidad de Washington, donde también enseñó filosofía natural a partir de 1954. Por su descubrimiento del efecto Compton y por su investigación de los rayos cósmicos y de la reflexión, la polarización y los espectros de los rayos X

concluir un viaje alrededor del Pacífico, en donde había medido la intensidad de la radiación cósmica, a diferentes latitudes, con ayuda de los contadores Geiger, encontrando que era mínima cerca del Ecuador geomagnético. Inmediatamente, esta información hizo pensar a Sandoval Vallarta que la radiación cósmica debería de estar asociada con la ionización producida por partículas cargadas[100] y no por rayos gamma como lo proponía el físico Millikan,[101] ya que solamente las primeras

---

compartió el Premio Nobel de Física de 1927 con el físico británico Charles Wilson. *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000.*

[100]Además del electrón, el protón, el neutrón y el fotón se han descubierto muchas otras partículas fundamentales. En 1932, el físico estadounidense Carl David Anderson descubrió el antielectrón o positrón, que Dirac había predicho en 1928. Anderson comprobó que un rayo gamma de alta energía procedente de la radiación cósmica podía desaparecer en las proximidades de un núcleo pesado y crear un par electrón-positrón exclusivamente a partir de su energía. Cuando un positrón choca con un electrón se aniquilan entre sí y dan lugar a una lluvia de fotones. En 1935, el físico japonés Yukawa Hideki desarrolló una teoría que explicaba cómo se mantiene unido un núcleo a pesar de la repulsión mutua entre sus protones. Yukawa postuló la existencia de una partícula de masa intermedia entre el electrón y el protón. En 1936, Anderson y sus colaboradores descubrieron en la radiación cósmica secundaria una nueva partícula con una masa 207 veces superior a la del electrón. Al principio se creyó que esa partícula, que se denominó muón, era el "pegamento" nuclear de Yukawa. Los experimentos posteriores del físico británico Cecil Frank Powell y otros llevaron al descubrimiento de una partícula algo más pesada, con una masa 270 veces mayor que la del electrón. Este mesón pi o pión (también hallado en la radiación cósmica secundaria) fue finalmente identificado como la pieza que faltaba en la teoría de Yukawa. Desde entonces se han encontrado muchas partículas adicionales en la radiación cósmica secundaria y en los aceleradores de partículas de altas energías. Entre ellas figuran numerosas partículas de gran masa, denominadas hadrones (partículas afectadas por la interacción nuclear fuerte, que mantiene unidos los núcleos atómicos), que incluyen los hiperones y diversos mesones pesados cuya masa es de 1 a 3 veces la del protón, además de los llamados bosones vectoriales intermedios, como las partículas W y Z^0, los portadores de la interacción nuclear débil. Estas partículas pueden ser eléctricamente neutras, positivas o negativas, pero nunca tienen más de una carga eléctrica elemental, *e*. Tienen un periodo de semidesintegración que va desde 10^{-8} hasta 10^{-14} segundos, y se desintegran dando lugar a numerosas partículas más ligeras. Cada partícula tiene su antipartícula correspondiente y posee un determinado momento angular. Todas cumplen una serie de leyes de conservación relativas a números cuánticos como el número bariónico, la llamada extrañeza o el espín isotópico. *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000.*

[101] **Millikan, Robert Andrews** (1868-1953), físico estadounidense, conocido por su trabajo en física atómica. Millikan nació en Morrison (Illinois) y estudió en las universidades de Columbia, Berlín y Gotinga. Se incorporó al cuerpo docente de la Universidad de Chicago en 1896, y en 1910 fue profesor de física. Abandonó la universidad en 1921 al convertirse en director del laboratorio Norman Bridge de física en el Instituto de Tecnología de California. En 1923 le fue concedido el Premio Nobel de Física por los experimentos que le permitieron medir la carga de un electrón, comprobando que la carga eléctrica solamente existe como múltiplo de esa carga elemental. Otras aportaciones de Millikan a la ciencia son una importante investigación de los rayos cósmicos (como él los denominó) y los rayos X, y la determinación experimental de la constante de Planck. Escribió estudios técnicos y diversos libros sobre la relación entre la ciencia y la religión. *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000*

se ven afectadas por el campo magnético de la Tierra en tal forma que su intensidad sea menor en el Ecuador que en el polo geomagnético.[102]

Cuando Sandoval Vallarta Regresó al MIT, se puso en contacto con el abate Lemaître[103], físico de la Universidad de Lovaina que pasaba un año en la Universidad de Harvard y en sus discusiones sobre el tema de las partículas cargadas en la radiación cósmica vieron que éstas abrían una nueva ventana sobre el universo, que hasta entonces sólo se conocía a través de observaciones que involucraban radiaciones electromagnéticas, particularmente en el espectro visible. Inmediatamente, Sandoval Vallarta y Georges Lemaître se concentraron en el estudio de la forma en que las partículas cargadas provenientes del infinito se veían afectadas por el campo magnético terrestre y de la información que sobre su carácter, proveniencia y distribución energética se podía concluir de esos estudios.

De acuerdo con la Dra. Ruth Gall, el exponer la teoría Lemaître-Vallarta debe discutirse primero la teoría de Störmer[104] y posteriormente presentar a la

---

[102] MOSHINSKY, 1987, p. 49.

[103] **Lemaître, Georges** (1894-1966), astrónomo belga, autor, en 1927, de una teoría cosmológica según la cual, la expansión del Universo habría comenzado con una enorme explosión (llamada *Big Bang*) de un "núcleo primordial". Fue uno de los muchos teóricos que ofrecieron soluciones a una serie de ecuaciones planteadas por el físico estadounidense, de origen alemán, Albert Einstein en su teoría general de la relatividad. La solución de esas ecuaciones le llevó a proponer la teoría de la Gran Explosión para el origen del Universo..Nació en Charleroi (Bélgica), trabajó como ingeniero civil y fue ordenado sacerdote. Estudió astrofísica en Inglaterra, en la Universidad de Cambridge, y en Estados Unidos, en el Instituto Tecnológico de Massachusetts. Las teorías de los astrónomos estadounidenses Edwin Hubble y Harlow Shapley sobre la posibilidad de un universo en expansión influyeron notablemente en Lemaître. Imaginó un "núcleo primordial", un "átomo" increíblemente denso que contenía toda la materia del Universo dentro de una esfera unas 30 veces mayor que el Sol. Según su teoría, ese núcleo explotó hace entre 20.000 y 60.000 millones de años. El trabajo de Lemaître incluye *Discussion on the Evolution of the Universe* (*Discusión sobre la evolución del Universo*, 1933) y *Hypothesis of the Primal Atom* (*Hipótesis sobre el núcleo primordial*, 1946). *Enciclopedia Microsoft® Encarta® 2000.*

[104] **Sobre Horst L. Störner, ver Apéndice IV.**

primera como un refinamiento de ésta. Estos autores desarrollaron la teoría de la propagación de partículas cargadas eléctricamente en el modelo bipolar del campo magnético; sin embargo, los diferentes motivos que inspiraban a esos científicos los llevaron a desarrollar aspectos distintos de dicha teoría. En 1932 Sandoval Vallarta y George Lemaître desarrollaron su teoría de los efectos geomagnéticos de los rayos cósmicos, utilizando el modelo del dípolo central. [105]

Así, en 1933 publicaron su primer trabajo acerca de este tema, en el cual subrayaron que el teorema de Liouville sobre la conservación del volumen en el espacio fase, indicaba que si la distribución de la radiación cósmica al infinito era homogénea e isotrópica, la intensidad en todas las direcciones permitidas en cualquier punto dentro del campo magnético de la Tierra era la misma. Por lo que el problema de calcular la intensidad de la radiación cósmica en cualquier punto de la superficie de la Tierra o en su vecindad, se reducía al de encontrar en qué direcciones las partículas provenientes del infinito podían llegar hacia él. Ahora bien, el empleo que estos científicos hacían del teorema de Liouville[106], le permitía

---

[105] GALL, 1987, p. 60-62.

[106] **Liouville, Joseph.** Nació : 24 de Marzo 1809 en Saint-Omer, Francia.
Falleció : 8 de Septiembre 1882 en París, Francia. Liouville llegó a ser profesor de la Escuela Politécnica en París en 1833. En 1836 fundó un diario de matemáticas, "Diario de las matemáticas puras y aplicadas". Este diario, conocido a veces como el "Diario de Liouville", entregó mucho de las matemáticas de Francia, a través del siglo XIX.
Investigó los criterios para las integrales de funciones algebraicas para ser analíticas durante el periodo 1832-33. Esto llevó a probar la existencia de los números trascendentales en el 1844 cuando construyó la clase infinita de tales números.
Su trabajo en los problemas del valor del límite en las ecuaciones diferenciales es recordado a causa de lo que hoy llamamos Teoría de Sturm-Liouville, la cual es usada en la resolución de las ecuaciones diferenciales. Esto tuvo mayor importancia en la física matemática.
Contribuyó a la geometría diferencial con el estudio de transformaciones. Probó uno de los más grandes teoremas concernientes a la medida.
El resultado fue de fundamental importancia en la mecánica estadística y la teoría de la medida.
Escribió sobre 400 escritos en total y fue la mayor influencia en el trabajo de **Galois**, al publicar sus trabajos en el diario en el 1846. http://www.matematicas.net/codigo/historia/matematicos/liou.html

concluir que el ángulo sólido subtendido por ese cono proporcionaba la intensidad de las partículas cargadas de una cierta energía que llegaban a él.

A partir de un análisis detallado de todo el firmamento de un observador terrestre dado, estos científicos encontraron una estructura mucho más compleja que la hecha por Störmer. Según Manuel Sandoval, el cielo local observable incluye:

•El cono principal, que está compuesto de las direcciones permitidas por las que las partículas provenientes del infinito pueden alcanzar al observador;

•El cono de sombra, compuesto por las direcciones permitidas en un campo dipolar pero que bloquea la sombra de la Tierra;

•El cono de penumbra, compuesto por bandas discretas de direcciones permitidas prohibidas, y finalmente,

•El cono prohibido, dentro del cual las partículas provenientes del infinito no pueden alcanzar al observador.[107]

Sandoval Vallarta sugirió, en 1932 que las mediciones de la asimetría E-O para diversos ángulos cenitales deberían realizarse a latitudes magnéticas intermedias, donde la simetría esperada fuera mayor. Con esta base teórica, Sandoval Vallarta y Lemaître concluyeron que una componente muy importante de la radiación cósmica primaria, proveniente del infinito, y no la secundaria producida por la anterior al llegara a la atmósfera a través de reacciones nucleares, estaba formada por partículas cargadas, sino también predecir el signo de la carga. Así pues, Manuel Sandoval y Luis Álvarez, un científico

---

[107] GALL, 1987, p. 63.

norteamericano de nombre español, quien recibió el Premio Nobel por otros descubrimientos, realizaron un experimento crucial para esta teoría. Dicho experimento se realizó en la azotea del Hotel Génova, de la ciudad de México. La conclusión fue que dicha radiación estaba constituida fundamentalmente por partículas positivas, lo que implicaba que debían ser protones o núcleos atómicos y no electrones, lo cual afectaba de manera importante las concepciones sobre la creación del universo, con la que algunas teorías asociaban el origen de la radiación cósmica. [108]

Ruth Gall nos comenta que esta teoría, desarrollada por Lemaître y Sandoval Vallarta por más de diez años se convirtió en la herramienta principal de la física rayocosmicista, que fue fundamental para determinar el signo de las cargas de las partículas; del refinamiento del umbral; para la computación del espectro de la energía de estos rayos; y sobre todo, ayudó a definir las ventanas astronómicas de los rayos cósmicos, a través de los cuales un observador terrestre puede explorar el universo. Esta teoría se enriqueció con el descubrimiento del viento solar con el uso de satélites equipados con instrumentos para detectar los rayos cósmicos.[109]

Mediante trabajos posteriores, Manuel Sandoval reafirmó las predicciones teóricas de los efectos de latitud y longitud geomagnética, suponiendo que el dipolo magnético estuviera, no en el centro de la tierra, sino en el centro magnético, y sugirió que se agregaron los efectos de cuadrupolo. Después de

---

[108] MOSHINSKY, 1987, pp. 49-50.

[109] GALL, 1987, p. 90.

haber sido establecidas las características fundamentales de la radiación cósmica, era necesario saber cómo se utilizarían para tener una mejor comprensión del Universo. En 1937, Sandoval Vallarta, elaboró una idea de Janossy, con el fin de mostrar que si el Sol tuviera un campo magnético de cierta intensidad e inclinación, se podría entender la ausencia de partículas de energía menor que la mencionada. Hizo notar que el campo magnético del Sol podía ser el responsable de las variaciones estacionales y diarias de la radiación cósmica. [110] En 1938, Sandoval Vallarta, junto con el Dr. Carlos Graef y el Dr. Kusaca, realizó un estudio acerca de la influencia de la rotación de nuestra galaxia sobre la radiación cósmica; y los resultados experimentales confirmaron el origen extragaláctico de la radiación cósmica. En este estudio, Sandoval Vallarta y su alumno Richard Feymann, analizaron los efectos sobre la radiación cósmica de los campos magnéticos de las de las estrellas, suponiéndolas distribuidas al azar, llegando a la conclusión que no afectarían los resultados anteriormente obtenidos.

Durante las décadas de 1940 y 1950, Sandoval Vallarta se interesó principalmente en la influencia del campo magnético del Sol, así como de las perturbaciones solares sobre la radiación cósmica recibida en la Tierra; en la distribución de energía de dicha radiación y efectos de albedo sobre la misma, y con el advenimiento de los satélites artificiales, en la información mucho más detallada que daban sobre los campos magnéticos en el sistema solar y la influencia de estos últimos sobre la radiación cósmica. [111]

---

[110] MOSHINSKY, 1987, pp. 49-51.

[111] MOSHINSKY, 1987, p. 51.

Podemos encontrar, entre otros trabajos de Manuel Sandoval uno realizado en 1947 junto con Manuel Perusquía y Juan de Oyarzábal, que versa sobre algunos experimentos que duraron varios años y que se iniciaron cuando el Dr. Alfredo Baños era director del Instituto de Física. Estos experimentos consistían en la medición de la intensidad de la radiación cósmica a diferentes ángulos azimutales para ángulos cenitales fijos, con el sistema electrónico diseñado por Perusquía e instalado en el techo del Palacio de Minería. Asimismo, encontramos un estudio hecho en colaboración con Forbush y Gill en 1949, acerca del mecanismo que da origen a los incrementos súbitos de radiación cósmica asociadas con erupciones solares, en el que analizaban la forma en que se pueden acelerar rayos cósmicos a energías muy altas por fenómenos asociados con las erupciones solares; el mecanismo de escape de dichas partículas del campo magnético solar y su llegada final a la Tierra. Moshinsky afirma que la obra científica Manuel Sandoval Vallarta, sobre todo sus estudios sobre radiación cósmica influyeron de manera muy importante en el desarrollo científico de su época, además resalta el hecho de que aproximadamente una tercera parte de la obra realizada por Manuel Sandoval la hubiera realizado y publicado después de haber regresado definitivamente a nuestro país, lo que considera un logro, debido a la situación que atravesaba nuestro país en esa época, en cuestiones científicas.[112] Y, sobre todo, en la opinión de Ruth Gall, que la principal contribución de Manuel Sandoval a la física de los rayos cósmicos, permanece

[112] MOSHINSKY, 1987, p. 52, 53.

vigente, es válida y muy útil para los investigadores dedicados a esta rama de la física.[113]

3. *Manuel Sandoval Vallarta y la investigación científica en nuestro país.*

A pesar de que no podemos afirmar que Manuel Sandoval Vallarta fue un personaje muy importante del desarrollo científico de nuestro país entre las décadas de 1940 y 1960 sin embargo, podemos mencionar la participación de Sandoval Vallarta en diversos proyectos, principalmente, desarrollados en instituciones de educación superior y en la creación de institutos especializados como el Instituto Nacional de Energía Nuclear.

Raúl Domínguez Martínez, en su libro Historia de la física nuclear en México,1933-1963, nos comenta sobre los esfuerzos que Manuel Sandoval realizó en favor del desarrollo de la ciencia en nuestro país.

Su primeras aportaciones fueron durante los primeros meses de su regreso a México, después de una carrera suponemos que exitosa en el MIT, cuando comenzó a tomar parte en la vida académica del país. Recordemos que durante los primeros gobiernos posrevolucionarios, la ciencia, al menos en el discurso, estaba relacionada con la cultura, más que con el desarrollo económico. Dentro del Primer Plan Sexenal, la ciencia es sólo mencionada en los párrafos dedicados a la educación. Según Domínguez Martínez, la investigación científica se desarrolló en condiciones muy desfavorables y se basó en el desempeño personal de unos cuantos hombres de ciencia, como Manuel Sandoval.

[113] GALL, 1987, p. 91.

Algunos factores que favorecieron de manera importante al desarrollo de la investigación científica en nuestro país, sobre todo a partir de la década de 1940, fueron, entre otros, las relaciones académicas que estableció la Universidad Nacional con varias instituciones científicas en los Estados Unidos, el fomento que se le dio a los programas de becas y al intercambio de profesores e investigadores; sin embargo, lo que más ayudó en esta lucha por el desarrollo científico en México fueron los contactos y las relaciones de colaboración, coparticipación y asesoría personales y permanentes entre científicos de los dos países. Todos estos factores, a consideración del autor, constituyeron los mecanismos por los cuales habrían de coincidir las necesidades de modernización científica y de la expansión de paradigmas.[114]

Dentro de este nuevo panorama, comenzaron a desarrollarse otras ciencias afines tales como la física nuclear. He aquí que Manuel Sandoval Vallarta se convertiría en un actor de gran importancia dentro de este proceso de desarrollo y uno de los primeros impulsores en México en el estudio de estos campos. [115]

Sin embargo, este desarrollo científico se vio obstaculizado por la terrible falta de apoyos económicos y la ausencia casi total de hombres de ciencia que se consagraran completamente al estudio y a la labor de investigación. A pesar de todas esas dificultades los académicos involucrados y comprometidos con esta tarea de progreso científico, continuaban, aunque de forma lenta, con su labor. Domínguez Martínez, nos comenta que durante 1937 se logró completar en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Físicas y Matemáticas, la infraestructura

[114] DOMÍNGUEZ MARTÍNEZ, 2000, Pp. 42, 43.

[115] DOMÍNGUEZ MARTÍNEZ, 2000, p. 43.

necesaria para el montaje de un laboratorio de rayos cósmicos, constituyendo el primer antecedente de los estudios de física nuclear en la Universidad Nacional Autónoma de México Durante los primeros meses del siguiente año, el rector de la máxima casa de estudios comisionó al ingeniero Monges López, quien estaba a cargo de la dirección de dicho proyecto, para recibir en la frontera a Arturo H. Coompton y Manuel Sandoval Vallarta, quienes traían consigo equipos para el laboratorio. Dicho equipo estaba destinado para la construcción de un contador de rayos cósmicos que se emplearía para la colaborar con el Instituto Tecnológico de Massachussets en el estudio del efecto azimutal de las radiaciones, lo cual ayudaría a corroborar la teoría Lemaitrê - Vallarta, de la que hicimos mención anteriormente.[116] Quisiera manifestar cierta duda que nos surge con relación a la fecha que el autor maneja con respecto a esta primera aparición de Manuel Sandoval Vallarta en la vida científica del país. El autor maneja datos obtenidos en el Archivo Histórico de la UNAM, los cuales, no puedo poner en duda, sin embargo, existe una carta escrita por Guillermo Dávila en 1931, donde invitaba a Sandoval Vallarta a participar en este proceso de impulso a la investigación científica[117]; Manuel Sandoval, en su respuesta. no aceptó, de manera definitiva, participar en dicho proyecto, pero si expresó algunos consejos que él consideraba recomendables para continuar con este desarrollo científico, sobre todo partiendo de la base que dicho desarrollo debía efectuarse en las instituciones de educación superior y fomentando la educación técnica como una alternativa real para formar

[116] DOMÍNGUEZ MARTÍNEZ, 2000, p. 48.

[117] ACHMSV. Carta dirigida al Dr. Manuel Sandoval Vallarta, por el Dr. Guillermo Dávila, 3/ XI / 1931.

a las próximas generaciones de científicos[118]. Mi duda recae, en el año en que el autor dice que Manuel Sandoval y Compton introdujeron el material para el laboratorio de rayos cósmicos, ya que en la Reseña histórica del Instituto de Física, se habla de la construcción de este laboratorio a partir de 1940.[119]

También podemos mencionar la asesoría que Sandoval Vallarta le brindó en el MIT a Alfredo Baños durante su estancia en este Instituto para estudiar la trayectoria de los rayos cósmicos. Alfredo Baños, a su regreso a México, tendría a su cargo la parte más importante de los trabajos del laboratorio recién montado en la Facultad de Ingeniería y Ciencias Físicas y Matemáticas. Esto nos muestra el interés que Sandoval Vallarta tenía en la adecuada preparación de investigadores y científicos mexicanos.[120]

Una de las primeras cuestiones que ocupó a Manuel Sandoval Vallarta a su regreso de Estado Unidos fue su participación el la fundación de la Sociedad Matemática Mexicana en junio de 1943, aunque ya desde los últimos meses de 1942, había participado en la clausura del Primer Congreso Nacional de Matemáticas, reunido en la ciudad de Saltillo, Coahuila, el 7 de noviembre de 1942, en donde se encomendó a un comité de científicos la formulación de los estatutos de dicha sociedad. Dicha sociedad fue pensada por los miembros de la sección de Matemáticas de la Academia de Ciencias "Antonio Alzate"y tenía como propósito principal mantener el interés por la investigación matemática y procurar la unión y cooperación de los profesores de dichas ciencias en nuestro país. Entre

[118] AHCMSV. Carta de Manuel Sandoval Vallarta dirigida a Guillermo Dávila, 13/ XI/ 1931.

[119] CRUZ MANJARREZ, 1976, p. 11.

[120] DOMÍNGUEZ MARTÍNEZ, 2000, p. 48.

esos científicos se encontraba Manuel Sandoval Vallarta junto con Carlos Graef, Alberto Barajas, entre otros. La sociedad comenzaría a funcionar, como lo había mencionado anteriormente, en 1943. Manuel Sandoval fungió como Presidente del Consejo Consultivo a partir de ese año y hasta 1956. [121] Una vez más, podemos constatar la importancia que Manuel Sandoval tenía dentro del ámbito científico y podemos observar como, no solamente era tomado en cuenta dentro de la esfera de la física, sino que también participaba en proyectos que correspondían a otras áreas, tales como las matemáticas, que aunque sabemos que están estrechamente ligadas a la física, no formaban parte de los estudios principales de Sandoval Vallarta.

Podemos hablar de la participación de Sandoval Vallarta durante los primeros años de vida del Instituto de Física y de la Facultad de Ciencias de la UNAM, sin embargo, no podemos asegurar que él haya sido miembro fundador del Instituto de Física, ya que él se encontraba en el Instituto Tecnológico de Massachussets, no obstante, si podríamos decir que estuvo relacionado de manera indirecta con su creación, ya que como mencionamos anteriormente Sandoval Vallarta estuvo muy cerca de Alfredo Baños, asesorando sus investigaciones en el MIT, por lo que podemos pensar que tal vez pudo haber influido de una u otra forma en la forma en que este científico llevaría las riendas del Instituto durante sus primeros años.

Cabe mencionar que durante 1942 se creó la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación Científica, por iniciativa del presidente de la

[121] AHCMSV. "La Sociedad Matemática Mexicana" , Gabriel Ferrer del Villar, miembro de la Sociedad Matemática Mexicana. Baja California, México. 28/ I / 1963. Por desgracia, o contamos con el nombre del periódico del que fue extraído este artículo.

República y dentro del marco de suspensión de garantías individuales decretado a raíz de la declaración de guerra Su objetivo principal era "dar impulso y coordinar las investigaciones relacionadas con las ciencias matemáticas, físicas, químicas y biológicas, así como en las ciencias aplicadas derivadas de ellas."Ahora bien, para cumplir con esos fines, la Comisión debía fundar y sostener laboratorios e institutos de investigación científica, que apoyaran el establecimiento de nuevas empresas industriales y agrícolas que se consideraran importantes para el desenvolvimiento económico del país.[122]

Como hemos dicho anteriormente, a la llegada de Sandoval Vallarta a México, procedente de Cambridge, Massachussets, asumió la dirección interna del Instituto de Física, y, según Raúl Domínguez se encargó, durante su gestión en este Instituto, de mantener el ritmo de trabajo implantado por Alfredo Baños, al hacerse cargo de los aspectos académicos, mientras que el señor Perusquía se ocupaba de las cuestiones administrativas. El gran prestigio intelectual de Manuel Sandoval y la amplia red de relaciones personales e institucionales de que disponía fueron factores que ayudaron enormemente al Instituto, sin embargo no contaban con un director que estuviera dedicado completamente al Instituto, ya que durante 1943 todavía repartió su tiempo impartiendo cátedras y supervisando el trabajo de algunos de sus colegas en el MIT y sus actividades en México. Fue designado como presidente y vocal físico- matemático de la Comisión Impulsora y Coordinadora de la Investigación científica, cuya finalidad sería la de "buscar la coordinación de todas las actividades de investigación científica organizadas en el país, oficiales o privadas, colectivas o individuales , así como el fomento de las

[122] DOMÍNGUEZ MARTÍNEZ, 2000, Pp. 62, 94.

mismas[123]". Poco a poco se fue estableciendo y se normalizó su labor académica en nuestro país. Como se mencionó en el capítulo anterior, fue designado como director del IPN y se oficializó su cargo como director provisional del Instituto de Física de la UNAM.[124]

A raíz de la utilización de la bomba atómica por parte de los Estados Unidos contra Japón al final de la Segunda Guerra Mundial, se confirmó la importancia que había adquirido la física nuclear dentro de los avances tecnológicos. Así, comenzó a considerarse en varios países con evidentes retrasos científicos, como el nuestro, la posibilidad de impulsar el desarrollo de la ciencia, en especial el de la física nuclear. En 1946 se creo la ley de la Comisión Impulsora de y Coordinadora de la Investigación Científica, y aunque quedó prácticamente en el papel su aplicación, el Instituto de Física si obtuvo ciertos beneficios de esta Comisión, ya que Manuel Sandoval Vallarta, que estaba a cargo de la Comisión Impulsora, logró la dotación de pequeños sobresueldos y concedió, de acuerdo con la Fundación Rockefeller, la Fundación Guggenheim y el Instituto de Educación Internacional, algunas becas para realizar estudios en Universidades en el extranjero[125]. Bueno, aquí quisiera hacer una observación en cuanto a la labor de Sandoval Vallarta a favor de los apoyos brindados a los estudiantes y maestros para realizar estudios superiores y estudios de posgrado o actualización en el extranjero. Podemos suponer, con base en algunas fotografías obtenidas en el Archivo de la SEP que Manuel Sandoval trató en lo posible de fomentar que los

[123] AHSEP. "Reglamento de la Comisión Nacional de Investigación Científica", Capítulo Primero, sin fecha, Exp. 71/014/1, foja 1.

[124] DOMÍNGUEZ MARTÍNEZ, 2000, p. 69.

[125] DOMÍNGUEZ MARTÍNEZ, 2000, p. 96.

estudiantes dedicados y de excelencia continuaran sus estudios en el extranjero para aprovechar sus capacidades y que fueran elementos importantes dentro del desarrollo de la investigación científica. De la misma forma, gran parte de las fotografías que se encuentran en el Apéndice III, se relacionan con visitas de grupos de becarios mexicanos o maestros extranjeros a Sandoval Vallarta, sobre todo cuando ocupó el cargo de Subsecretario de Educación Pública. Por ejemplo, Las *fotos 7, 8 y 9* del Apéndice III fueron tomadas a Sandoval Vallarta en febrero de 1954 durante una visita de cortesía realizada por una misión de maestros norteamericanos al subsecretario de Educación Pública. En esta foto podemos observar cierta simpatía por parte de Sandoval Vallarta hacia las visitas de extranjeros a nuestro país. Cabe recordar que Sandoval Vallarta realizó la mayor parte de sus estudios en Estados Unidos y Europa, por lo que creemos que él trató, durante sus cargos como director del IPN, Director del Instituto de Física de la UNAM y subsecretario de Educación Pública, trató de impulsar el intercambio de estudiantes y maestros al extranjero, así como el otorgamiento de becas para que los estudiantes mexicanos pudieran realizar estudios en el extranjero. También apoyó a estudiantes que tal vez no necesitaban de recursos económicos para llevar a cabo sus estudios en el extranjero, como Marcos Moshinsky, entre otros importantes científicos mexicanos que pertenecerían a la siguiente generación de destacados investigadores mexicanos y con quienes contamos hasta nuestros días como eminencias en las instituciones de educación superior de nuestro país.[126]

---

[126] **Ver Apéndice III, pp. LXXV, LXVI.**

Las *fotos 10 y 11* del Apéndice III, que fueron tomadas a Manuel Sandoval Vallarta en marzo de 1954 durante una entrevista que concedió a un grupo de becarios, por conducto del Departamento de Cooperación Intelectual, continúa con la temática de las fotografías anteriores, se trata de un grupo de becarios, no sabemos realmente hacia qué universidad fueron becados, pero podemos observar el impulso que Sandoval Vallarta le dio a los estudiantes mexicanos para realizar estudios en el extranjeros. Debo aclarar que ésta es sólo una apreciación, ya que no se cuentan con los documentos que puedan confirmarla, ya que podría no haber sido por su influencia directa o por otros mecanismos que se fomentó la salida de estudiantes mexicanos al extranjero.

En las siguientes fotografías (*fotos 12 a 21* del Apéndice III) podemos observar casi la misma tónica, se trata de fotografías en las cuales, Sandoval Vallarta recibe a alumnos que han sido becados para viajar a los Estados Unidos, a pedagogos y a maestros norteamericanos y europeos, durante los meses de abril julio de 1954.

En las fotos *12, 13 y 14* (22/abril/1954) está acompañado por el profesor Sergio Avilés Parra.

En las fotos *15 y 16* (2/julio/1954) se encontraba acompañado por un grupo de estudiantes que habían sido becados para realizar sus estudios en Estados Unidos.

Las fotos *17, 18 y 19* (9/julio/1954) le fueron tomadas Sandoval Vallarta en compañía de un grupo de pedagogos norteamericanos.

Finalmente, en las fotos *20 y 21* (23/julio/1954) Sandoval Vallarta se encuentra con el Dr. Hamdn L. Forkner, catedrático de educación de la Universidad de Columbia, Washington, Estados Unidos. [127]

Un acontecimiento muy importante para el Instituto de Física de La UNAM fue la llegada del acelerador de partículas de Van de Graaff. Se trató de un logro, principalmente, del rector de la Universidad Nacional Luis Garrido y del coordinador de Investigación Científica, Nabor Carrillo. Con un costo de aproximadamente siete veces el presupuesto anual del Instituto, el acelerador fue construido en Cambridge Massachussets, por la High Voltage Engineering Corporation. El montaje del laboratorio necesario para instalar el acelerador estuvo a cargo del arquitecto Jorge González Reyna, quien estaría asesorado por Manuel Sandoval y Carlos Graef quien diseñaría el edificio de basalto, aluminio, vidrio y ladrillo vidriado en una zona de acceso restringido, que se encontraría al oriente de la Cuidad Universitaria. [128]

Asimismo, en diciembre de 1950, se creo el Instituto Nacional de Investigación Científica , que sustituyó a la Comisión Impulsora y Coordinadora de Investigación Científica. El objetivo de este instituto era fomentar , desarrollar y coordinar las investigaciones que se realizaran en la República, relacionadas con las ciencias matemáticas, físicas, astronómicas, químicas, biológicas y geológicas, así como de las ciencias aplicadas derivadas de ellas. Cabe mencionar que Manuel Sandoval Vallarta también fue presidente de esta institución y que durante su gestión se enfrentó a algunos problemas con la Universidad Nacional

---

[127] **Ver, Apéndice III, pp. LXXVII- LXXXIII.**

[128] DOMÍNGUEZ MARTÍNEZ, 2000, p.109.

Autónoma de México. Dicho problema surgió por la falta de científicos para dedicarse de tiempo completo a sus cátedras en la Universidad o a sus investigaciones en el Instituto. Durante 1950 y 1951, Sandoval Vallarta también participó en el proceso de conformación de la Sociedad Mexicana de Física que fue inaugurada el día 5 de abril de 1951. Manuel Sandoval Vallarta fungió como presidente del consejo consultivo de dicha sociedad. Los objetivos principales de esta sociedad eran: la celebración periódica de asambleas y congresos de física con el fin de dar a conocer los progresos de esta ciencia, impulsar la investigación pura y sus aplicaciones, impulsar la enseñanza de la física, estrechar las relaciones entre todas las personas interesadas en dicha ciencia y fomentar su agrupación.[129]

En 1952, en vísperas de la entrada en funcionamiento del pabellón de Van de Graaff, un grupo de investigadores adscritos al Instituto de Física, expresaron su preocupación por el hecho de haber sido convocados para colaborar en el Instituto Nacional de Investigación Científica. Éstos, consultaron al director del Instituto de Física, Carlos Graef, quien a su vez consultó la petición con el rector, quien consideró como una deslealtad que los investigadores dedicarán tiempo y esfuerzo a proyectos que no fueran de la Universidad. Este asunto provocó cierta controversia entre la Universidad y el INIC, que en ese entonces todavía precedía Sandoval Vallarta quien a su vez le respondió al rector, considerando como absurdo el crear conflictos en cuanto a incompatibilidad de empleos entre la Universidad y el INIC, mientras no existiera un mayor número de investigadores para dedicarse a una sola investigación. Sin embargo, esta situación cambió

[129] DOMÍNGUEZ MARTÍNEZ, 2000,pp. 117.

cuando asumió la rectoría de la Universidad Nabor Carrillo, quien permitió al Instituto de Física, participar en la creación de la Comisión Nacional de Energía Nuclear.[130] De hecho, y como lo hemos mencionado anteriormente, una de las cuestiones que más preocupó a Manuel Sandoval, durante toda su carrera científica, fue, precisamente, la falta de científicos que se dedicaran tiempo completo a realizar investigaciones, ya fuera en el Instituto de Física o en el Instituto Nacional de Investigación Científica.

4. *Manuel Sandoval Vallarta y su labor en el extranjero.*

En el ámbito internacional, Manuel Sandoval Vallarta se esforzó enormemente por crear una tradición científica en México así como promover la ciencia en el extranjero. Durante los casi 30 años que Sandoval Vallarta estuvo en el Instituto Tecnológico de Massachussets, jamás suspendió sus relaciones con México, ya que acostumbraba pasar las vacaciones en su casa de campo y siempre trató de mantener un contacto estrecho con los científicos mexicanos; así, algunos de sus más talentosos estudiantes mexicanos siguieron su ejemplo y viajaron al MIT en busca de su apoyo y asesoría. El profesor, renunció al MIT en el año de 1946 y su regreso a México fue muy benéfico, ya que en su deseo de servir a su país ayudó a crear una infraestructura científica que pudo ligarse al progreso nacional. Además, el profesor representó dignamente a nuestro país y se convirtió en uno

[130] DOMÍNGUEZ MARTÍNEZ, 2000, pp. 118-124.

de los más fervientes defensores del uso pacífico de la energía nuclear.[131] La explosión de la bomba atómica a finales de la Segunda Guerra Mundial ocasionó un abrupto despertar de la comunidad científica, por el hecho de que sus investigaciones podías sembrar miseria, destrucción y hacer peligrar la supervivencia de la humanidad. Como amigo cercano de la mayoría de los científicos prominentes que estuvieron involucrados en la construcción de la bomba atómica, al Dr. Sandoval le afectó mucho sobre todo por las implicaciones morales de ese nuevo fenómeno al que los científicos debían hacer frente. Ejemplo de ello se encuentra en una entrevista que concedió al Dr. al periódico Novedades en 1950:

> "La Bomba H en México: el Dr. Sandoval Vallarta la considera como un efecto de la bancarrota moral de la época..." " el Dr. Manuel Sandoval Vallarta señala categóricamente que la construcción de la bomba de hidrógeno es un pavoroso peligro para la civilización humana y que la producción de medios de destrucción en masa es tremendo para el hombre." " El peligro es enorme y deben saberlo todos. Nuestra civilización peligra y de ello no hay ninguna duda... Si las ciencias físicas han adelantado en los últimos cincuenta años, la moral no ha progresado igual y esto ha creado el clima de zozobra atroz que padecemos."[132]

Fue por ese motivo, que el profesor Sandoval Vallarta se convirtió, como se mencionó anteriormente, en un combatiente a favor del uso pacífico de la energía nuclear; apoyado plenamente por el gobierno mexicano, que delegó en el Dr. mucha de la responsabilidad de dicho problema internacional. Así, fungió como representante de México ante la Comisión de Energía Atómica de las Naciones

---

[131] MOSHINSKY, 1987, p. 55.

[132] Novedades, México, 11.II.1950, p. 1

Unidas y fue nombrado presidente de la misma en 1946. En una de las sesiones de la Asamblea General de esta comisión propuso que "era indispensable reestablecer el intercambio normal de la información científica para facilitar el uso de la energía atómica en la ciencia y en la industria, sin la cual, la ciencia y la investigación se ahogarían a la larga"[133]

Al desaparecer esta organización, Sandoval Vallarta representó a México por muchos años ante la Agencia Internacional de Energía Atómica en Viena, que fue un organismo creado por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 1957. Asimismo, fue fundador y director vitalicio de la Comisión Nacional de Energía Atómica, una comisión dedicada íntegramente a los usos pacíficos de la energía nuclear. Estuvo involucrado en la formación de científicos mexicanos expertos en este campo. Se dedicó a la investigación sobre la planeación del uso de la energía; y especialmente, sobre la planeación y construcción de la primera estación nucleoeléctrica mexicana en Laguna Verde, Veracruz. [134]

No todo en su labor como funcionario fue gratificante, ya que durante su etapa como funcionario público, sobre todo en 1946, el gobierno del General Ávila Camacho fue advertido acerca de una publicación llamada TODO, la cual anunció que descubriría el secreto de la Bomba Atómica. Esta noticia causó desconcierto en la presidencia de la República, la cual apeló a ciertos funcionarios como Zeferino Domínguez o el propio Manuel Sandoval Vallarta, para que impidieran por

---

[133] AHCMSV. "Discurso escrito por el Prof. Pedro Zamora, bibliotecario del Instituto Nacional de Energía Nuclear, para el Lic. Manuel Bartlett Díaz, presidente de la Comisión de la Rotonda de los Hombres Ilustres", este archivo se encuentra en proceso de ordenación.

[134] GALL, 1987, pp. 92-95.

medios legales la publicación de estas investigaciones y la elaboración de un proyecto de ley para la Comisión de Energía Atómica. Para México, esta revelación significaba el quedar ante la comunidad internacional, como un país traidor. El extracto de un telegrama dirigido al presidente Ávila Camacho fechado el 15 de noviembre de 1946 dice": Que ha causado muy mala y desagradable impresión la noticia de que la revista TODO va a publicar el secreto de la bomba atómica. A fin de evitar se lleve a cabo lo anterior."[135] Un comunicado enviado a la presidencia de la República dice lo siguiente:

> Señor presidente:
> Con datos de nuestra Embajada en Londres, la Secretaria de Relaciones informó sobre la interpretación que hicieron al Primer Ministro Chruchill en los debates celebrados en la Cámara de los Comunes, sobre las explosiones experimentales de la bomba de hidrógeno el día 30 de marzo último. Churchill contestó a varias preguntas con una declaración de la que se procede a hacer la siguiente síntesis:
> "Nuestro conocimiento de los experimentos norteamericanos es necesariamente limitado. La legislación de los Estados Unidos no permite a su gobierno divulgar información sobre este delicado tema. No existe razón para sugerir que las explosiones experimentales de la bomba de hidrógeno son incalculables y que quienes las llevan a cabo no se percatan de los efectos de esta bomba. Se ha sugerido que los futuros experimentos se sujeten a control o a consulta internacional.[136]

Sandoval, también fungió como Vocal de la Comisión Nacional de Energía Nuclear de 1956 a 1972 y de manera posterior, fue Subdirector Científico del Instituto Nacional de Energía Nuclear, institución que sustituyó al anterior; sin embargo, sus responsabilidades dentro de este organismo eran más limitadas, aunque él las desempeñó con su honestidad y capacidad mostradas siempre.

---

[135] AGN. " Energía atómica (Informe)" , 15. XI. 1946, Grupo documental: Manuel Ávila Camacho, exp. 550/135, f. 25848.
[136] AGN. "Bomba atómica. Ley", 22. V. 1954. Grupo Documental: Adolfo Ruiz Cortínez, exp. 550/50.

Participó también en reuniones técnicas auspiciadas por la ONU, donde su actuación fue sobresaliente.[137]

En sus funciones como Miembro de la Junta de Gobernadores del Organismo Internacional de Energía Atómica en Viena, en 1966, y en apoyo a la creación del Sistema Internacional de Información Nuclear, pronunció lo siguiente:

> " De acuerdo con el principio de la universalidad de la ciencia, el libre intercambio de ideas, ha sido siempre una característica del trabajo científico y un eslabón vital en la cadena del progreso de la ciencia."[138]

Ahora bien, después de haber analizado algunos de los aspectos más importantes de la labor científica de Manuel Sandoval Vallarta, tal vez podamos llegar a algunas conclusiones importantes, no sólo en el ámbito científico sino en los dos aspectos más importantes que se observaron dentro de la vida de este destacado físico mexicano del siglo XX.

---

[137] MOSHINSKY, 1987, p. 57.

[138] AHCMSV. "Discurso escrito por el Prof. Pedro Zamora, bibliotecario del Instituto Nacional de Energía Nuclear, para el Lic. Manuel Bartlett Díaz, presidente de la Comisión de la Rotonda de los Hombres Ilustres", este archivo se encuentra en proceso de ordenación.

CONCLUSIONES.

Después de haber analizado la vida y labor de Manuel Sandoval Vallarta en campos tan importantes como la ciencia y la educación, podemos considerarlo como uno de los personajes más importantes en la historia de México en el siglo XX y una de las figuras más reconocidas en el ámbito internacional, por su enorme esfuerzo para impulsar el desarrollo de la ciencia tanto en nuestro país como en otras regiones.

El entorno que ha rodeado a la ciencia durante varios siglos, el atraso en que todavía estamos sumidos hoy en día, y el poco apoyo otorgado por los gobiernos posrevolucionarios a la investigación científica, enaltecen aún más su labor de servicio a la ciencia mexicana, ya que fue un gran impulsor de ésta.

Manuel Sandoval, también se interesó siempre por apoyar el desarrollo de la educación superior y la investigación científica en instituciones como la UNAM y el IPN y, aunque los frutos de este esfuerzo no fueron abundantes, debido igualmente, al poco apoyo brindado a estas universidades y los conflictos de origen político que a su alrededor se suscitaron sobre todo, durante las décadas de 1930 y 1940, contribuyó a sentar las bases para nuevas investigaciones y dentro de sus posibilidades, trató de dotar a la investigación científica universitaria de instrumentos de vanguardia, que facilitaran los avances científicos.

No obstante el esfuerzo hecho durante sus funciones como director del IPN o del Instituto de Física de la UNAM, considero que dado el prestigio con que el Dr. contaba, pudo haber obtenido más apoyo por parte del gobierno y, con ello, haber propiciado un mejor, constante y más rápido avance en la investigación

científica en México, ya que a pesar sus esfuerzos, ésta jamás alcanzó un papel relevante en desarrollo económico e industrial del país.

Esto nos lleva a plantearnos ciertas interrogantes, que no sólo tienen que ver con el apoyo que Manuel Sandoval pudiera darle a la investigación científica; sino, más bien, a la poca importancia que para los gobiernos posrevolucionarios ha tenido la creación de una base científica, que pueda ayudar a los sectores industrial, de salud y agrícola, entre otros, en el país, más allá del discurso. No sólo se ha descuidado el crecimiento de una infraestructura científica, sino también se le ha dado poca importancia y se han destinado pocos recursos para su desenvolvimiento.

Si algo podemos afirmar después de este breve análisis, es que fue un excelente científico. Sus aportaciones a la física de nuestro siglo, y en especial a la física de rayos cósmicos siguen siendo útiles para tener una base concreta en nuevos estudios. También hay que señalar la capacidad que tuvo para poder relacionarse de manera extraordinaria con científicos de la talla de Albert Einstein y George Lemaître y poder conjuntar esfuerzos para realizar estudios importantes para el desarrollo de los distintos ámbitos de la física, además de que fue capaz de refutar, con base en experimentos, algunas afirmaciones hechas por físicos como el propio Albert Einstein, en el caso de la teoría general de la relatividad, en la cual, Sandoval Vallarta mostró siempre un especial interés.

Debemos reconocer que si bien Manuel Sandoval provenía de una familia acaudalada y tuvo la oportunidad de estudiar en el extranjero y desarrollarse como científico en el MIT, que fue dónde realizo la mayor parte de sus investigaciones, así como las más importantes, siempre estuvo en contacto con la ciencia en

México y varios de sus alumnos y de sus discípulos son ahora, o fueron en su tiempo, investigadores destacados, como es el caso de Marcos Moshinky, Alfonso Mondragón, entre otros, quienes después de su muerte se encargaron de difundir su obra.

En el aspecto diplomático, Manuel Sandoval Vallarta realizó innumerables viajes y representó a nuestro país en muchos congresos y asambleas en universidades y organismos internacionales, ya fuera como invitado o miembro, pero luchando siempre porque la energía nuclear, fuera utilizada para fines pacíficos. Igualmente es importante señalar que también llevó sus conocimientos a otras universidades y fue reconocido y homenajeado en muchas de ellas.

Finalmente, considero que la labor realizada por Sandoval Vallarta en todos los aspectos antes mencionados fue de gran relevancia para la historia de nuestro país en el siglo que acaba de concluir, y puede ser motivo de análisis mucho más amplios, ya que no sólo tuvo injerencia en la vida científica o política del país, sino que también fue una figura reconocida dentro del ámbito social de México desde su regreso y hasta su fallecimiento; sin embargo, el saber cuán grande fue su importancia y conocer aspectos más personales de él será posible conforme avance el proyecto de ordenación de su archivo personal, el cual está se encuentra en la Universidad Autónoma Metropolitana Iztapalapa y del que se ha obtenido cierta información, utilizada en la realización de este trabajo.

BIBLIOGRAFÍA

ÁLVAREZ, Manuel (1998) : Historia de la astronomía en México. México: Fondo de Cultura Económica.

ALLENDE, Carlos María de (1995) : La investigación científica en México. México: Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Educación Superior (ANUIES).

ARÉCHIGA, URTUZUÁSTEGUI, Hugo (1995) : La investigación científica y tecnológica. México: Asociación Nacional de Universidades e Institutos de Educación Superior.

AZUELA BERNAL, Luz Fernanda (1996) : Tres sociedades científicas en el Porfiriato. Las disciplinas, las instituciones y las relaciones entre la ciencia y el poder. México: Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y la Tecnología, A. C., Universidad Tecnológica de Nezahualcoyotl, Instituto de Geografía, UNAM.

BARRÓN TOLEDO, Jesús (coord.) (2000): La ANUIES en la línea del tiempo: 50 años de historia, México: Asociación Nacional de Universidades e Instituciones de Enseñanza Superior.

BENITEZ, César (1996) : Viva el poli: seis décadas de presencia del Instituto Politécnico Nacional en la sociedad mexicana, 1936-1996. México: Instituto Politécnico Nacional.

BERNAL, John Desmond (1975) : La proyección del hombre: Historia de la física Clásica. [Trad. de María del Carmen Ruíz de Elvira Zubizarreta] México: Siglo XXI.

BRODY, Tomas (1994): "La historia de la ciencia en la enseñanza". en: Quipu, Vol. 1, núm. 2, mayo-agosto, 1984, pp. 195-204.

CRUZ MANJARREZ, Héctor (1975) : Reseña Histórica del Instituto de Física: Primera etapa, 1938-1953. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

----------: Reseña Histórica del Instituto de Física: Segunda etapa, 1953-1970. México: Universidad Nacional Autónoma de México.

DIRECCIÓN GENERAL DE ENSEÑANZA SUPERIOR E INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA. Seis años de labor 1952-1958. México: Secretaría de Educación Pública.

DOMÍNGUEZ MARTÍNEZ, Raúl (1998) : Cincuenta años de ciencia universitaria: una visión retrospectiva. México: Coordinación de Humanidades Universidad Nacional Autónoma de México, Coordinación de Investigación Científica. UNAM- M. A. Porrúa.

---------- (2000) : Historia de la Física Nuclear en México, 1933-1963. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de Estudios Sobre la Universidad, Plaza y Valdés Editores.

IBARROLA NICOLÍN, María de (1986) : La educación superior en México. Caracas: Centro Regional para la Educación Superior en América Latina y el Caríbe.

JEANS, Sir James (1953) : Historia de la Física. [Trad. de M. Hernández Barroso] México: Fondo de Cultura Económica.

JEANS, James Homwood (1986) : Historia de la física hasta mediados del siglo XX. [Trad. M. Hernández Barroso]. México: Fondo de Cultura Económica.

LATAPÍ, Pablo (1991) : Educación y Escuela: Lecturas básicas para investigadores de la educación. 1. La educación formal. México: Secretaría de Educación Pública-Editorial Nueva Imagen.

LAZARÍN Miranda, Federico (1996) : La política para el desarrollo: Las escuelas técnicas, industriales y comerciales en la Ciudad de México, 1920-1932. México: Universidad Autónoma Metropolitana.

Manuel Sandoval (1987) : Manuel Sandoval Vallarta: Homenaje. México, Secretaría de Gobernación, Instituto Nacional de Estudios Históricos sobre la Revolución Mexicana. Serie: 1)Rotonda de los hombres ilustres.

MARTÍNEZ DELLA ROCCA, Salvador (Coordinador.) (1992) : Educación Superior y desarrollo nacional. Colección: La estructura económica y social de México. México: Instituto de Investigaciones Económicas, Universidad Nacional Autónoma de México.

MAYER CÉLIS, Laura Leticia (1999) : Entre el infierno de una realidad y el cielo de un imaginario: Estadística y comunidad científica en el México de la primera mitad del siglo XIX, (1826-1848). México: El Colegio de México, Centro de Estudios Históricos. (Tesis de doctorado).

MENDOZA ÁVILA, Eusebio (1995) : Semblanza del Dr. Manuel Sandoval Vallarta, Ex Director General del Instituto Politécnico Nacional. México: Instituto Politécnico Nacional.

MENESES MORALES, Ernesto (1998) : Tendencias educativas oficiales en México, 1821-1911: La problemática de la educación mexicana en el siglo XIX y principios del siglo XX. [Con la colaboración de Liliana Bedoy Lazo]. México: Universidad Iberoamericana, Centro de Estudios Educativos.

---------- (1986) : Tendencias educativas oficiales en México, 1911-1934: La problemática de la educación en México durante la

Revolución y los primeros lustros de la época posrevolucionaria. México: Universidad Iberoamericana, Centro de Estudios Educativos.

---------- (1988) : Tendencias educativas oficiales en México, 1934-1964: La problemática de la educación mexicana durante el régimen cardenista y los cuatro regímenes subsiguientes. [Con la colaboración de Margarita Arzac Riquelme]. México: Universidad Iberoamericana.

MORENO CORRAL, Marco Antonio (1998) : Historia de la Astronomía en México. México: Fondo de Cultura Económica.

MOSHINSKY, Marcos (1986) : En el centenario de Einstein. México: Fondo de Cultura Económica.

RANGEL GUERRA, Alfonso (1979) : La educación superior en México. México: El Colegio de México.

REICHENBACH, Hans (1945) : Objetivos y métodos del conocimiento físico. México: El Colegio de México.

SALDAÑA, Juan José (Editor) (1992) : Los orígenes de la ciencia nacional. México: Instituto Iberoamericano de Estudios sobre Ciencia y Tecnología.

SÁNCHEZ ANDRADE, Tania (1998) : Ciencia y revolución: la política de la ciencia y la tecnología del presidente Lázaro Cárdenas 1934-1940. México: La Autora.

SANDOVAL VALLARTA, Manuel (1978) : Obra científica. Recopilación, preámbulo e introducción Alfonso Mondragón y Dorotea Barnés. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto Nacional de Energía Nuclear.

---------- (1972) : Manuel Sandoval Vallarta. México: Instituto Nacional de Energía Nuclear.

TRABULSE ATALA, Elías (1984) : El círculo roto. México: Fondo de Cultura Económica.

---------- (1992) : La ciencia y la tecnología en México. México: Secretaría de Relaciones Exteriores.

---------- (1994) : Historia de la ciencia en México: versión abreviada. México: Fondo de Cultura Económica.

URQUIDI, Víctor L (1969) : La educación superior; ciencia y tecnología en el desarrollo económico de México. México: El Colegio de México.

VAUGHAN, Mary Kay (1982) : Estado, clases sociales y educación en México. México: SEP / 80 y Fondo de Cultura Económica.

WENCES REZA, Rosalío (1984) : La Universidad en la historia de México. México: Universidad Autónoma de Guadalajara y Universidad Autónoma de Zacatecas. Editorial Línea (Serie: Estado y Educación en México).

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA:

ALBA ANDRADE, Fernando (1987) : El desarrollo de la tecnología: la aportación de la física. México: Secretaría de Educación Pública, Subsecretaría de Educación Superior e Investigación Científica, Fondo de Cultura Económica, Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

FLORES MONTEJANO, Adelaido (1995) : Introducción a la historia de la física. México: Trillas.

MENESES MORALES, Ernesto (1999) : Las enseñanzas de la historia de la educación en México. México: Universidad Iberoamericana, Dirección de Investigación de Posgrado.

OSBORN THOMAS, Noel (1987) : La educación superior en México: Historia, crecimiento y problemas en una industria dividida. México: Fondo de Cultura Económica.

SOLANA, Fernando (coord.) (1982) : Historia de la educación pública en México. México: Secretaría de educación Pública / Fondo de Cultura Económica.

ZÚÑIGA VÁZQUEZ, Beatriz Esther (1982) : Memoria de las modificaciones, cambios y creación de planes y programas de estudio de las escuelas y facultades de la UNAM, 1925-1980. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Centro de estudios sobre la Universidad.

HEMEROGRAFÍA :

Valadés, Edmundo. (1950) : "La bomba H en México: Sandoval Vallarta lo considera un efecto de la bancarrota moral de la época. Rusia llegará al secreto ahora o después. Responsabilidades.", Novedades (México, D. F., 11. II), 1, 13.

SIGLAS Y REFERENCIAS :

AGN	Archivo General de la Nación.
AHSEP	Archivo Histórico de la Secretaría de Educación Pública.
AHIPN	Archivo Histórico del Instituto Politécnico Nacional.

AHCMSV	Archivo Histórico Científico Manuel Sandoval Vallarta.
AHUNAM	Archivo Histórico de la Universidad Nacional Autónoma de México.

APÉNDICE I

TEORÍAS Y ECUACIONES MENCIONADAS EN ESTE TRABAJO.

Ecuación de Hamilton-Jacobi.

Si mediante una transformación canónica consiguiéramos que la nueva hamiltoniana fuera nula el problema dinámico estaría resuelto, ya que las nuevas coordenadas y momentos serían constantes de movimiento. Vamos a ver que siempre podemos realizar una transformación canónica de este tipo. Vamos a suponer que la transformación que buscamos es del segundo tipo y vamos a denotar a la función generatriz por $S = S(x, P, t)$. Entonces se verificará la relación:

$$p = \frac{\partial S}{\partial x}$$

Como la nueva hamiltoniana es nula la función generatriz de la transformación debe verificar la siguiente ecuación:

$$H(x, p, t) + \frac{\partial S}{\partial t} = 0$$

o bien:

$$H\left(x, \frac{\partial S}{\partial x}, t\right) + \frac{\partial S}{\partial t} = 0$$

de modo que la función generatriz que buscamos es la solución de esta ecuación en derivadas parciales. Esta ecuación se conoce como la ecuación de Hamilton-Jacobi. Por ejemplo, para una partícula cuyo hamiltoniano sea:

$$H = \frac{p^2}{2m} + V(x)$$

la ecuación de Hamilton-Jacobi será:

$$\frac{1}{2m}\left(\frac{\partial S}{\partial x}\right)^2 + V(x) + \frac{\partial S}{\partial t} = 0$$

La función Sse denomina la función principal de Hamilton y salvo una constante aditiva coincide con la integral de acción. En el caso en que la hamiltoniana no dependa explícitamente del tiempo, podemos separar la variable temporal escribiendo la función Sde la siguiente forma:

$$S(x, P, t) = W(x, P) - Et$$

donde Ees una constante que coincide con el valor de la hamiltoniana, según se deduce de las ecuaciones anteriores. La función W, que se denomina función característica de Hamilton, verifica la siguiente ecuación en derivadas parciales:

$$H\left(x, \frac{\partial W}{\partial x}\right) = E$$

Por ejemplo, para una partícula libre la ecuación anterior se reduce a:

$$\frac{1}{2m}\left(\frac{\partial W}{\partial x}\right)^2 = E$$

de modo que

$$W = \sqrt{2mE}x$$

(salvo una constante aditiva que la hemos escogido como nula). Por otro lado, de las ecuaciones de transformación

$$p = \frac{\partial S}{\partial x} = \frac{\partial W}{\partial x} = \sqrt{2mE}$$

Por último, la solución de la ecuación de Hamilton-Jacobi se puede escribir como:

$$S = px - Et$$

http://www.uco.es/~fa1fepai/mecanica/mecanica.html#jac

El principio de Incertidumbre de Heisenberg

El hecho de que cada partícula lleva asociada consigo una onda, impone restricciones en la capacidad para determinar al mismo tiempo su posición y su velocidad. Este principio fue enunciado por W. Heisenberg en 1927.

Es natural pensar que si una partícula esta localizada, debemos poder

asociar con ésta un paquete de ondas mas o menos bien localizado.

Un paquete de ondas se construye mediante la superposición de un número

infinito de ondas armónicas de diferentes frecuencias.

En un instante de tiempo dado, la función de onda asociada con un paquete

de ondas esta dado por

$$\Psi(x) = \int_0^{+\infty} g(k)\sin(kx)dk \qquad \text{Transf. de Fourier}$$

donde k representa el número de onda

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi\nu}{c}$$

y donde la integral representa la suma de ondas con frecuencias (o número

de ondas) que varian desde cero a mas infinito ponderadas mediante el factor

$g(k)$.

El momento de la partícula y el número de ondas estan relacionados

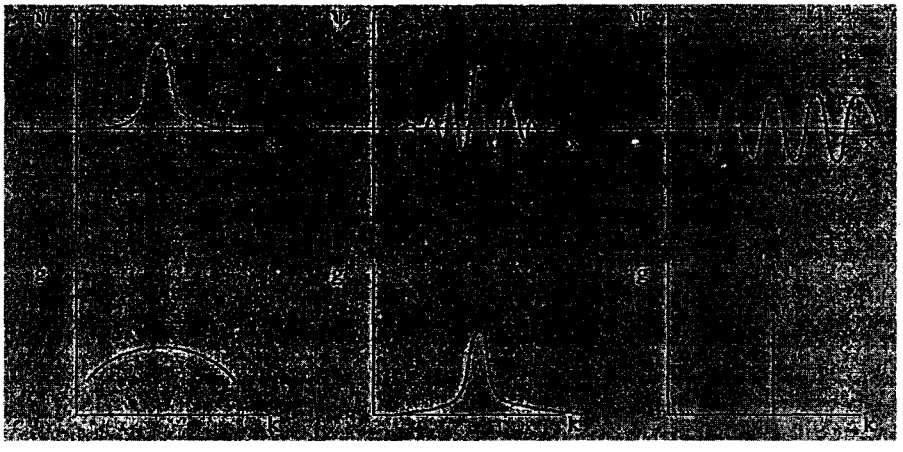
ya que

$$p = \frac{h\nu}{c}; \qquad k = \frac{2\pi\nu}{c}$$

de lo cual se deduce que

$$p = \frac{h}{2\pi}k = \hbar k$$

- Queda claro que para localizar una partícula es necesario sumar todas las contribuciones de las ondas cuyo número de onda varia entre cero e infinito y por lo tanto el momento $p = \hbar k$ tambien varia entre cero e infinito. Es decir que esta completamente indeterminado.
- Para ilustrar lo anterior hemos indicado en la siguiente figura diferentes tipos de paquetes de onda y su *transformada de Fourier* que nos dice como estan distribuidas las contribuciones de las ondas con número de ondas k dentro del paquete.



- En el primer caso vemos que un paquete de ondas bien localizado en el espacio x, tiene contribuciones practicamente iguales de todas las ondas con número de ondas k.
- En el segundo caso vemos que si relajamos un poco la posición del paquete de ondas, también es posible definir el número de ondas (o el momento) de la partícula.
- En el último caso vemos que para definir bien el momento $p = \hbar k$ de la partícula, entonces su posición queda completamente indefinida.
- Es posible determinar el ancho, o la incertidumbre, del paquete de ondas tanto en el espacio normal Δx como en el espacio de momentos Δp.

El *principio de incertidumbre* nos dice que hay un límite en la precisión con el cual podemos determinar al mismo tiempo la posición y el momento de una partícula.

- La expresión matemática que describe el principio de incertidumbre de Heisenberg es

$$\Delta x \Delta p \geq \hbar$$

- Si queremos determinar con total precisión la posición:

$$\Delta x = 0$$

- De la desigualdad para el principio de incertidumbre verificamos entonces que

$$\Delta p \geq \frac{\hbar}{\Delta x} \rightarrow \infty$$

Es decir, que la incertidumbre en el momento es infinita.

Medición e Incertidumbre

Supongamos que se desea medir la posición y el momentum de algún objeto microscópico en un cierto instante de tiempo.

Digamos que se quiere determinar la posición y el momento de un electrón. Para esto tendríamos que interactuar con el electrón, por ejemplo con luz de una longitud de onda λ. En este proceso los fotones luminosos golpean al electrón y salen despedidos. Cada fotón posee un momento $p = h/\lambda$ que al entrar en contacto con el electrón hacen que dicho electrón sufra una variación en su momento. La variación de este cambio no se puede predecir con exactitud, pero es

del mismo orden que el momento del fotón. De este modo el proceso de la medición introduce una incertidumbre de

$$\Delta p_{electron} \sim \frac{h}{\lambda_{foton}}$$

mientras que la incertidumbre en la medición de la posición misma es

$$\Delta x_{electron} \sim \lambda_{foton}$$

de manera que mientras mas precisa sea la medición de la posición (Δxmas pequeña), mayor sera la incertidumbre en el momento del electrón (Δp).

El argumento anterior *supone* que el electrón posee una posición y momento bien definido y que *es* el proceso de la medición el que induce la incertidumbre. Sin embargo *la incertidumbre es inherente a la naturaleza de la partícula, y no solo es una consecuencia del proceso de medición.*

http:://www.nuclecu.unam.mx/~vieyra/node21.html

ELEMENTOS DE LA MECÁNICA CUÁNTICA.

1.Introducción:

La Mecánica Cuántica No Relativista tiene como principales hipótesis definidoras la *cuantización de la partícula material mínima* y el *valor infinito* para la velocidad máxima de propagación de las interacciones.

La primera hipótesis, la cuantización, elimina el determinismo propio de la mecánica clásica. La mecánica cuántica es indeterminista, y la indeterminación se manifiesta esencialmente en la ausencia de trayectoria definida para una partícula sometida a interacciones externas.

La hipótesis cuántica es, pues, la hipótesis que afirma que la cantidad mínima de materia está cuantificada; que existe una partícula material mínima, no siendo posible una porción menor. Toda partícula material, por muy pequeña que fuere, ocupa siempre más de un punto-instante del espacio-tiempo.

Esta hipótesis granular implica que existan valores prohibidos para las medidas cuantitativas de las distribuciones de materia, pues al no existir realmente una fracción de partícula material (ya que está cuantizada) la medida total de la distribución ha de ser múltiplo del cuanto mínimo. Existen, pues, valores prohibidos para la medida de las distribuciones materiales, y, en consecuencia, para la medida de sus magnitudes teóricas (energía, impulso, etc.). Habrá de existir el cuanto mínimo de energía, de impulso, etc., y sus valores para un sistema habrán de ser múltiplos de ese cuánto mínimo.

La cuantización de la materia hace impensable, además, el concepto de trayectoria, que es, por definición, una continuación infinita de punto-instantes del espacio-tiempo. Su existencia está de acuerdo con la hipótesis clásica, pero no con la cuántica. Para una partícula no existirá, pues, trayectoria, en la mecánica cuántica. Por tanto, no se podrá hablar aquí de ecuaciones del movimiento.

Es inmediato que la existencia simultánea de las coordenadas y velocidades generalizadas de una partícula permitirían construir sus ecuaciones de movimiento. Por esto, la no existencia en la mecánica cuántica de trayectoria, ni de estas ecuaciones, hace preciso admitir que las coordenadas y velocidades de una partícula no pueden ser conocidas simultáneamente, a fin de no contradecir la hipótesis

cuántica. Este hecho representa también, resumidamente expuesto, el indeterminismo que la cuantización supone en la construcción de la mecánica.

Al no existir trayectoria, la posición de una partícula en un determinado instante no podrá conocerse exactamente, como ocurría en el caso de la hipótesis clásica. En esta mecánica, sólo aproximadamente se determinará la tal posición, teniéndose que recurrir para ello al concepto de probabilidad.

Pero, aunque no existe la trayectoria, es inmediato que toda partícula tiene energía, momento, posición, etc. Esto es, en la mecánica cuántica toda partícula, o sistema de partículas, ha de poseer unas magnitudes teóricas propias (energía, momento, posición, etc.) cuya expresión matemática mecanocuántica coincidirá con la expresión mecanoclásica en cuanto la hipótesis cuántica sea sustituida por la hipótesis continuista o clásica.

La hipótesis cuántica, establecida en la primera mitad del siglo XX con el objeto de construir una mecánica teórica que fuera capaz de explicar con éxito los descubrimientos que la física de la estructura atómica de la materia había hecho recientemente (descubrimientos de Max Planck, del átomo estable de Rhuterford, etc.) se desarrolló en una primera formulación (año 1925) por obra de Erwin Scrödinger y Louis de Broglie. La formulación de Scrödinger-De Broglie fue llamada *Formulación Ondulatoria de la Mecánica.* Asignando a cada partícula una función de onda Y (q), sería posible describir fenomenológicamente la evolución de la materia.

La mecánica cuántica necesita, para su fundamentación, de la mecánica clásica. Se pretendería definir las magnitudes de la nueva mecánica de modo que al particularizar al continuismo se obtengan las expresiones mecanoclásicas de estas magnitudes. Las definiciones se hacen probabilísticamente, mediante la introducción de una función Y (q) tal que:

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\Psi(q)|^2 \, .dq = 1$$

$$\int_{-\infty}^{q} |\Psi(q)|^2 \, .dq = P[q]$$

Siendo P[q] la probabilidad de localización de la partícula en una determinada región del espacio-tiempo. Llamando h al cuánto material mínimo, se obtiene en forma sencilla la llamada ecuación de Schrödinger, cuya importancia es comparable a la ecuación de Hamilton-Jacobi mecanoclásica:

$$\frac{\hbar}{2m}\nabla^2\Psi(q) + (E - U).\Psi(q) = 0$$

$$(\hbar = \frac{h}{2\pi})$$

donde es E, U: energías, m: masa, h: constante de Planck

En 1926 se formuló matricialmente la mecánica cuántica no relativista, haciendo desempeñar a matrices de operadores el papel que en la formulación de Schrödinger-De Broglie tenían las funciones de onda. Ésta es la formulación de Heinsenberg-Jordan, de la cuál fue comprobada su equivalencia con la anterior formulación, del mismo modo que en la mecánica clásica resultaron equivalentes las formulaciones de Newton, Lagrange y Hamilton. Las representaciones ondulatoria y matricial resultaron ser, pues, equivalentes.

La mecánica cuántica no relativista era considerada ya en la década de los años 50, un cuerpo cerrado de doctrina. Es decir, que todas las consecuencias lógicas de los postulados definitorios de esta mecánica son capaces de explicar las experiencias físicas que se han realizado en los primeros años del siglo XX en la estructura atómica de la materia.

Pero la otra mecánica cuántica, la mecánica cuántica relativista, esto es, la mecánica cuántica en la que la velocidad máxima de propagación de las interacciones no se considera infinita, sino que coincide con la velocidad de la luz, se considera aún hoy, en los años finales del siglo XX, todavía incompleta. Aún existen hechos físicos en el campo de las partículas subatómicas (elementales) a los que las consecuencias de esta mecánica no han logrado explicar de forma satisfactoria.

2.Función de onda y superposición:

Sea una partícula p, de coordenadas q(t), en movimiento cualquiera por el espacio-tiempo M_4,. Sea $P_v[q]$ la probabilidad de que en un instante dado, t, la partícula p se encuentre situada en el volúmen v =¦ dxdydz.

Sea, asimismo,

$$|\Psi(q)|^2$$

La densidad volumétrica de probabilidad, o sea:

$$|\Psi(q)|^2 = \frac{d}{dv} P[q]$$

Es decir,

$$P_v[q] = |\Psi(q)|^2 . dv$$

O bien,

$$P_v[q] = \int_v |\Psi(q)|^2 . dv$$

Y cuando v es todo el espacio M_3, la probabilidad es segura:

$$\int_{-\infty}^{\infty} |\Psi(q)|^2 . dq = 1$$

Así, pues, en definitiva,

$$\left\{ \begin{array}{l} P_{M_3}[q] = \int_v |\Psi(q)|^2 . dv \\ 1 = \int_{M_3} |\Psi(q)|^2 . dv \end{array} \right\}$$

Sea S una función real definida de M_3 en R:

S:M_3 à R

con la condición de que en una variación virtual de las coordenadas de la partícula P, esta función S tome su valor mínimo:

$$\delta S = 0$$

Llamaremos *Acción de la partícula P* a la función S.

La función compleja

$$\Psi(q) = |\Psi(q)|.e^{i\frac{S}{\hbar}}$$

Se denominará en adelante ***función de onda*** de la partícula P, y las relaciones anteriores se pueden expresar así:

$$\left\{\begin{array}{l} P_{M_3}[q] = \int_v \Psi(q).\Psi^*(q).dv \\ 1 = \int_{M_3} \Psi(q).\Psi^*(q).dv \end{array}\right\}$$

En cada estado k de la evolución mecánica de la partícula p existirá una función $y_k(q)$ que describe tal estado:

$$\Psi_k(q) = |\Psi_k(q)|.e^{i\frac{S_k}{\hbar}}$$

Suponiendo que en el estado caracterizado por la función de onda $y_1(q)$ se efectúa una medición que conduce con certeza al resultado {1}, y que al hacerlo en el estado caracterizado por $y_2(q)$ conduce al resultado {2}, se admite, entonces, como principio, llamado *Principio de Superposición de Estados,* que toda combinación lineal de las funciones $y_1(q)$ y $y_2(q)$, esto es, toda función de la forma:

$y(q) = c_1.\ y_1(q) + c_2.\ y_2(q)$, siendo c_1, c_2, constantes reales

representa un estado en el que la misma medición puede conducir al resultado {1} o al resultado {2}.

Además, si se conoce la dependencia temporal de las funciones y_1 y y_2 respecto del tiempo, o sea, $y_1(q,t)$ y $y_2(q,t)$, la función

$y(q,t) = c_1.\ y_1(q,t) + c_2.\ y_2(q,t)$, siendo c_1, c_2, constantes reales

conduce a un estado en el que la misma medición puede dar la dependencia temporal del estado {1} o del estado {2}.

Del principio de superposición se sigue inmediatamente que todas las ecuaciones a las cuales satisfacen las funciones de onda deben ser lineales respecto de y (q).

Consideremos un sistema constituido por dos partes, (a) y (b), y supongamos que su estado se da en forma tal que cada una de las partes viene descrita de manera completa. Cabe afirmar, entonces, que las probabilidades de las coordenadas q1 de la parte (a) son independientes de las probabilidades de las coordenadas q2 de la parte (b) y, por ello, la distribución de probabilidades para el sistema como un todo debe ser igual al producto de las probabilidades correspondientes a cada una de sus partes. Esto significa que la función de onda y $_{ab}(q_a,q_b)$ del sistema total se puede representar como un producto de las funciones de oda y $_a(q_a)$ y y $_b(q_b)$ de sus partes.

y $_{ab}(q_a,q_b)$ = y $_a(q_a)$ y y $_b(q_b)$

Si ambas partes se encuentran en interacción mutua, esta relación entre la función de onda del sistema global y las funciones de onda de sus partes se conserva también en cualquier instante futuro:

y ab(qa,qb,t) = y a(qa ,t) y y b(qb, t)

3.Medición e indeterminismo:

La cuantificación de la materia, es decir, el hecho de que toda partícula material sea múltiplo de una partícula mínima implica que una partícula material mínima no ocupa un solo punto del espacio tridimensional, sino un volúmen v =¦ dxdydz y, por consiguiente, su movimiento no tiene lugar ocupando una sucesión continua de puntos en el espacio tridimensional, o sea, su movimiento no tiene una trayectoria.

El que una partícula no tenga una trayectoria determinada le priva también, al mismo tiempo, de cualesquiera otras características dinámicas relacionadas con ella. Es claro, por tanto, que para un sistema constituido únicamente por

partículas mínimas sería imposible construir una mecánica lógicamente cerrada. La posibilidad de una descripción cuantitativa del movimiento de una partícula exige la existencia de sistemas que interaccionen con la minipartícula. Se llaman *aparatos* a estos sistemas que se utilizan como referencia en el estudio de la partícula. El proceso de interacción entre una partícula y un aparato es lo que se denomina *medición.*

Si una partícula sufre una medición, o sea, si interactúa con un aparato, el estado de tal partícula cambia en general. El carácter y la magnitud de este cambio dependen del estado de la partícula y pueden, por consiguiente, servir para caracterizarla cuantitativamente.

El proceso de medición posee, pues, una peculiaridad muy importante: ejerce siempre una acción sobre la partícula a la que se aplica, y esta acción no se puede hacer por principio tan débil cuanto se quiera para una precisión dada de la medición. Cuanto más precisa es esta, tanto más intensa es la acción que ha de ejercerse, y tan solo en las mediciones de precisión muy pequeña puede conseguirse que la acción sobre la partícula sea débil. Esta propiedad de las mediciones está lógicamente ligada al hecho de que las características dinámicas de la partícula se manifiestan precisamente como resultado de la propia medición. Si el proceso de medición se pudiera debilitar cuanto se quisiera manteniendo la precisión de la cantidad medida, ello significaría que tal cantidad medida es independiente del cambio de estado que sufre la partícula en el proceso de medición.

Esta circunstancia impide que esta mecánica se pueda desarrollar sobre la teoría de las ecuaciones de movimiento de una partícula, es decir, sobre relaciones de la forma

$$f(x,x',x'',t) = 0$$

como sí ocurría en la mecánica clásica. El único ente matemático a utilizar ahora es la función de onda de la partícula.

Es preciso, pues, definir las magnitudes dinámicas mediante operaciones a realizar sobre la función de onda, de modo que estas magnitudes coincidan con las magnitudes homólogas de la mecánica clásica al realizar la aproximación correspondiente en el paso del caso cuá ntico al caso clásico.

Llamaremos *operadores de onda* a las funciones operacionales que se definan como operaciones a realizar sobre la función de onda.

4. Operadores de onda:

Una partícula p pasa por diferentes estados en su evolución dinámica por el espacio tiempo, ya que varía su acción, S, y, por consiguiente, su función de onda:

$$\Psi(q) = |\Psi(q)|.e^{i\frac{S}{\hbar}}$$

Sea H un operador de onda. Se dice que el operador H es lineal sii:

$$H(\sum_{j=1}^{k} a_j \Psi_j(p)) = \sum_{j=1}^{k} a_j H\Psi_j(p)$$

Donde aj Î R, y siendo y j(p) la función de onda de la partícula p en el estado j.

$$L\Psi_n(p) = L_n \Psi_n(p)$$

Dado un operador lineal L que actúa sobre la función de onda y (p), se llamarán *estados estacionarios* de la partícula p respecto del operador L, a aquellos estados n de la partícula p para los cuales la función de onda y (p) verifica una ecuación de autovalores:

También se pueden denominar *estados L-estacionarios* de la partícula p. Cada autovalor, Ln, representa el valor de una magnitud dinámica definida por el estado L-estacionario n.

Sabemos de la mecánica clásica que son ejemplos de magnitudes dinámicas las siguientes:

a. La energía total E:

$$E = -\frac{\partial S}{\partial t}$$

b. El impulso p:

$$\vec{p} = \vec{\nabla} S$$

c. La energía cinética T:

$$T = \frac{1}{2m}(\vec{\nabla} S)^2 = \frac{1}{2m}\vec{p}^2$$

d. La energía potencial U:

$$U = -\frac{\partial S}{\partial t} - \frac{1}{2m}(\vec{\nabla} S)^2$$

A cuyos correspondientes operadores de onda, llamaremos:

a. Para la energía total (operador hamiltoniano):

$$\hat{H}\Psi_n(p) = E_n \Psi_n(p)$$

b. Para el impulso (operador impulso):

$$\hat{p}\Psi_n(p) = \vec{p}_n \Psi_n(p)$$

c. Para la energía cinética (operador energía cinética):

$$\hat{T}\Psi_n(p) = t_n \Psi_n(p)$$

d. Para la energía potencial (operador energía potencial):

$$\hat{U}\Psi_n(p) = U_n\Psi_n(p)$$

Estas magnitudes dinámicas se han definido como operaciones a realizar sobre la función de acción, operaciones que se traducen, mediante su operador asociado, en operaciones sobre la función de onda.

Los operadores de onda pueden, asimismo, ser representados en función de los operadores elementales del análisis matemático, como son, por ejemplo, los siguientes:

$$(\Delta x)_{x_0} = x - x_0$$

$$\Delta f(x)_{x_0} = f(x_0 + \Delta x) - f(x_0)$$

$$\frac{df}{dt} = \lim_{\frac{x_i - const}{\Delta t \to 0}} \frac{f(t + \Delta t) - f(t)}{\Delta t}$$

$$\frac{df}{dx_k} = \lim_{\frac{x_i - const(i \neq k)}{\Delta x_i \to 0}} \frac{f(x_k + \Delta x_k) - f(x_k)}{\Delta x_k}$$

$$\vec{\nabla} f = \left(\frac{df}{dx_1}, \ldots, \frac{df}{dx_4}\right)$$

$$\vec{\nabla}^2 f = \sum_{i=1}^{4} \left(\frac{df}{dx_i}\right)^2$$

$$\Delta f(x) = \sum_{j=1}^{4} \frac{df(x)}{dx_j} dx_j$$

Y se obtienen las expresiones siguientes:

a. Expresión para el operador hamiltoniano:

$$\Psi(p) = |\Psi(p)| e^{i\frac{S}{\hbar}} \dashrightarrow \frac{d\Psi(p)}{dt} = \frac{d}{dt}\left(|\Psi(p)| e^{i\frac{S}{\hbar}}\right) \dashrightarrow$$

$$\dashrightarrow \frac{d\Psi(p)}{dt} = |\Psi(p)| . i . \frac{dS}{dt} \frac{1}{\hbar} e^{i\frac{S}{\hbar}} = \frac{i}{\hbar} \frac{dS}{dt} |\Psi(p)| e^{i\frac{S}{\hbar}} =$$

$$= \frac{i}{\hbar} \frac{dS}{dt} \Psi(p)$$

O sea:

$$i\hbar \frac{d\Psi(p)}{dt} = -\frac{dS}{dt}\Psi(p)$$

Por tanto:

$$\left.\begin{array}{l} H\Psi(p) \hat{=} E\Psi(p) \\ i\hbar \dfrac{d\Psi(p)}{dt} = E\Psi(p) \end{array}\right\} --> \hat{H}\Psi(p) = i\hbar \frac{d\Psi(p)}{dt}$$

O sea:

$$\hat{H} = i\hbar \frac{\partial}{\partial t}$$

b. Expresión para el operador impulso:

$$\Psi(p) = |\Psi(p)|e^{i\frac{S}{\hbar}} --> \vec{\nabla}(\Psi(p)) = \vec{\nabla}(|\Psi(p)|e^{i\frac{S}{\hbar}}) -->$$

$$--> \vec{\nabla}\Psi(p) = \frac{i}{\hbar}\vec{\nabla}S.|\Psi(p)|e^{i\frac{S}{\hbar}} = \frac{i}{\hbar}\vec{\nabla}S.\Psi(p) -->$$

$$--> -i\hbar\vec{\nabla}\Psi(p) = \vec{\nabla}S.\Psi(p) --> -i\hbar\vec{\nabla}\Psi(p) = \vec{p}.\Psi(p)$$

Por tanto:

$$\left.\begin{array}{l} \hat{p}\Psi(p) = \vec{p}\Psi(p) \\ -i\hbar\vec{\nabla}\Psi(p) = \vec{p}\Psi(p) \end{array}\right\} --> \hat{p}\Psi(p) = -i\hbar\vec{\nabla}\Psi(p)$$

O sea:

$$\hat{p} = -i\hbar\vec{\nabla}$$

c. Expresión para el operador energía cinética:

$$\Psi(p) = |\Psi(p)| e^{i\frac{S}{\hbar}} \dashrightarrow T(\Psi(p)) = \frac{1}{2m}\vec{p}^{\,2}|\Psi(p)| =$$

$$= \frac{1}{2m}(-i\hbar\vec{\nabla})^2\Psi(p) = \frac{'1}{2m}\hbar^2\vec{\nabla}^2\Psi(p)$$

Por tanto:

$$\left.\begin{array}{l} \bar{\hat{T}}\Psi(p) = T\Psi(p) \\ -\frac{\hbar^2}{2m}\vec{\nabla}^2\Psi(p) = T\Psi(p) \end{array}\right\} \dashrightarrow \hat{T}\Psi(p) = -\frac{\hbar^2}{2m}\vec{\nabla}^2\Psi(p)$$

$$\hat{T} = -\frac{\hbar^2}{2m}\vec{\nabla}^2$$

d. Expresión para el operador energía potencial:

$$U = -\frac{\partial S}{\partial t} - \frac{1}{2m}(\vec{\nabla}S)^2 \dashrightarrow U\Psi(p) = (-\frac{\partial S}{\partial t} - \frac{1}{2m}(\vec{\nabla}S)^2)\Psi(p) =$$

$$= (-\frac{\partial S}{\partial t})\Psi(p) - \frac{1}{2m}(\vec{\nabla}S)^2\Psi(p) = E.\Psi(p) - T\Psi(p) =$$

$$= \hat{H}\Psi(p) - \hat{T}\Psi(p) = i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\Psi(p) - \frac{\hbar^2}{2m}\vec{\nabla}^2\Psi(p) \dashrightarrow$$

$$\dashrightarrow U\Psi(p) = (i\hbar\frac{\partial}{\partial t} + \frac{\hbar^2}{2m}\vec{\nabla}^2)\Psi(p)$$

Por tanto:

$$\left.\begin{array}{l} U\Psi(p) = \hat{U}\Psi(p) \\ U\Psi(p) = (i\hbar\frac{\partial}{\partial t} + \frac{\hbar^2}{2m}\vec{\nabla}^2)\Psi(p) \end{array}\right\} \dashrightarrow \hat{U} = (i\hbar\frac{\partial}{\partial t} + \frac{\hbar^2}{2m}\vec{\nabla}^2)$$

O sea

$$\hat{U} = (i\hbar\frac{\partial}{\partial t} + \frac{\hbar^2}{2m}\vec{\nabla}^2)$$

5.Ecuaciones de onda:

Se llama *ecuación de onda* del operador L a la ecuación diferencial de autovalores de dicho operador cuando se expresa éste en función de los operadores diferenciales elementales.

Así, si es, pongamos por caso:

$$\hat{L} = \hat{L}(\frac{\partial}{\partial x_k}, \frac{\partial}{\partial t}, \vec{\nabla})$$

Será la ecuación de onda la expresión siguiente:

$$\hat{L}(\frac{\partial}{\partial x_k}, \frac{\partial}{\partial t}, \vec{\nabla})\Psi(p) - L\Psi(p) = 0$$

Son ejemplos de ecuaciones de onda:

a. Ecuación de onda de la energía:

$$\hat{H}\Psi(p) = E\Psi(p) - - > i\hbar\frac{\partial\Psi(p)}{\partial t} = E\Psi(p)$$

Por tanto:

$$i\hbar\frac{\partial\Psi(p)}{\partial t} - E\Psi(p) = 0$$

b. Ecuación de onda del impulso:

$$\hat{p}\Psi(p) = \vec{p}\Psi(p) - - > -i\hbar\vec{\nabla}\Psi(p) = \vec{p}\Psi(p)$$

Y se tiene, por tanto:

$$i\hbar\vec{\nabla}\Psi(p) + \vec{p}\Psi(p) = 0$$

c. Ecuación de onda de la energía cinética:

$$\hat{T}\Psi(p) = T\Psi(P) --> -\frac{\hbar}{2m}\vec{\nabla}^2\Psi(p) = T\Psi(p) -->$$

$$--> -\frac{\hbar}{2m}\vec{\nabla}^2\Psi(p) = (E - U)\Psi(p)$$

Por tanto:

$$\frac{\hbar}{2m}\vec{\nabla}^2\Psi(p) + (E - U)\Psi(p) = 0$$

(Ecuación de Schrödinger independiente del tiempo)

d. Ecuación de onda de la energía potencial:

$$\hat{U}\Psi(p) = U\Psi(p) --> \left\{i\hbar\frac{\partial}{\partial t} + \frac{\hbar}{2m}\vec{\nabla}^2\right\}\Psi(p) = U\Psi(p) -->$$

$$--> i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\Psi(p) + \frac{\hbar^2}{2m}\vec{\nabla}^2\Psi(p) = U\Psi(p)$$

Y se obtiene, por tanto, la ecuación:

$$i\hbar\frac{\partial}{\partial t}\Psi(p) + \frac{\hbar^2}{2m}\vec{\nabla}^2\Psi(p) - U\Psi(p) = 0$$

(**Ecuación de Schrödinger** dependiente del tiempo)

<u>6.Integración de las ecuaciones de onda</u>:

La integración de una ecuación de onda de la forma

$$\hat{L}\left(\frac{\partial}{\partial x_k}, \frac{\partial}{\partial t}, \vec{\nabla}\right)\Psi(p) - L\Psi(p) = 0$$

es un problema de integración de ecuaciones diferenciales.

Se trata de determinar la expresión de la función de onda

$$\Psi(q) = |\Psi(q)|.e^{i\frac{S}{\hbar}}$$

en los estados L-estacionarios, así como los valores de la magnitud mecánica L asociada al operador de onda ^L , en cada uno de dichos estados.

Así, por ejemplo:

e. De la ecuación de onda de la energía

$$i\hbar\frac{\partial\Psi(p)}{\partial t} - E\Psi(p) = 0$$

se pueden obtener los valores y 1(p), y 2(p), ..., y n(p) y los valores E1, E2,...,En.

f. De la ecuación de onda del impulso

$$i\hbar\vec{\nabla}\Psi(p) + \vec{p}\Psi(p) = 0$$

se pueden obtener los valores y 1(p), y 2(p), ..., y n(p) y los valores p1, p2,...,pn.

g. De la ecuación de Scrhödinger independiente del tiempo

$$\frac{\hbar}{2m}\vec{\nabla}^2\Psi(p) + (E - U)\Psi(p) = 0$$

se pueden obtener los valores y 1(p), y 2(p), ..., y n(p) y los valores E1 -U1, E2 -U2, ..., En -Un.

d) De la ecuación de Scrhödinger dependiente del tiempo

$$i\hbar \frac{\partial}{\partial t}\Psi(p) + \frac{\hbar^2}{2m}\vec{\nabla}^2\Psi(p) - U\Psi(p) = 0$$

se pueden obtener los valores y 1(p), y 2(p), ..., y n(p) y los valores U1, U2, ..., Un.

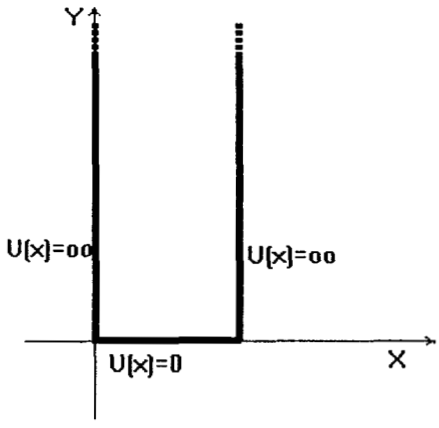
Para poder realizar la integración es preciso saber las condiciones en las que se desarrolla la existencia física de la partícula. Estas condiciones se traducen en condiciones de contorno para la ecuación diferencial en cada caso concreto.

Una región del espacio tiempo M4, en donde se mantenga invariante la magnitud L se dirá que es una L-región. Si L es superior en un entorno de la región se dice que ésta es un L-pozo, caso contrario, una L-torre.

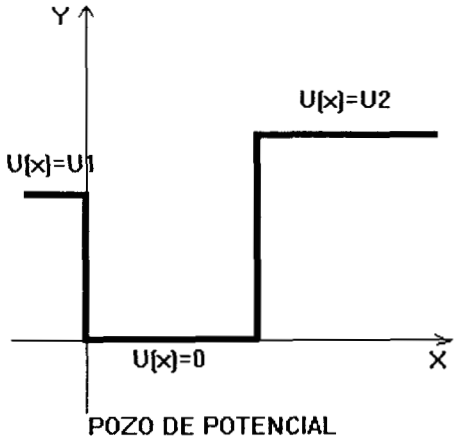
Si las condiciones de L-pozo o L-torre dependen de una sola dimensión, se dirá que son L-pozo unidimensional u L-torre unidimensional, respectivamente. Una L-torre de altura infinita, o un L-pozo de profundidad infinita, son aquellos casos de L-torre u L-pozo en los que la diferencia entre el interior y el entorno dado tiende a hacerse infinita.

Podemos considerar L-torres u L-pozos relativos a qualesquiera de las magnitudes mecanocuánticas (energía total, energía cinética, impulso, energía potencial). Se define así el concepto de *torre de energía,* de *torre cinética, torre de impulso, torre de potencial,* o bien, de *pozo de energía, pozo de impulso, pozo de potencial.*

Veamos un ejemplo de integración de la ecuación de onda en un pozo de potencial infinito, unidimensional:



POZO DE POTENCIAL
UNIDIMENSIONAL
PROFUNDIDAD INFINITA



POZO DE POTENCIAL
UNIDIMENSIONAL
PROFUNDIDAD FINITA

Ejemplo:

Sea una micropartícula en un pozo de potencial unidimensional de profundiad infinita:

Partiendo de la ecuación de Schrödinger independiente del tiempo:

$$\frac{\hbar}{2m}\vec{\nabla}^2\Psi(p) + (E - U)\Psi(p) = 0$$

Se tiene, al hacer y = z = 0:

$$\frac{\hbar}{2m}\frac{\partial^2}{\partial x^2}\Psi(p) + (E - U)\Psi(p) = 0$$

Y siendo en los bordes, paredes x = 0 y x = a, y (0) = 0, y (a) = 0, y en todo el fondo del pozo es U(x) = 0, se tiene:

$$\frac{\hbar}{2m}\frac{\partial^2}{\partial x^2}\Psi + E\Psi = 0$$

Si llamamos ahora:

$$k^2 = \frac{2mE}{\hbar^2}$$

Queda una ecuación diferencial sencilla:

$$\frac{\partial^2}{\partial x^2}\Psi + k^2\Psi = 0$$

Cuyas soluciones son:

y (x) = A.sen kx + B.cos kx

y, al aplicar las condiciones de contorno:

y (0) = 0 à y (0) = A.sen 0 + B.cos 0 = 0 à 0 + B.1 = 0 à B = 0

con lo que resulta:

y (x) = A.sen kx

y (a) = 0 à y (a) = A.sen ka = 0 à ka = 0 +n.P , nÎ N

o sea:

k = nP /a, n = 1, 2, ..., y y (x) = A.sen ((n P /a).x)

de lo cual resulta:

$$E_n = \frac{(n\Pi)^2\hbar^2}{2ma^2} = \frac{n^2\Pi^2\hbar^2}{2ma^2}, n = 1,2,\ldots$$

así, pues, se obtienen valores para la energía y función de onda, en los estados ^H-estacionarios:

$$E_0 = \frac{(0\Pi)^2\hbar^2}{2ma^2} = \frac{0^2\Pi^2\hbar^2}{2ma^2} = 0 - - - - - - \Psi_0(x) = 0$$

$$E_1 = \frac{(1.\Pi)^2\hbar^2}{2ma^2} = \frac{\Pi^2\hbar^2}{2ma^2} - - - - - - - - - \Psi_1(x) = A.sen(\frac{\Pi}{a}x)$$

.....

.....

$$E_n = \frac{(n\Pi)^2\hbar^2}{2ma^2} = \frac{n^2\Pi^2\hbar^2}{2ma^2} - - - - - - - - \Psi_n(x) = A.sen(\frac{n\Pi}{a}x)$$

http:://teleline.terra.es/personal/casanchi/cuant1.htm

El principio de la relatividad (en el sentido restricto)

La orden de N para lograr la claridad posible más grande, nos dejó de vuelta a nuestro ejemplo del carro ferroviario supuesto para viajar uniformemente. Llamamos su movimiento una traducción uniforme ("traducción "del" uniforme "porque está de velocidad y de dirección constantes, porque aunque el carro cambia su posición concerniente al terraplén con todo a él no rota en tan hacer). Imaginemos a raven el vuelo a través del aire de manera que su movimiento, según lo observado del terraplén, sea uniforme y en una línea recta. Si observáramos el vuelo raven del carro ferroviario móvil, debemos encontrar que el movimiento del raven sería uno de la diversas velocidad y dirección, pero que todavía sería uniforme y en una línea recta. Expresado en una manera abstracta podemos decir: Si una masa *m* se está moviendo uniformemente en una línea recta con respecto a un sistema K *del coordinar,* después también se moverá uniformemente y en una línea recta concerniente a un segundo coordine el sistema *K* ', a condición de que el último está ejecutando un movimiento translatory uniforme con respecto *a K*. De acuerdo con la discusión contenida en la sección precedente, sigue eso:

Si *K* es un Galileian coordine el sistema, entonces cada otro coordinan el sistema *K* ' es un Galileian uno, cuando, en lo referente *a K,* está en una condición del movimiento uniforme de la traducción. Concerniente *a K* ' los leyes mecánicos del considerar del Galilei-Neutonio buenos exactamente como hacen con respecto *a K*.

Avanzamos un paso más lejos en nuestra generalización cuando expresamos el tenet así: Si, concerniente *a K, K* ' es uniformemente una mudanza coordine el sistema desprovisto de la rotación, después los fenómenos naturales funcionan su curso con respecto *a K* ' según exactamente los mismos leyes generales que con respecto *a K*. Esta declaración se llama *el principio de la relatividad* (en el sentido restricto).

Mientras uno fue convencido de que todos los fenómenos naturales eran capaces de la representación con la ayuda de mecánicos clásicos, no había necesidad de dudar la validez de este principio de la relatividad. Pero en la vista del desarrollo más reciente de la electrodinámica y de la óptica llegó a ser más y más evidente que los mecánicos clásicos producen una fundación escasa para la descripción física de todos los fenómenos naturales. En esta juntura la cuestión de la validez del principio de la relatividad llegó a ser madura para la discusión, y no aparecía imposible que la respuesta a esta pregunta pudo estar en la negativa.

Sin embargo, hay dos hechos generales que en el principio hablan mucho en el favor de la validez del principio de la relatividad. Aunque los mecánicos clásicos no nos proveen de una base suficientemente amplia para la presentación teórica de todos los fenómenos físicos, alambique debemos concederle una medida considerable de "verdad," puesto que nos provee de los movimientos reales de los cuerpos divinos con una delicadeza del detalle poco cortocircuito de maravilloso. El principio de la relatividad debe por lo tanto aplicarse con gran exactitud en el

dominio *de mecánicos.* Pero que un principio de tal amplia generalidad debe sostener con tal exactitud en un dominio de fenómenos, pero debe ser inválido para otro, es no muy probable a priori.

Ahora procedemos a la segunda discusión, a la cual, por otra parte, volveremos más adelante. Si el principio de la relatividad (en el sentido restricto) no sostiene, después el Galileian coordina los sistemas *K,* '' *de K* ', *de K,* los etc., que están moviendo uniformemente en relación con, no será *equivalente* para la descripción de fenómenos naturales. En este caso a nos debemos obligan que creamos que los leyes naturales sean capaces de ser formulado de una manera particularmente simple, y por supuesto solamente a condición de que, entre de todo el Galileian posible coordine los sistemas, nosotros debe haber elegido *uno* (K_0) de un estado particular del movimiento como nuestro cuerpo de la referencia. Debemos entonces ser justificados (debido a sus méritos en para la descripción de fenómenos naturales) en llamar este sistema "absolutamente el resto," y el resto de los sistemas K *de Galileian* "en el movimiento." Si, por ejemplo, nuestro terraplén fuera el sistema K_0, entonces nuestro carro ferroviario sería un sistema *K,* concerniente a el cual los leyes menos simples sostendrían que con respecto *a* K_0. Esta simplicidad disminuida sería debido al hecho de que el carro *K* estaría en el movimiento (*es decir.* "realmente") con respecto *a* K_0. En los leyes generales de naturales que se han formulado referente *a K,* a la magnitud y a la dirección de la velocidad del carro haría necesariamente una parte. Debemos esperar, por ejemplo, que la nota emitida por una órgano-pipa colocada con su eje paralelo a la dirección del recorrido fuera diferente de ésa emitida si el eje de la pipa era perpendicular puesto a esta dirección. Ahora en virtud de su movimiento en una órbita alrededor del sol, nuestra tierra es comparable con un carro ferroviario que viaja con una velocidad de cerca de 30 kilómetros por segundo. Si el principio de la relatividad fuera inválido debemos por lo tanto contar con que la dirección del movimiento de la tierra en todo momento entre en los leyes de la naturaleza, y también que los sistemas físicos en su comportamiento serían dependientes en la orientación en espacio con respecto a la tierra. Para debido a la alteración en la dirección de la velocidad de la rotación de la tierra en el curso de un año, la tierra no puede estar en el resto concerniente al sistema hipotético K_0 a través del año entero. Sin embargo, las observaciones más cuidadosas nunca han revelado tales características anisotropic en espacio físico terrestre, *es decir.* una operación de no equivalencia física de diversas direcciones. Esto es una discusión muy de gran alcance en el favor del principio de la relatividad.

La incompatibilidad evidente de la ley de la propagación de la luz con el principio de la relatividad

Aquí es apenas una ley más simple en la física que el según las cuales la luz se propague en espacio vacío. Cada niño en la escuela sabe, o cree que él sabe, que esta propagación ocurre en líneas rectas con una velocidad c = 300.000 km./sec. En todos los acontecimientos sabemos con gran exactitud que esta velocidad es igual para todos los colores, porque si éste no fuera el caso, el mínimo de emisión no

sería observado simultáneamente para diversos colores durante el eclipse de una estrella fija por su vecino oscuro. Por medio de las consideraciones similares basadas en observaciones de estrellas dobles, el astrónomo holandés De Sitter podía también demostrar que la velocidad de la propagación de la luz no puede depender de la velocidad del movimiento del cuerpo que emite la luz. La asunción que esta velocidad de la propagación es dependiente en la dirección "en espacio" está en sí mismo improbable.

En cortocircuito, déjenos asumen que la ley simple de la constancia de la velocidad de la luz c (en vacío) es creída justificable por el niño en la escuela. ¿Quién se imaginaría que esta ley simple ha hundido a físico conscientiously pensativo en las dificultades intelectuales más grandes? Consideremos cómo se presentan estas dificultades.

Por supuesto debemos referir el proceso de la propagación de la luz (y de hecho cada otro proceso) a un referencia-cuerpo rígido (coordine el sistema). Como tal sistema nos dejó otra vez elegir nuestro terraplén. Imaginaremos el aire sobre él para haber sido quitados. Si un rayo de la luz se envíe a lo largo del terraplén, vemos del antedicho que la extremidad del rayo será transmitida con la velocidad c concerniente al terraplén. Ahora déjenos suponen que nuestro carro ferroviario está viajando otra vez a lo largo de las líneas ferroviarias con la velocidad v, y que su dirección es igual que la del rayo de la luz, solamente su velocidad por supuesto mucho menos. Investiguemos sobre la velocidad de la propagación del rayo de la luz concerniente al carro. Es obvio que podemos aquí aplicar la consideración de la sección anterior, desde el rayo de la luz hace a parte del hombre que camina adelante relativamente al carro. La velocidad W del hombre concerniente al terraplén aquí es substituida por la velocidad de la luz concerniente al terraplén. W es la velocidad requerida de la luz con respecto al carro, y tenemos

$$W = c - v.$$

La velocidad de la propagación de un rayo de la luz concerniente al carro viene así fuera de más pequeño que c.

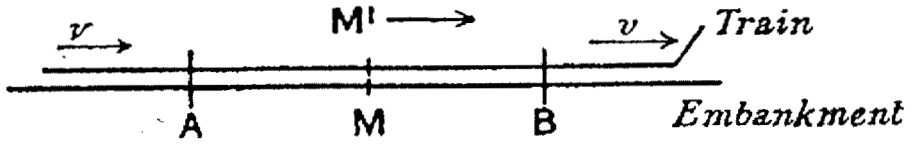
Pero este resultado viene en conflicto con el principio de la relatividad. Para, como cada otra ley de la naturaleza general, la ley de la transmisión de la luz *en vacuo* debe, según el principio de la relatividad, ser igual para el carro ferroviario que referencia-cuerpo como cuando los carriles son el cuerpo de la referencia. Pero, de nuestra consideración antedicha, esto aparecería ser imposible. Si cada rayo de la luz se propaga concerniente al terraplén con la velocidad c, después por esta razón aparecería que otra ley de la propagación de la luz debe sostener necesariamente con respecto al carro -- un resultado contradictorio al principio de la relatividad.

En vista de este dilema no aparece ser nada para él que abandonar el principio de la relatividad o la ley simple de la propagación de la luz *en vacuo*. Los de usted que ha seguido cuidadosamente la discusión precedente son casi seguros contar con que debamos conservar el principio de la relatividad, que abroga tan

convincentemente a la intelecto porque es tan natural y simple. La ley de la propagación de la luz *en vacuo* entonces tendría que ser substituida por una ley más complicada conforme al principio de la relatividad. El desarrollo de la física teórica demuestra, sin embargo, que no podemos perseguir este curso. Las investigaciones teóricas de época-fabricación de H. A. Lorentz en los fenómenos electrodynamical y ópticos conectaron con la demostración móvil de los cuerpos que experimentan en plomos de este dominio concluyente a una teoría de los fenómenos electromagnéticos, de los cuales la ley de la constancia de la velocidad de la luz *en vacuo* es una consecuencia necesaria. Los físicos teóricos prominentes estaban por lo tanto más inclinados rechazar el principio de la relatividad, a pesar del hecho de que no se había encontrado ningunos datos empíricos que eran contradictorios a este principio.
En esta juntura la teoría de la relatividad entró en la arena. Como resultado de un análisis de los conceptos físicos el tiempo y espacio, llegó a ser evidente de que *en realidad no hay la menos incompatibilidad entre el principio la relatividad y la ley de la propagación de la luz,* y de que sistemáticamente sosteniendo rápidamente a ambos estos leyes una teoría lógicamente rígida se podría llegar. Esta teoría se ha llamado *la teoría especial de la relatividad* para distinguirla de la teoría extendida, de la cual nos ocuparemos más adelante. En las páginas siguientes presentaremos las ideas fundamentales de la teoría especial de la relatividad.

La relatividad de la simultaneidad

Ahora a nuestras consideraciones se ha referido un cuerpo particular de la referencia, que hemos labrado un "terraplén ferroviario." Suponemos un tren muy largo que viaja a lo largo de los carriles con la velocidad constante v y en la dirección indicada en fig. 1. La gente que viaja en esta voluntad del tren con ventaja utiliza el tren como referencia-cuerpo rígido (coordine el sistema); ella mira todos los acontecimientos en referencia al tren. Entonces cada acontecimiento que ocurre a lo largo de la línea también ocurre en un punto particular del tren. También la definición de la simultaneidad se puede dar concerniente al tren exactamente de la misma manera que con respecto al terraplén. Como se presenta una consecuencia natural, sin embargo, la pregunta siguiente:
Son dos acontecimientos (*e.g.* ¿los dos movimientos del relámpago *A* y B) que son simultáneos *referente al terraplén ferroviario* también simultáneo *relativamente al tren?* Demostraremos directamente que la respuesta debe estar en la negativa.



F IG. 1.

Cuando decimos que el relámpago frota ligeramente *A* y *B* es simultáneo con respecto al terraplén, significamos: los rayos de la luz emitieron en los lugares *A* y *B*, donde ocurre el relámpago, se satisface en el punto mediano *M* del --> *B de la longitud A* del terraplén. Pero los acontecimientos *A* y *B* también corresponden a las posiciones *A* y *B* respecto al tren. Deje *M* ' ser el punto mediano del --> *B de la distancia A* en el tren que viaja. Apenas cuando ocurren los flashes 1 del relámpago, este punto *M* ' coincide naturalmente con el punto *M*, pero se mueve hacia la derecha en el diagrama con la velocidad *v* del tren. Si un observador que se sentaba en la posición *M* ' en el tren no poseyera esta velocidad, entonces él permanecería permanentemente en *M*, y los rayos ligeros emitidos por los flashes del relámpago *A* y *B* lo alcanzarían simultáneamente, *es decir*. satisfarían apenas donde lo sitúan. Ahora en la realidad (considerada referente al terraplén ferroviario) él está acelerando hacia el haz de luz que viene *de B*, mientras que él está montando encendido delante del haz de luz que viene *de A*. Por lo tanto el observador verá el haz de luz emitido *de B* anterior que él verá eso emitida *de A*. Observadores que toman el tren ferroviario como debe su referencia-cuerpo por lo tanto venido a la conclusión que ocurrió el flash *B* del relámpago anterior que el flash A *del relámpago*. Llegamos así el resultado importante:
Los acontecimientos que son simultáneos referente al terraplén no son simultáneos con respecto al tren, y *viceversa* (relatividad de la simultaneidad). Cada referencia-cuerpo (coordine el sistema) tiene su propio tiempo particular; a menos que nos digan a referencia-cuerpo a quien la declaración del tiempo se refiere, no hay significado en
una declaración de la época de un acontecimiento.

Ahora antes de que el advenimiento de la teoría de la relatividad él hubiera sido asumido siempre tácito en la física que la declaración del tiempo tenía una significación absoluta, *es decir*. que es independiente del estado del movimiento del cuerpo de la referencia. Pero acabamos de ver que esta asunción es incompatible con la definición más natural de la simultaneidad; si desechamos esta asunción, entonces el conflicto entre la ley de la propagación de la luz *en vacuo* y el principio de la relatividad desaparece.
Las consideraciones de la sección VI nos condujimos a ese conflicto , que son tenable ahora no más largo. En que la sección nosotros concluyó que el hombre en el carro, que atraviesa la distancia *W por segundo* concerniente al carro, atraviesa la misma distancia también con respecto al terraplén *en cada segundo* del tiempo. Pero, según las consideraciones precedentes, el tiempo requerido por una ocurrencia particular con respecto al carro no se debe considerar igual a la duración de la misma ocurrencia según lo juzgado del terraplén (como referencia-cuerpo). Por lo tanto no puede ser afirmado que el hombre en caminar viaja la distancia *W* concerniente a la línea ferroviaria en una época que sea igual a un segundo según lo juzgado del terraplén.

Por otra parte, las consideraciones de la sección VI se basan en con todo una segunda asunción, que, en la luz de una consideración terminante, aparece ser arbitraria, aunque siempre tácito fue hecha uniforme antes de la introducción de la teoría de la relatividad.

Teorema de la adición de velocidades. El experimento de Fizeau

Ahora podemos mover en la práctica los relojes y las medir-barras solamente con las velocidades que son pequeñas comparadas con la velocidad de la luz; por lo tanto podremos apenas comparar los resultados de la sección anterior directamente con la realidad. Pero, por otra parte, estos resultados deben pulsarle como siendo muy singulares, y por esa razón ahora dibujaré otra conclusión de la teoría, una que se puedan derivar fácilmente de las consideraciones precedentes, y que ha sido confirmado lo más elegante posible por el experimento.

Anteriormente, derivamos el teorema de la adición de velocidades en una dirección en la forma que también resulta de las hipótesis de mecánicos clásicos. Este teorema se puede también deducir fácilmente de la transformación de Galilei. En lugar del hombre que camina dentro del carro, introducimos un punto que se traslada relativamente al sistema K *del coordinar* ' de acuerdo con la ecuación

$x' = peso\ '$.

Por medio de las primeras y cuartas ecuaciones de la transformación de Galilei podemos expresar *el* x' y $t\ '$ en términos *de* x y t, y entonces obtenemos

$x = (v + w)\ t$.

Esta ecuación no expresa nada que la ley del movimiento del punto referente al sistema K (del hombre referente al terraplén). Denotamos esta velocidad por el símbolo W, y entonces obtenemos

W = v + W ... (a).

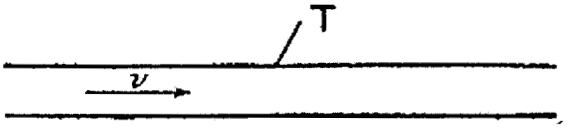
Pero podemos realizar esta consideración del mismo modo que en base de la teoría de la relatividad. En la ecuación

$x' = peso\ '$

debemos entonces expresar *el* x' y $t\ '$ en términos *de* x y t, haciendo uso las primeras y cuartas ecuaciones *de la transformación de Lorentz.* En vez de la ecuación (a) entonces obtenemos la ecuación

$$W = \frac{v + w}{1 + \frac{vw}{c^2}} \quad . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \; . \quad (B),$$

cuál corresponde al teorema de la adición para las velocidades en una dirección según la teoría de la relatividad. La pregunta ahora se presenta en cuanto a cuáles de estos dos teoremas son los mejores en acordar con experiencia. En este punto un experimento más importante nos aclaramos que el físico brillante Fizeau realizó más que hace medio siglo, y que ha sido repetido desde entonces por algunos de los mejores físicos experimentales, de modo que no pueda haber duda sobre su resultado. El experimento se refiere a la pregunta siguiente. La luz viaja en un líquido inmóvil con una velocidad particular *W*. ¿Viaja cómo rápidamente en la dirección de la flecha en el tubo *T* (véase el diagrama de acompañamiento, fig. 3) cuando el antedicho líquido está atravesando el tubo con una velocidad *v?*



F IG. 3.

De acuerdo con el principio de la relatividad tendremos que ciertamente tomar para concedido que la propagación de la luz ocurre siempre con la misma velocidad *W con respecto al líquido,* si el último está en el movimiento referente a otros cuerpos o no. La velocidad de la luz concerniente al líquido y la velocidad del último concerniente al tubo se saben así, y requerimos la velocidad de la luz concerniente al tubo.

Está claro que tenemos el problema otra vez antes de nosotros. El tubo hace la parte del terraplén ferroviario o del sistema K *del coordinar,* el líquido hace la parte del carro o del sistema K *del coordinar* ', y finalmente, la luz juega a parte del hombre que camina a lo largo del carro, o del punto móvil en la actual sección. Si denotamos la velocidad de la luz concerniente al tubo *de W,* entonces esto es dada por la ecuación (a) o (b), según como la transformación de Galilei o la transformación de Lorentz corresponde a los hechos. El experimento 1 decide en el favor de la ecuación (b) derivado de la teoría de la relatividad, y el acuerdo es, de hecho, muy exacto. Según de las medidas recientes y la mayoría excelentes de Zeeman, la influencia de la velocidad del flujo *v* en la propagación de la luz es representada por el fórmula (b) dentro de un por ciento.

Sin embargo debemos ahora dibujar la atención al hecho de que una teoría de este fenómeno fue dada por H. A. Lorentz mucho antes de que la declaración de la teoría de la relatividad. Esta teoría estaba de una naturaleza puramente electrodynamical, y fue obtenida por el uso de hipótesis particulares en cuanto a la

estructura electromagnética de la materia. Esta circunstancia, sin embargo, no en lo más menos posible el disminuir el conclusiveness del experimento mientras que una prueba crucial en el favor de la teoría de la relatividad, para la electrodinámica del Maxwell-Lorentz, en la cual la teoría original fue basada, de ninguna manera opone la teoría de la relatividad. El último se ha desarrollado algo de electrodinámica como una combinación y generalización astoundingly simples de las hipótesis, antes independientes de uno a, en quien la electrodinámica fue construida.

Resultados generales de la teoría

Está claro de nuestras consideraciones anteriores fuera de que la teoría (especial) de la relatividad ha crecido electrodinámica y la óptica. En estos campos no ha alterado apreciable las predicciones de la teoría, sino que ha simplificado considerablemente la estructura teórica, *es decir.* la derivación de leyes, y -- cuál es incomparablemente más importante -- él ha reducido considerablemente el número de las hipótesis independientes que formaban la base de la teoría. La teoría especial de la relatividad ha hecho la teoría del Maxwell-Lorentz tan plausible, eso que el último habría sido aceptado generalmente por los físicos incluso si el experimento había decidido a menos inequívoco en su favor.
Mecánicos clásicos requeridos ser modificado antes de que podría venir en línea con las demandas de la teoría especial de la relatividad. Para la parte principal, sin embargo, esta modificación afecta solamente los leyes para los movimientos rápidos, en los cuales las velocidades de la materia v no son muy pequeñas con respecto a la velocidad de la luz. Tenemos experiencia de tales movimientos rápidos solamente en el caso electrones y los iones; para otros movimientos las variaciones de los leyes de mecánicos clásicos son demasiado pequeñas hacerse evidentes en la práctica. No consideraremos el movimiento de estrellas hasta que venimos hablar de la teoría general de la relatividad. De acuerdo con la teoría de la relatividad la energía cinética de un punto material de la masa m es no más larga dada por la expresión bien conocida

$$m\frac{v^2}{2},$$

pero por la expresión

$$\frac{mc^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}$$

Esta expresión acerca a infinito mientras que la velocidad v acerca a la velocidad de

la luz *c*. La velocidad debe por lo tanto seguir siendo siempre menos que *c*, no obstante son grandes pueden ser las energías usadas para producir la aceleración. Si desarrollamos la expresión para la energía cinética en la forma de una serie, obtenemos

$$mc^2 + m\frac{v^2}{2} + \frac{3}{8}m\frac{v^4}{c^2} + \ . \ . \ . \ .$$

Cuando

$$\frac{v^2}{c^2}$$

es pequeño comparado con la unidad, el tercero de estos términos es siempre pequeño en comparación con el segundo, que pasado solamente se considera en mecánicos clásicos. El primer término *bujía métrica* [2] no contiene la velocidad, y no requiere ninguna consideración si nos estamos ocupando solamente de la pregunta en cuanto a cómo la energía de una punto-masa depende de la velocidad. Hablaremos de su significación esencial más adelante.

El resultado más importante de un carácter general a el cual la teoría especial de la relatividad ha conducido se refiere al concepto de la masa. Antes del advenimiento de la relatividad, la física reconoció dos leyes de la importancia fundamental, a saber, de la ley de la conservación de la energía y de la ley de la conservación de la conservación de la masa; estos dos leyes fundamentales aparecían ser absolutamente independientes de uno a. Por medio de la teoría de la relatividad se han unido en una ley. Ahora consideraremos brevemente cómo vino esta unificación alrededor, y qué significado debe ser unido a él.

El principio de la relatividad requiere que la ley de la conservación de la energía sostenga no solamente referente a un sistema K *del coordinar,* pero también con respecto a cada coordina el sistema *K* ' que está en un estado del movimiento uniforme de la traducción K *en relación con,* o, brevemente, concerniente a cada sistema de "Galileian" de coordina. En contraste con los mecánicos clásicos, la transformación de Lorentz es el factor el decidir en la transición a partir de un tal sistema a otro.
Por medio de consideraciones comparativamente simples nos conducen a dibujar la conclusión siguiente de estas premisas, conjuntamente con las ecuaciones fundamentales de la electrodinámica del maxwell: Un cuerpo que se mueve con la velocidad *v*, que absorbe 1 a la cantidad de la energía E_0 en la forma de radiación sin el sufrimiento de una alteración en velocidad en el proceso, tiene, por consiguiente, su energía creciente en una cantidad

$$\frac{E_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}.$$

En la consideración de la expresión dada arriba para la energía cinética del cuerpo, la energía requerida del cuerpo sale estar

$$\frac{\left(m+\frac{E_0}{c^2}\right)c^2}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}}.$$

Así el cuerpo tiene la misma energía que un cuerpo de la masa

$$\left(m+\frac{E_0}{c^2}\right)$$

mudanza con la velocidad v. Por lo tanto podemos decir: Si un cuerpo toma una cantidad de la energía E_0, después su masa de inercia aumenta en una cantidad

$$\frac{E_0}{c^2}$$

la masa de inercia de un cuerpo no es una constante, sino varía según el cambio en la energía del cuerpo. La masa de inercia de un sistema de cuerpos se puede incluso mirar como medida de su energía. La ley de la conservación de la masa de un sistema llega a ser idéntica con la ley de la conservación de la energía, y es solamente válida a condición de que el sistema ni toma ni envió energía. Escribir la expresión para la energía en la forma

$$\frac{mc^2+E_0}{\sqrt{1-\frac{v^2}{c^2}}},$$

vemos que el término bujía métrica [2], que ha atraído hasta ahora nuestra atención, no es nada que la energía poseída por el cuerpo 1 antes de él absorbimos la energía E_0.

Una comparación directa de esta relación con el experimento no es posible actualmente, debido al hecho de que los cambios en la energía E_0 a la cual podemos sujetar un sistema no son bastante grandes hacerse perceptibles como cambio en la masa de inercia del sistema.

$$\frac{E_0}{c^2}$$

es demasiado pequeño en comparación con la masa *m,* que estaba presente antes de la alteración de la energía. Es debido a esta circunstancia que los mecánicos clásicos podían establecer con éxito la conservación de la masa como ley de la validez independiente.
Déjeme agregar una observación final de una naturaleza fundamental. El éxito de la interpretación del Faraday-Maxwell de la acción electromágnetica en una distancia dio lugar a los físicos convincentes que no hay cosas tales como acciones instantáneas en una distancia (que no implica un medio intermediario) del tipo de la ley del neutonio de la gravitación. Según la teoría de la relatividad, la acción en una distancia con la velocidad de la luz toma siempre el lugar de la acción instantánea en una distancia o de la acción en una distancia con una velocidad infinita de la transmisión. Esto está conectada con el hecho de que la velocidad c juega un rôle fundamental en esta teoría. En la parte II veremos de qué manera se modifica este resultado en la teoría general de la relatividad.

Principio especial y general de la relatividad

EL principio básico, que era el pivote de todas nuestras consideraciones anteriores, era *el principio* especial de la relatividad, *es decir.* el principio de la relatividad física de todo el *movimiento* uniforme. Una vez más analicemos su significado cuidadosamente.
Estaba siempre claro que, desde el punto de vista de la idea transporta a nosotros, cada movimiento debe ser considerado solamente como movimiento relativo. Volviendo a la ilustración hemos utilizado con frecuencia del terraplén y el carro ferroviario, podemos expresar el hecho del movimiento aquí que ocurre en las dos formas siguientes, que son igualmente justificables:

a. El carro está en el movimiento concerniente al terraplén.

El terraplén está en el movimiento concerniente al carro.
En (a) el terraplén, en (b) el carro, sirve como el cuerpo de la referencia en nuestra declaración de ocurrir del movimiento. Si es simplemente una cuestión de la detección o de describir el movimiento implicado, está en el principio inmaterial a qué referencia-cuerpo referimos el movimiento. Según lo mencionado ya, esto es

evidente en sí, pero no debe ser confundida con la declaración mucho más comprensiva llamada "el principio de la relatividad," que hemos tomado como la base de nuestras investigaciones.
El principio que hemos hecho uso mantiene no solamente que podemos manar igualmente elegimos el carro o el terraplén como nuestro referencia-cuerpo para la descripción de cualquier acontecimiento (para esto, es también evidente en sí).
Nuestro principio afirma algo qué sigue: Si formulamos los leyes de la naturaleza generales mientras que se obtienen por experiencia, haciendo uso

a. el terraplén como referencia-cuerpo,
b. el carro ferroviario como referencia-cuerpo,

entonces estos leyes de la naturaleza generales (*e.g.* los leyes mecánicos o la ley del de la propagación de la luz *en vacuo*) tienen exactamente la misma forma en ambos casos. Esto puede también ser expresada como sigue: Para *la descripción* física de procesos naturales, ni unos ni otros de los referencia-cuerpos *K, K* ' son únicos (lit. "marcado especialmente fuera de") con respecto al otro. Desemejante del primer, esta última declaración no necesita de asimiento de la necesidad *a priori;* no se contiene en los conceptos del "movimiento" y "referencebody" y derivable de ellos; solamente *la experiencia* puede decidir en cuanto a su corrección o incorreción.
Hasta el presente, sin embargo, hemos mantenido de ninguna manera la equivalencia *de todos los* cuerpos de la referencia *K* en la conexión con la formulación de leyes naturales. Nuestro curso estaba más en las líneas siguientes. En el primer lugar, salimos hacia fuera de la asunción que existe un referencia-cuerpo *K,* que condición del movimiento es tal que la ley de Galileian sostiene con respecto a ella: Una partícula se fue a sí mismo y quitado suficientemente lejos de el resto de las partículas se mueve uniformemente en una línea recta. Referente *a K* (referencia-cuerpo de Galileian) los leyes de la naturaleza eran ser tan simples como sea posible. Pero además *de K,* todos los cuerpos de la referencia *K* ' se deben dar preferencia en este sentido, y deben ser exactamente equivalente *a K* para la formulación de leyes naturales, a condición de que están en un estado *del movimiento rectilíneo y no-rotatorio uniforme* con respecto *a K;* todos estos cuerpos de la referencia deben ser mirados como referencia-cuerpos de Galileian. La validez del principio de la relatividad fue asumida solamente para estos referencia-cuerpos, pero no para otras (*e.g.* ésos movimiento que posee de una diversa clase). En este sentido hablamos *del principio* especial de la relatividad, o de la teoría especial de la relatividad.
En contraste con esto deseamos entender por el "principio general de la relatividad" la declaración siguiente: Todos los cuerpos de la referencia *K, K generales* ' , etc., son equivalentes para la descripción de los fenómenos naturales (formulación de los leyes de la naturaleza), lo que puede ser su estado del movimiento. Pero antes de proceder más lejos, debe ser precisado que esta

formulación se debe sustituir más adelante por más un extracto uno, por las razones que llegarán a ser evidentes ulteriormente.
Puesto que la introducción del principio especial de la relatividad se ha justificado, cada intelecto que se esfuerza después de que la generalización deba sentir la tentación de aventurar el paso hacia el principio general de la relatividad. Pero una consideración simple y al parecer absolutamente confiable se parece sugerir que, para el presente de todos modos, hay poca esperanza del éxito en tal tentativa. Imaginémonos transfirió a nuestro viejo amigo el carro ferroviario, que está viajando en una tarifa uniforme. Mientras se está moviendo uniformemente, el inquilino del carro no es sensible de su movimiento, y está por esta razón que él la lata un-reluctantly-renuente interprete los hechos del caso como indicando que el carro está en el resto, solamente el terraplén en el movimiento. Por otra parte, según el principio especial de la relatividad, esta interpretación se justifica absolutamente también desde un punto de vista físico.
Si el movimiento del carro ahora se cambia en un movimiento no uniforme, como por ejemplo por un uso de gran alcance de los frenos, entonces el inquilino del carro experimenta un tirón correspondientemente de gran alcance remite. El movimiento retardado se manifiesta en el comportamiento mecánico de cuerpos concerniente a la persona en el carro ferroviario. El comportamiento mecánico es diferente de el del caso considerado previamente, y por esta razón aparecería ser imposible que los mismos leyes mecánicos sostienen relativamente al carro non-uniformly de mudanza, como asimiento referente al carro cuando en el resto o en el movimiento uniforme. En todos los acontecimientos está claro que la ley de Galileian no sostiene con respecto al carro non-uniformly de mudanza. Debido a esto, nos sentimos obligados en la actual juntura para conceder una clase de realidad física absoluta al movimiento no uniforme, en la oposición al principio general de la relatividad. Pero en qué sigue nosotros pronto veremos que esta conclusión no puede ser mantenida.

El Campo Gravitacional

Si tomamos una piedra y después la dejamos ir, porqué baja a la tierra?" La respuesta generalmente a esta pregunta es: "porque es atraída por la tierra." La física moderna formula la respuesta algo diferentemente por la razón siguiente. Como resultado del estudio más cuidadoso de fenómenos electromagnéticos, hemos venido mirar la acción en una distancia como proceso imposible sin la intervención de un cierto medio intermediario. Si, por ejemplo, un imán atrae un pedazo de hierro, no podemos ser contentos mirar esto como significado que el imán actúa directamente en el hierro a través del espacio vacío intermedio, pero a nos obligan que nos imaginemos -- después de que la manera de Faraday -- que el imán siempre llama en ser algo físicamente verdadero en el espacio alrededor de él, que algo que es lo que llamamos un "campo magnético." En su vuelta este campo magnético funciona encendido el pedazo de hierro, de modo que el último

se esfuerce moverse hacia el imán. No discutiremos aquí la justificación para este concepto fortuito, que es de hecho algo arbitrario. Mencionaremos solamente que con su ayuda los fenómenos electromagnéticos se pueden representar teóricamente mucho más satisfactoriamente que sin ella, y éste se aplica particularmente a la transmisión de ondas electromagnéticas. Los efectos de la gravitación también se miran de una manera análoga.

La acción de la tierra en la piedra ocurre indirectamente. La tierra produce en sus alrededores un campo gravitacional, que actúa en la piedra y produce su movimiento de la caída. Como sabemos por experiencia, la intensidad de la acción en un cuerpo disminuye según una ley absolutamente definida, pues procedemos más lejos y más lejos de la tierra. Desde nuestro punto de vista esto significa: La ley que gobierna las características del campo gravitacional en espacio debe ser perfectamente definida, en orden correctamente para representar la disminución de la acción gravitacional con la distancia de cuerpos operativos. Es algo como esto: El cuerpo (*e.g.* la tierra) produce un campo en su vecindad inmediata directamente; la intensidad y la dirección del campo en los puntos más lejos quitados del cuerpo por lo tanto son determinadas por la ley que gobierna las características en el espacio de los campos gravitacionales ellos mismos.

En contraste con los campos eléctricos y magnéticos, el campo gravitacional exhibe una característica más notable, que es de importancia fundamental para qué sigue. Los cuerpos que se están moviendo bajo influencia única de un campo gravitacional reciben una aceleración, *que no lo hace en lo más menos posible el depender del material o del estado físico del cuerpo.* Por ejemplo, un pedazo de plomo y un pedazo de la caída de madera exactamente de la misma manera en un campo gravitacional (*en vacuo*), cuando comienzan de resto o con la misma velocidad inicial. Esta ley, que sostiene lo más exactamente posible, se puede expresar en una diversa forma en la luz de la consideración siguiente.

Según la ley del neutonio del movimiento, tenemos

(fuerza) = × (de la masa de inercia) (aceleración),

donde está una constante la "masa de inercia" característica del cuerpo acelerado. Si ahora la gravitación es la causa de la aceleración, entonces tenemos

(fuerza) = × (de la masa gravitacional) (intensidad del campo gravitacional),

donde está además una constante la "masa gravitacional" característica para el cuerpo. De estas dos relaciones sigue:

$$(\text{acceleration}) = \frac{(\text{gravitational mass})}{(\text{inertial mass})} \times (\text{intensity of the gravitational field}).$$

Si ahora, como encontramos por experiencia, la aceleración es ser independiente de la naturaleza y de la condición del cuerpo y siempre igual para un campo gravitacional dado, entonces el cociente del gravitacional a la masa de inercia debe además ser igual para todos los cuerpos. Por una opción conveniente de unidades podemos así hacer este cociente igual a la unidad. Entonces tenemos la ley siguiente: *La masa* gravitacional de un cuerpo es igual a su *masa* de inercia.

Es verdad que esta ley importante había sido registrada hasta ahora en mecánicos, pero *no había sido interpretada.* Una interpretación satisfactoria puede ser obtenida solamente si reconocemos el hecho siguiente: *La misma* calidad de un cuerpo se manifiesta según circunstancias como "inercia" o como "peso" (lit. "pesantez"). En la sección siguiente demostraremos en qué medida éste es realmente el caso, y cómo esta pregunta está conectada con el postulado general de la relatividad.

La igualdad de la masa de inercia y gravitacional como discusión para el postulado general de la relatividad

Imagina una porción grande de espacio vacío, quitada de hasta ahora las estrellas y otras masas apreciables que hagamos antes de nosotros aproximadamente las condiciones requerir por la ley fundamental de Galilei. Es entonces posible elegir a un referencia-cuerpo de Galileian para esta parte de espacio (mundo), concerniente a la cual sigue habiendo los puntos en el resto en el resto y los puntos en el movimiento continúan permanentemente en el movimiento rectilíneo uniforme. Pues el referencia-cuerpo nos dejó imaginar un pecho espacioso el asemejarse de un cuarto con un interior del observador que se equipa del aparato. La gravitación no existe naturalmente para este observador. Él debe sujetarse con las secuencias al piso, si no el impacto más leve contra el piso lo hará levantarse lentamente hacia el techo del cuarto.

Al centro de la tapa del pecho está fijado externamente un gancho con la cuerda unida, y ahora el "ser" (qué clase de un es inmaterial a nosotros) comienza a tirar en esto con una fuerza constante. El pecho junto con el observador entonces comienza a moverse "hacia arriba" con un movimiento uniformemente acelerado. En el curso del tiempo su velocidad alcanzará unheard- de valores -- a condición de que somos el ver todo el esto de otro referencia-cuerpo que no se esté tirando con una cuerda.

¿Pero cómo el hombre en el pecho mira el proceso? La aceleración del pecho será transmitida a él por la reacción del piso del pecho. Él debe por lo tanto tomar esta presión por medio de sus piernas si él no desea ser presentado longitud completa en el piso. Él entonces está estando parado en el pecho exactamente de la misma manera que cualquier persona está parado en un cuarto de una casa en nuestra tierra. Si él lanza un cuerpo que él tenía previamente en su mano, la aceleración del

pecho quiere se transmita no más de largo a este cuerpo, y por esta razón el cuerpo acercará al piso del pecho con un movimiento relativo acelerado. El observador se convencerá más lejos *de que la aceleración del cuerpo hacia el piso del pecho esté siempre de la misma magnitud, cualquier clase de cuerpo él puede suceder al uso para el experimento.*

Confiando en su conocimiento del campo gravitacional (pues fue discutido en la sección precedente), el hombre en el pecho vendrá así a la conclusión que él y el pecho están en un campo gravitacional que sea constante con respecto a tiempo. Por supuesto lo desconcertarán por un momento en cuanto a porqué el pecho no cae en este campo gravitacional. Apenas entonces, sin embargo, él descubre el gancho en el centro de la tapa del pecho y de la cuerda que se une a él, y él por lo tanto viene a la conclusión que el pecho está suspendido en el resto en el campo gravitacional.

¿ Debe sonreír en el hombre y para decir que él yerra en su conclusión? No creo que deba si deseamos seguir siendo constantes; debemos admitir algo que su modo de agarrar la situación viola ni razón ni leyes mecánicos sabidos. Aunque se está acelerando con respecto al "espacio de Galileian" primero considerado, podemos sin embargo mirar el pecho como estando en el resto. Tenemos así buenos argumentos para ampliar el principio de la relatividad para incluir los cuerpos de la referencia que se aceleran con respecto a uno a, y consecuentemente hemos ganado una discusión de gran alcance para un postulado generalizado de la relatividad.

Debemos observar cuidadosamente que la posibilidad de este modo de la interpretación se basa sobre la característica fundamental del campo gravitacional de dar a todos los cuerpos la misma aceleración, o, qué viene a la misma cosa, en la ley de la igualdad de la masa de inercia y gravitacional. Si no existiera este derecho natural, el hombre en el pecho acelerado no podría interpretar el comportamiento de los cuerpos alrededor de él en la suposición de un campo gravitacional, y lo no justificarían sobre la base de experiencia adentro que supone a su referencia-cuerpo estar "en el resto."

Suponga que el hombre en el pecho fija una cuerda al lado interno de la tapa, y que él unió un cuerpo al extremo libre de la cuerda. El resultado de esto será estirar la cuerda de modo que cuelgue "verticalmente" hacia abajo. Si pedimos una opinión de la causa de la tensión en la cuerda, el hombre en el pecho dirá: "el cuerpo suspendido experimenta una fuerza hacia abajo en el campo gravitacional, y esto es neutralizada por la tensión de la cuerda; qué se determina la magnitud de la tensión de la cuerda es *la masa gravitacional* del cuerpo suspendido." Por otra parte, un observador que se contrapesa libremente en espacio interpretará la condición de cosas así: "la cuerda debe forzosamente participar en el movimiento acelerado del pecho, y transmite este movimiento al cuerpo unido a ella. La tensión de la cuerda es apenas grande bastante efectuar la aceleración del cuerpo. La que determina la magnitud de la tensión de la cuerda es *la masa de inercia* del cuerpo."

Dirigido por este ejemplo, vemos que nuestra extensión del principio de la relatividad implica *la necesidad* de la ley de la igualdad de la masa de inercia y gravitacional. Así hemos obtenido una interpretación física de esta ley.

De nuestra consideración del pecho acelerado vemos que una teoría general de la relatividad debe rendir resultados importantes en los leyes de la gravitación. En el punto del hecho, la búsqueda sistemática de la idea general de la relatividad ha provisto los leyes satisfechos por el campo gravitacional. Antes de proceder más lejos, sin embargo, debo advertir al lector contra una idea falsa sugerida por estas consideraciones. Un campo gravitacional existe para el hombre en el pecho, a pesar de el hecho de que no había tal campo para el sistema del coordinar primero elegido. Ahora puede ser que supongamos fácilmente que la existencia de un campo gravitacional es siempre solamente evidente. Puede ser que también pensemos que, sin importar la clase de campo gravitacional que puede estar presente, podríamos elegir siempre a otro referencia-cuerpo tales que *ningún* campo gravitacional existe referente a él. Esto es de ninguna manera verdad para todos los campos gravitacionales, pero solamente para los de la forma absolutamente especial. Es, por ejemplo, imposible elegir un cuerpo de la referencia tales que, según lo juzgado de él, el campo gravitacional de la tierra (en su totalidad) desaparece.

Podemos ahora apreciar porqué esa discusión no está convenciendo, que trajimos adelante contra el principio general de la relatividad. Es ciertamente verdad que el observador en el carro del ferrocarril experimenta un tirón remite como resultado del uso del freno, y que él reconoce en esto la falta de uniformidad del movimiento (retraso) del carro. Pero nadie a le obliga que refiera este tirón a una aceleración "verdadera" (retraso) del carro. Él puede ser que también interprete su experiencia así: sigue habiendo "mi cuerpo de la referencia (el carro) permanentemente en el resto. Referente a él, sin embargo, existe (durante el período del uso de los frenos) un campo gravitacional se dirija que remita y que sea variable con respecto a tiempo. Bajo influencia de este campo, el terraplén junto con la tierra se mueve non-uniformly de manera que su velocidad original en al revés la dirección esté reducida continuamente."

Algunas inferencias de la teoría general de la relatividad

Las consideraciones anteriores, demuestran que la teoría general de la relatividad nos pone en una posición para derivar características del campo gravitacional de una manera puramente teórica. Supongamos, por ejemplo, que sabemos el espacio-tiempo "curso" para cualquier proceso natural cualesquiera, en lo que concierne a la manera de la cual ocurre en el dominio de Galileian concerniente a un cuerpo de Galileian de la referencia *K*. Por medio de operaciones puramente teóricas (*es decir.* simplemente por el cálculo) podemos entonces encontrar cómo aparece este

proceso natural sabido, según lo visto de un referencia-cuerpo *K* ' que se acelere relativamente *a K*. Pero puesto que un campo gravitacional existe con respecto a este nuevo cuerpo de la referencia *K* ', nuestra consideración también nos enseña cómo el campo gravitacional influencia el proceso estudiado.
Por ejemplo, aprendemos que un cuerpo que está en un estado del movimiento rectilíneo uniforme con respecto *a K* (de acuerdo con la ley de Galilei) está ejecutando haber acelerado y en el movimiento curvilíneo general con respecto al referencia-cuerpo acelerado *K* ' (pecho). Esta aceleración o curvatura corresponde a la influencia en el cuerpo móvil del campo gravitacional que prevalece relativamente *a K* '. Se sabe que un campo gravitacional influencia el movimiento de cuerpos de esta manera, de modo que nuestra consideración nos provea nada esencialmente nuevo.

Sin embargo, obtenemos un nuevo resultado de la importancia fundamental cuando realizamos la consideración análoga para un rayo de la luz. Con respecto al referencia-cuerpo K *de Galileian,* tal rayo de la luz se transmite rectilíneo con la velocidad *c*. Puede ser demostrado fácilmente que la trayectoria del mismo rayo de la luz es no más larga una línea recta cuando lo consideramos referente al pecho acelerado (referencia-cuerpo *K* '). De esto concluimos, *eso, en general, los rayos de la luz nos propagamos curvilíneo en campos gravitacionales.* En dos respectos este resultado es de gran importancia.

En el primer lugar, puede ser comparado con la realidad. Aunque un examen detallado de la pregunta demuestra que la curvatura de los rayos ligeros requeridos por la teoría general de la relatividad es solamente excesivamente pequeña para los campos gravitacionales en nuestra disposición en la práctica, su magnitud estimada para los rayos ligeros que pasan el sol en el pasto de incidencia es sin embargo 1,7 segundos del arco. Esto ought manifestarse de la manera siguiente. Según lo visto de la tierra, ciertas estrellas fijas aparecen estar en la vecindad del sol, y son así capaces de la observación durante un eclipse total del sol. En tales veces, estas estrellas debe aparecer ser desplazado hacia fuera del sol por una cantidad indicada arriba, con respecto a su posición evidente en el cielo cuando el sol se sitúa en otra parte de los cielos. El examen de la corrección o de esta deducción es de otra manera un problema de la importancia más grande, la solución temprana de la cual debe esperar de astrónomos.

En el segundo lugar nuestro resultado demuestra que, según la teoría general de la relatividad, la ley de la constancia de la velocidad de la luz *en el vacuo,* a que constituye una de las dos asunciones fundamentales en la teoría especial de la relatividad y a cuál nos hemos referido ya con frecuencia, no puede demandar ninguna validez ilimitada. Una curvatura de rayos de la luz puede ocurrir solamente cuando la velocidad de la propagación de la luz varía con la posición. Ahora puede ser que pensemos que como consecuencia de esto, la teoría especial

de la relatividad y con ella la teoría entera de la relatividad sería puesta en el polvo. Pero en realidad éste no es el caso. Podemos concluir solamente que la teoría especial de la relatividad no puede demandar un dominio ilimitado de la validez; su asimiento del resultado solamente siempre y cuando podemos desatender las influencias de campos gravitacionales en los fenómenos (*e.g.* de la luz).
Puesto que ha sido afirmado a menudo por los opositores de la teoría de la relatividad que la teoría especial de la relatividad es derrocada por la teoría general de la relatividad es derrocado por la teoría general de la relatividad, él es quizás recomendable hacer los hechos del caso más claros por medio de una comparación apropiada. Antes del desarrollo de la electrodinámica los leyes de la electrostática y los leyes de la electricidad fueron mirados indistintamente. Sabemos actualmente que los campos eléctricos se pueden derivar correctamente de consideraciones electrostáticas solamente para el caso, que nunca se observa terminantemente, en quienes las masas eléctricas están absolutamente en el resto relativamente el uno al otro, y al sistema del coordinar. ¿Debemos ser justificados en decir eso para esta electrostática de la razón somos derrocados por las campo-ecuaciones de Maxwell en electrodinámica? No en el lo menos. La electrostática se contiene en electrodinámica como caso de limitación; los leyes del último plomo directamente a los del anterior para el caso en el cual los campos son invariables con respecto a tiempo. Ningún destino más justo no se podría asignar a ninguna teoría física, que ése él debe de sí mismo precisar la manera a la introducción de una teoría más comprensiva, en la cual vive encendido como caso de limitación.
En el ejemplo de la transmisión de la luz tratar de, nosotros han visto que la teoría general de la relatividad nos permite derivar teóricamente la influencia de un campo gravitacional en el curso de los procesos naturales, los leyes de los cuales se saben ya cuando un campo gravitacional está ausente. Pero el problema más atractivo, a la solución de que la teoría general de la relatividad provee la llave, se refiere a la investigación de los leyes satisfechos por el campo gravitacional sí mismo. Consideremos esto por un momento.

Nos conocen de los dominios del espacio-tiempo que se comportan (aproximadamente) en una manera de "Galileian" bajo opción conveniente del referencia-cuerpo, *es decir.* dominios en los cuales los campos gravitacionales están ausentes. Si ahora referimos tal dominio a un referencia-cuerpo K' que posee cualquier clase de movimiento, entonces concerniente *a* K' existe un campo gravitacional que sea variable con respecto a espacio y a tiempo. el carácter de este campo por supuesto dependerán del movimiento elegido para K'. Según la teoría general de la relatividad, la ley general del campo gravitacional se debe satisfacer para todos los campos gravitacionales obtenibles de esta manera. Aunque todos los campos gravitacionales se pueden producir de ninguna manera esta manera, con todo de nosotros puede entretener la esperanza que la ley general de la gravitación será derivable de tales campos gravitacionales de una clase especial. Esta

esperanza se ha observado de la manera más hermosa. Pero entre la visión clara de esta meta y de su realización real era necesario superar una dificultad seria, y como éste miente profundamente en la raíz de cosas, me se atreve a no retenerla del lector. Requerimos todavía para ampliar nuestras ideas de la serie continua del espacio-tiempo más lejos.

La serie continua del Espacio-Tiempo de la teoría especial de la relatividad considerada como serie continua euclidiana

Ahora está en una posición para formular más exactamente la idea de Minkowski,. De acuerdo con la teoría especial de la relatividad, segura coordine los sistemas se dan la preferencia por la descripción del cuadridimensional, serie continua del espacio-tiempo. Llamamos éstos "Galileian coordinamos sistemas." Para estos sistemas, los cuatro coordina *x, y, z, t,* que determinan un acontecimiento o -- en otras palabras -- un punto de la serie continua cuadridimensional, se definen físicamente de una manera simple, según lo dispuesto detalladamente en la primera parte de este libro. Para la transición a partir de un sistema de Galileian a otro, que se está moviendo uniformemente referente al primer, las ecuaciones de la transformación de Lorentz son válidas. Este forma pasada la base para la derivación de deducciones de la teoría especial de la relatividad, y en sí mismos no son nada más que la expresión de la validez universal de la ley de la transmisión de la luz para todos los sistemas de Galileian de la referencia.

Minkowski encontró que las transformaciones de Lorentz satisfacen las condiciones simples siguientes. Consideremos dos acontecimientos vecinos, la posición relativa de los cuales en la serie continua cuadridimensional se da con respecto a un referencia-cuerpo de Galileian que *K* por el espacio coordina el dx *de las diferencias, dy, a dz* y a despegue *de la tiempo-diferencia.* Referente a un segundo sistema de Galileian supondremos que las diferencias correspondientes para estos dos acontecimientos son *dx ', dy ', dz ', despegue '*. Entonces estas magnitudes satisfacen siempre la condición.

$$dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2\,dt^2 = dx'^2 + dy'^2 + dz'^2 - c^2\,dt'^2$$

La validez de la transformación de Lorentz sigue de esta condición. Podemos expresar esto como sigue: La magnitud

$ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 -$ despegue ^{2} de c^2

cuál pertenece a dos puntos adyacentes de la serie continua cuadridimensional del espacio-tiempo, tiene el mismo valor para todos los referencia-cuerpos seleccionados (de Galileian). Si substituimos *x, y, z,*

$$\sqrt{-1}$$

ct, por x_1, x_2, x_3, x_4, también obtenemos el resultado eso

$$ds^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^3 + dx_4^2$$

es independiente de la opción del cuerpo de la referencia. Nosotros llamamos la magnitud *ds* la "distancia" aparte dos los acontecimientos o los puntos cuadridimensionales.

Así, si elegimos como tiempo-variable la variable imaginaria

$$\sqrt{-1}$$

ct en vez de la cantidad verdadera *t*, podemos mirar la serie continua del espacio-tiempo -- de acuerdo con la teoría especial de la relatividad -- como serie continua cuadridimensional "euclidiana", un resultado que siga de las consideraciones de la sección precedente.

La serie continua del Espacio-Tiempo de la teoría general de la relatividad no es una serie continua euclidiana

En la primera parte de este libro que debíamos capaces para hacer uso el espacio-tiempo coordina que permitió de una interpretación física simple y directa, y que, se puede mirar como cartesiano cuadridimensional coordina. Esto era posible en base de la ley de la constancia de la velocidad de la luz. Pero, la teoría general de la relatividad no puede conservar esta ley. En el contrario, llegamos el resultado que según esta última teoría la velocidad de la luz debe depender siempre de los coordenadas cuando un campo gravitacional está presente. En la conexión con una ilustración específica, encontramos que la presencia de un campo gravitacional invalida la definición del coordina y el tiempo, que nos condujo a nuestro objetivo en la teoría especial de la relatividad.

En la vista de los resultados de estas consideraciones nos conducen a la convicción que, según el principio general de la relatividad, la serie continua del espacio-tiempo no se puede mirar como euclidiana, pero que aquí tenemos el caso general, correspondiendo a la losa de mármol con variaciones locales de la temperatura, y con cuál hicimos conocido como ejemplo de una serie continua de dos dimensiones. Apenas pues era allí imposible construir un cartesiano coordina el sistema de las barras iguales, tan aquí es imposible acumular un sistema (referencia-cuerpo) de cuerpos rígidos y los relojes, que estarán de tal naturaleza que las medir-barras y los relojes, dispuestos rígido con respecto a uno otro,

indiquen la posición y midan el tiempo directamente. Tal era la esencia de la dificultad con la cual nos enfrentaron en la sección XXIII.

Pero algunas consideraciones nos demuestran la manera de superar esta dificultad. Referimos la serie continua cuadridimensional del espacio-tiempo de una manera arbitraria al gauss coordinamos. Asignamos a cada punto de la serie continua (acontecimiento) cuatro números, x_1, x_2, x_3, x_4 (coordina), que no tienen el lo menos significación física directa, pero respondemos solamente al propósito de numerar los puntos de la serie continua de una manera definida pero arbitraria. Este arreglo incluso no necesita ser de tal clase que debemos mirar x_1, x_2, x_3 como el "espacio" coordina y x_4 mientras que un "rato" coordina.

El lector puede pensar que tal descripción del mundo sería absolutamente inadecuada. ¿Qué significa asignar a un acontecimiento que el detalle coordina x_1, x_2, x_3, x_4, si en sí mismos éstos coordinan no tenga ninguna significación? Una consideración más cuidadosa demuestra, sin embargo, que esta ansiedad es infundada. Deje nos considerar, por ejemplo, un punto material con cualquier clase de movimiento. Si este punto tuviera solamente una existencia momentánea sin la duración, después sería descrito en espacio-tiempo por un solo sistema de valores x_1, x_2, x_3, x_4. Así su existencia permanente se debe caracterizar por un número infinitamente grande de tales sistemas de valores, son los valores del coordinar de que así que cercano junta en cuanto a continuidad de la elasticidad; correspondiendo al punto material, tenemos así línea (unidimensional) de a en la serie continua cuadridimensional. De la misma manera, cualesquiera líneas en nuestra serie continua corresponden a muchos puntos en el movimiento. Las únicas declaraciones que tienen respeto a estos puntos que puedan demandar una existencia física son en realidad las declaraciones sobre su encuentro. En nuestro tratamiento matemático, tal encuentro se expresa en el hecho de que las dos líneas que representan los movimientos de los puntos en la pregunta hacen que un sistema particular de coordine los valores, x_1, x_2, x_3, x_4, en campo común. Después de la consideración madura el lector admitirá sin duda alguna que en realidad tal encuentro constituye la única evidencia real de una naturaleza del tiempo-espacio con la cual satisfagamos en declaraciones físicas.

Cuando describíamos el movimiento de un punto material concerniente a un cuerpo de la referencia, no indicamos nada más que el encuentro de este punto con los puntos particulares del referencia-cuerpo. Podemos también determinar los valores correspondientes del tiempo por la observación del encuentro del cuerpo con los relojes, conjuntamente con la observación del encuentro de las manos de relojes con los puntos particulares en los diales. Es justo iguales en el caso de espacio-medidas por medio de las medir-barras, pues una poca consideración demostrará.

Las declaraciones siguientes sostienen generalmente: Cada descripción física se resuelve en un número de declaraciones, cada uno de las cuales refiere a la coincidencia del espacio-tiempo de dos acontecimientos A y los términos de B. In de gaussian coordina, cada tal declaración es expresada por el acuerdo de sus cuatro coordina x_1, x_2, x_3, x_4. Así en realidad, la descripción de la serie continua del tiempo-espacio por medio del gauss coordina substituye totalmente la descripción por la ayuda de un cuerpo de la referencia, sin el sufrimiento de los defectos del último modo de la descripción; no se ata abajo al carácter euclidiano de la serie continua que tiene que ser representada.

Formulación exacta del principio general de la relatividad

Ahora está en una posición para sustituir la formulación provisional del principio general de la relatividad por una formulación exacta. forma allí utilizar, "todo cuerpo referencia *k, k* ', etc., ser equivalente para descripción natural fenómeno (formulación general ley naturaleza), lo que poder ser su estado movimiento," poder no ser mantener, porque uso rígido referencia-cuerpo, en sentido método seguir en especial teoría relatividad, ser en general no posible en espacio-tiempo descripción. El gauss coordina el sistema tiene que tomar el lugar del cuerpo de la referencia. La declaración siguiente corresponde a la idea fundamental del principio general de la relatividad: "*todos los gaussian coordinan sistemas son esencialmente equivalente para la formulación de los leyes de la naturaleza generales.*"

Podemos indicar este principio general de la relatividad en inmóvil otra forma, que lo rinde con todo más claramente inteligible que está cuando en la forma de la extensión natural del principio especial de la relatividad. Según la teoría especial de la relatividad, las ecuaciones que expresan los leyes de la naturaleza generales pasan sobre en ecuaciones de la misma forma cuando, haciendo uso la transformación de Lorentz, substituimos las variables del espacio-tiempo *x, y, z, t,* del referencia-cuerpo K por el x' *de las variables* del espacio-tiempo, y de a *(Galileian)* ', *z* ', *t* ', de un nuevo referencia-cuerpo *K* '. Según la teoría general de la relatividad, por otra parte, por el uso *de las substituciones arbitrarias* de las variables del gauss x_1, x_2, x_3, x_4, las ecuaciones debe pasar sobre en ecuaciones de la misma forma; para cada transformación (no solamente la transformación de Lorentz) corresponde a la transición de un gauss coordinan el sistema en otro.
Si deseamos adherir a nuestra opinión tridimensional del "viejo-tiempo" de cosas, después podemos caracterizar el desarrollo que está siendo experimentado por la idea fundamental de la teoría general de la relatividad como sigue: La teoría especial de la relatividad tiene referencia a los dominios de Galileian, *es decir.* a los en las cuales ningún campo gravitacional existe. En esta conexión un referencia-cuerpo de Galileian sirve como cuerpo de la referencia, *es decir.* un cuerpo rígido que el estado del movimiento de el cual se elige tan de que la ley de Galileian del

movimiento rectilíneo uniforme "aisló" puntos materiales lleva a cabo relativamente a ella.

Ciertas consideraciones sugieren que refiramos los mismos dominios de Galileian *a los referencia-cuerpos* non-Galileian también. Un campo gravitacional de una clase especial está entonces presente con respecto a estos cuerpos.
En campos gravitacionales no hay cosas tales como cuerpos rígidos con las características euclidianas; así el cuerpo rígido ficticio de la referencia está de ningún provecho en la teoría general de la relatividad. El movimiento de relojes también es influenciado por los campos gravitacionales, y de una manera tal que una definición física del tiempo que se hace directamente con la ayuda de relojes tenga de ninguna manera el mismo grado de plausibilidad que en la teoría especial de la relatividad.

Por esta razón se utilizan los referencia-cuerpos flexibles que en su totalidad están moviendo no sólo de cualquier manera cualesquiera, sino que también sufra las alteraciones en forma *a voluntad.* durante su movimiento. Relojes, para los cuales la ley del movimiento es la clase, al menos irregular, servicio para la definición del tiempo. Tenemos que imaginar cada uno de estos relojes fijados en un punto en el referencia-cuerpo flexible. Estos relojes satisfacen solamente la una condición, de que las "lecturas" que se observan simultáneamente en los relojes adyacentes (en espacio) diferencian de uno a por una cantidad indefinidamente pequeña. Este referencia-cuerpo flexible, que se pudo apropiadamente llamar un "referencia-molusco," está en el equivalente principal a un cuadridimensional gaussian coordina el sistema elegido arbitrariamente. El que da a "molusco" cierto incomprensión con respecto al gauss coordina el sistema es la retención formal (realmente incompetente) de la existencia separada del espacio coordina. Cada punto en el molusco se trata como un espacio-punto, y cada punto material que esté en el resto relativamente a él como en el resto, siempre y cuando el molusco se considera como referencia-cuerpo. El principio general de la relatividad requiere que todos estos moluscos se puedan utilizar como referencia-cuerpos con éxito derecho e igual en la formulación de los leyes de la naturaleza generales; los leyes ellos mismos deben ser absolutamente independientes de la opción del molusco.

La gran energía poseída por el principio general de la relatividad miente en la limitación comprensiva que se impone ante los leyes de la naturaleza en la consecuencia de lo que hemos visto arriba.

La estructura del espacio según la teoría general de la relatividad

De acuerdo con la teoría general de la relatividad, las características geométricas del espacio no es independiente, sino que él es determinado por la materia. Así podemos dibujar conclusiones sobre la estructura geométrica del universo solamente si basamos nuestras consideraciones en el estado de la materia como siendo algo se sabe que. Sabemos por experiencia que, porque elegido convenientemente coordine el sistema, las velocidades de las estrellas somos pequeños con respecto a la velocidad de la transmisión de la luz. Nosotros lata así como una aproximación áspera llega una conclusión en cuanto a la naturaleza del universo en su totalidad, si tratamos la materia como estando en el resto.
Sabemos ya de nuestra discusión anterior de que el comportamiento medir-barras y los relojes es influenciado por los campos gravitacionales, *es decir.* por la distribución de la materia. Esto en sí mismo es suficiente excluir la posibilidad de la validez exacta de la geometría euclidiana en nuestro universo. Pero es concebible que nuestro universo diferencia solamente levemente euclidiano, y esta noción se parece más probable, desde cálculos demuestra que la métrica del espacio circundante es influenciada solamente a un grado excesivamente pequeño por las masas incluso de la magnitud de nuestro sol. Puede ser que nos imaginemos que, en lo que concierne a geometría, nuestro universo se comporta análogo a una superficie que se curve irregular en sus piezas individuales, pero que en ninguna parte sale apreciable de un plano: algo tiene gusto de la superficie ondulada de un lago. Tal universo se pudo fittingly llamar un universo cuasi-Euclidiano. En lo que concierne a su espacio sería infinito. Pero el cálculo demuestra que en un universo cuasi-Euclidiano la densidad media de la materia sería necesariamente *nada.* Así tal universo no se podía habitar por la materia por todas partes.
Si debemos tener en el universo una densidad media de la materia que diferencia a partir de la cero, no obstante es pequeña puede ser esa diferencia, después el universo no puede ser cuasi-Euclidiano. En el contrario, los resultados del cálculo indican que si la materia se distribuya uniformemente, el universo sería necesariamente esférico (o elíptico). Puesto que en realidad la distribución detallada de la materia no es uniforme, el universo verdadero se desviará en piezas individuales del esférico, *es decir.* el universo será cuasi-esférico. Pero será necesariamente finito. En hecho, la teoría nos provee de una conexión simple entre la espacio-extensión del universo y de la densidad media de la materia en ella.

Nota 1. Para el "radio" R del universo obtenemos la ecuación

$$R^3 = \frac{2}{\kappa\rho}$$

El uso del sistema de C.G.S. en esta ecuación da es la densidad media de la materia

http://www.bartleby.com/173/

APÉNDICE II

REFLEXIÓN SOBRE LAS FUENTES ACERCA DE LA HISTORIA DE LA CIENCIA Y LA EDUCACIÓN SUPERIOR.

Reflexión sobre la historiografía acerca de historia de la ciencia y la educación superior en México.

Analizaremos brevemente las fuentes encontradas acerca de la historia de la ciencia y tecnología en México.

En el libro Orígenes de la ciencia nacional de Juan José Saldaña, podemos encontrar una serie artículos escritos por diversos investigadores que compilan el saber científico del país desde la época colonial hasta la primera mitad del siglo XIX. Para fines de este estudio, solamente utilizaré el artículo escrito por Saldaña, titulado "Acerca de la Historia de la Ciencia Nacional".

Este artículo intenta darnos un panorama, en primer lugar, de la forma en que la ciencia occidental europea comenzó su expansión desde el siglo XV a otras distintas partes del mundo, que comenzó con el descubrimiento de América, y que no sólo abarco esta zona geográfica dividida en la América española o la América inglesa, sino también regiones como la India o la región del Pacífico a partir del siglo XVII, y la región africana al norte del Sahara en el siglo XIX en un proceso que el autor denomina "mundialización de la ciencia." [1]

El artículo plantea dos formas a partir de las cuales la historiografía de la ciencia ha realizado sus estudios. Cuenta con una bibliografía importante al final del artículo, la cual puede servir para profundizar en este tema; hace un análisis acerca de las dos perspectivas a las que se refiere, puntualizando las cuestiones

[1] SALDAÑA, 1992, p. 10.

que según su punto de vista, le hacen falta a dichas perspectivas historiográficas para que puedan ser consideradas como modelos a seguir.

El artículo titulado "La historia de la ciencia en la enseñanza", fue escrito por Tomas A. Brody, investigador del Instituto de Física de la UNAM.[2]

Este pequeño artículo trata de la forma en que se ha enseñado la historia de la ciencia en nuestro país, y de qué es lo que se entiende como historia de la ciencia. Asimismo, aborda algunas formas en las que puede enfocarse la enseñanza de la ciencia; la necesaria aplicación de la filosofía de la ciencia en la elaboración de los programas de estudio, por medio de los cales se ha de impartir ésta, y una reflexión importante acerca de la ciencia cuya historia se elabora.

El artículo nos da una idea de la forma en que la historia de la ciencia ha sido impartida en las instituciones de enseñanza superior, y la poca importancia que ésta ha tenido para el desarrollo científico.

El siguiente texto se titula "Perspectivas de la historia de la ciencia y la tecnología en México", y corresponde al libro de Elías Trabulse, El círculo roto. Este libro es una compilación de trabajos que versan sobre historia de la ciencia y la tecnología en México; en especial, sobre el desarrollo de las ciencias exactas durante el periodo colonial.

Es un artículo que considera dentro de las diferentes etapas en las que divide a la ciencia mexicana, el desarrollo de las comunidades científicas que se formaron alrededor de las diferentes disciplinas, tales como la astronomía, la

[2] BRODY, 1984, pp. 195-204.

metalurgia o las matemáticas. El marco metodológico que utiliza el autor es bastante fácil de comprender y con base en él podría elaborarse algún trabajo similar, o aun tratar de guiar este estudio tomando en cuenta los factores que él considera para estudiar este tema.

A continuación, encontramos otra obra de Elías Trabulse, y se titula Historia de la ciencia en México. Esta obra comprende algunos de los estudios sobre ciencia en México desde la época prehispánica hasta finales del siglo XIX. Este compendio se encuentra plasmado originalmente en 5 tomos, pero recientemente el autor recopiló los artículos más importantes de su obra en un solo tomo al que considera como una versión abreviada.

El texto aborda los problemas a los que se ha enfrentado la ciencia en México desde la llegada de la ciencia europea. Asimismo, hace referencia a las interrelaciones existentes entre las diversas disciplinas que se desarrollaron desde la época colonial, tales como la botánica y la farmacoterapia, las cuales estuvieron inextricablemente unidas en los siglos XVI al XVIII.[3]

Esta obra proporciona una explicación más esquemática de lo que ha sido la historia de la ciencia en México, divide ésta en tres tipos de mentalidad, y en varias etapas, según el desarrollo social, económico y político que experimentó el país a partir de la introducción de la ciencia europea, pero tomando en cuenta las raíces de la ciencia prehispánica.

[3] TRABULSE, 1994, p. 13.

La investigación científica y tecnológica, de Hugo Aréchiga Urtuzuástegui, aborda de manera un poco complicada, lo que ha sido el desarrollo de la ciencia y la tecnología en México, en el campo de la investigación, durante el siglo XX. Se trata de un libro que no es precisamente de historia de la ciencia y la tecnología, sino de cómo se ha desarrollado ésta, con base en factores sobre todo de tipo económico.

En gran parte la obra aborda los problemas a los que se enfrenta la investigación científica en la actualidad, así como las perspectivas de trabajo a las que pueden aspirar aquellos que se dedican a realizar investigaciones de este tipo.

Historia de la Astronomía en México, es una obra que observa la forma en que se ha desarrollado la astronomía en nuestro país desde sus comienzos, en la época prehispánica, hasta las últimas dos décadas del siglo XX.

El fragmento que nos concierne, corresponde a Bart J. Bok y se titula "Astronomía mexicana, 1930-1950" en el que se analiza la forma en que la astronomía mexicana cobró nuevamente impulso durante las décadas de los años 30 y los años 40, ya que él fue parte del grupo de investigadores astrónomos de este periodo.

En el centenario de Einstein, es una obra que recopila algunos trabajos realizados por científicos muy importantes de nuestro país como Alfonso Mondragón, Marcos Moshinsky, Leopoldo García, Marcos Rosenbaum con motivo

de las celebraciones que tuvieron lugar durante 1979 para conmemorar el centenario del nacimiento del científico más grande del siglo XX, Albert Einstein.

Se trata de un texto científico que analiza las aportaciones que proporcionaron las investigaciones realizadas por Einstein con respecto a la astronomía, a la física, etc. Menciona la forma en que la teoría de la relatividad especial desarrollada por este científico revolucionó los principios de la mecánica clásica, convirtiéndola en lo que posteriormente sería la mecánica cuántica.

Asimismo los diversos autores de los artículos que comprenden la obra hacen varias críticas a algunas de estas teorías. Sin embargo, todos coinciden en el hecho que Albert Einstein ha sido el mejor científico que ha dado el siglo XX, ya que sus estudios y sus grandes aportaciones se dieron no sólo en el ámbito de la física, sino también en la astronomía y éstos han sido de utilidad en otras ciencias tan importantes como la química.

Laura Leticia Mayer Celis escribió una obra titulada Estadística y comunidad científica en México (1826-1848). Entre el infierno de una realidad y el cielo de un imaginario. Es un texto que analiza la situación de las comunidades científicas durante la primera mitad del siglo XIX; entre ellos menciona a aquellos que durante los primeros años de vida independiente realizaron publicaciones en nuestro país y se interesaron por fomentar la divulgación de la ciencia, creando instituciones y sociedades que tuvieran como función el desarrollo de ciencias como las matemáticas y la geografía. La autora, divide en varias etapas la fundación de dichas sociedades, pero lo hace con base en los diversos personajes que intervinieron en la formación de éstas, tales como Tomás Ramón del Moral y

Francisco Ortega, quienes formaban parte del Semanario Político y Literario de México; José Gómez de la Cortina, Manuel Castro o Joaquín Velásquez de León, quienes fueron miembros fundadores del Instituto Nacional de Geografía y Estadística.

Hans Beichenbach, es autor de un texto titulado Objetivos y métodos del conocimiento físico, que analiza las diferentes metodologías por medio de las cuales podemos adquirir el conocimiento científico. Se trata de un texto científico de 1945, por lo que resulta lógico que éstas hayan cambiado sustancialmente de ese entonces a la fecha.

Sin embargo, nos muestra la forma en que se diferenciaba en ese momento el estudio de la física del estudio de las demás ciencias naturales como la biología; a pesar de que ambas tienen como objetivo principal el conocimiento de la naturales, las formas de acceder a éste se constituyen de diferente manera. En primer lugar, el autor marca, en este apartado del texto, dos caminos para delimitar dichas formas; la primera consiste en la diversidad de objetivos de las ciencias; y, el otro, es precisamente la diversidad de métodos que éstas emplean. Principalmente el autor pretende distinguir a la física por el estudio de la naturaleza inanimada, aunque aclara que existen leyes físicas que rigen a toda la naturaleza viva, tales como las leyes de gravedad, entre otras. A pesar del tiempo que ha pasado de la realización de este texto, nos da una idea clara de la diferencia en cuanto al estudio de la física, y de cómo se percibía éste durante la década de 1940.

Jordan Pascual escribió, en 1950, un libro titulado: La física del siglo XX, en el que analiza, de manera muy clara, por lo menos para nosotros los historiadores, teorías como la de la relatividad, que resulta interesante entender de manera elemental para este trabajo, ya que Manuel Sandoval Vallarta realizó algunos estudios relacionados con esta teoría. El fragmento dedicado a la explicación de ésta, es muy interesante y a pesar de haber sido escrito en la primera mitad del siglo XX, nos da una idea concreta de cómo funciona dicha teoría.

Raúl Domínguez Martínez, es autor de una obra titulada Historia de la física nuclear en México, 1933 – 1963. Dicho libro, contempla un estudio minucioso acerca de la forma en que se ha desarrollado la física nuclear en nuestro país, a partir de que se crea dicha subdisciplina de la ciencia a finales de la década de 1930, dentro del marco del desarrollo mismo de la ciencia en este siglo.

Este trabajo nos da como antecedentes, para entender cómo llega la física nuclear a nuestro país, todo un panorama de las condiciones en que se encontraba la ciencia desde principios del siglo XX, en el marco de los acontecimientos políticos y económicos vividos en el país en esos años. Asimismo, nos muestra la importancia que tuvo la Universidad Nacional y todo lo que la rodeó durante la década de 1920, alcanzando su autonomía en el año de 1929. El autor, nos plantea toda la problemática de la Universidad a partir de esta fecha y la relaciona con el desarrollo que siguen las disciplinas científicas dentro de la institución, especialmente la física, que con la creación del Instituto de Física en los años treinta, se convertiría en una de las disciplinas más apoyadas dentro de la institución. Podemos encontrar dentro de esta obra, cuestiones tanto

políticas como económicas importantes para el desarrollo de la física nuclear en México. El periodo de estudio que esta obra comprende va de 1933 a 1963, años en los que se experimentarían los mayores avances en estas disciplinas.

Sir James Jeans, escribió en el año de 1953 un libro titulado Historia de la física, en el cual se muestran los estudios realizados hasta ese momento acerca de la teoría de la relatividad. Se refiere especialmente a los estudios realizados por Albert Einstein para llegar a formular esta teoría. Es un artículo muy pequeño, pero nos explica de una manera clara la perspectiva que se tenía en estos años sobre las teorías científicas.

El último texto que comprende esta parte de nuestro análisis está escrito por John D. Bernal y se titula: La proyección del hombre: historia de la física clásica. Este libro realiza un recuento de lo que ha sido la física desde la época antigua hasta la década de 1960, a través de algunas conferencias dadas en varios congresos en el extranjero, por algunos de los más destacados especialistas en historia de la física. Nos da un panorama más amplio de los acontecimientos que han llevado a la evolución tan asombrosa de la física hasta nuestros días.

Respecto al estudio de la historia de la educación superior en nuestro país, el primer texto al que haremos referencia, no trata precisamente acerca del desarrollo de la educación superior.

Estado, clases sociales y educación en México, escrito por Mary Kay Vaughan, es un libro dedicado a analizar el desarrollo de la educación básica a partir del siglo XIX y hasta la década de 1920; sin embargo, el prefacio de esta obra será útil ya que nos dará una idea de la manera en que se ha realizado la historia de la educación en nuestro país. Nos comenta que algunas historias clásicas realizadas sobre la enseñanza pública tienden a subrayar el papel de la educación en lo que se refiere a integrar la sociedad, incrementar la producción y facilitar la movilidad del individuo, y que los historiadores de la educación en México no son la excepción ya que, han considerado la generalización de la enseñanza pública como un índice importante de modernización.[4]

Pablo Latapí, por su parte, en su libro titulado Educación y escuela: Lecturas básicas para investigadores de la educación, dedica un apartado a analizar lo que han sido y hacia dónde se dirigen las universidades latinoamericanas y europeas durante este siglo. Este texto nos habla principalmente de la forma en que se ha desarrollado la educación superior en décadas recientes, como ha sido su proceso de masificación tanto en el ámbito público como privado, las crisis que han sufrido en el ámbito académico y hacia las autoridades académicos. Observa cuestiones como el mercado de trabajo para los egresados y las clases sociales a las que pertenecen los miembros de las comunidades estudiantiles.

[4] VAUGHAN, 1982, 7-8.

Este artículo no permite formarnos una idea acerca de la educación superior en México, ya que analiza principalmente la situación de las universidades europeas, pero si nos da referencias sobre un marco más global de la situación en que se encuentra la educación superior.

Ernesto Meneses Morales analiza el progreso de la educación oficial en los textos que forman la serie: Tendencias educativas oficiales en México. En esta ocasión, los textos referentes al periodo que va de 1821 a 1964 son muy interesantes, ya que nos plantean el desarrollo que tuvo el proyecto educativo en el país a partir de sus comienzos como nación independiente, llegando a los distintos proyectos que cada uno de los presidentes hasta Adolfo López Mateos tuvieron con respecto al rubro de la educación nacional.

En el primer tomo de esta serie, titulado Tendencias educativas oficiales en México, 1821-1911: La problemática de la educación mexicana en el siglo XIX y principios del siglo XX, el autor aborda las cuestiones educativas y la forma de enseñanza desde los tiempos de la ilustración. Analiza la ideología de la ilustración desde Francis Bacon, pasando por distintas modalidades del empirismo y liberalismo, deísmo y ateísmo, marco filosófico del país del cual surgieron las corrientes político-sociales que predominarían durante el siglo XIX. EL fragmento importante, concierne a la educación durante el porfiriato, sobre todo, lo que respecta a la creación de la Escuela Nacional Preparatoria y la nueva ideología educativa llevada a la práctica por Gabino Barreda, sus logros y sus fracasos durante su periodo de injerencia en el ámbito educativo.

El segundo volumen de esta obra, titulado Tendencias educativas oficiales en México, 1911-1934: la problemática de la educación mexicana durante la Revolución y los primeros lustros de la época posrevolucionaria, trata acerca de la forma en que fue considerada y la importancia que tuvo la educación oficial durante el periodo revolucionario; es decir, cómo fue abordada por Adolfo de la Huerta, Venustiano Carranza. La parte que se considera importante dentro de este texto, es la que se refiere a las reformas realizadas a la educación preparatoria y el comienzo de la educación técnica en nuestro país, dentro del periodo de gobierno del Gral. Venustiano Carranza.

De la misma forma, uno de los puntos más importantes que trata el libro es el de la creación de la Secretaría de Educación Pública, a cargo de José Vasconcelos, quien, preocupado por el mejoramiento de la educación básica y por la cultura, aportaría elementos importantes para el desarrollo posterior de esta secretaría.

Finalmente, el tercer tomo de esta serie, lo constituye el texto titulado: Tendencias educativas oficiales en México, 1934-1964: La problemática de la educación mexicana durante el régimen cardenista y los cuatro regímenes subsiguientes, y en él, Meneses Morales aborda algunos de los problemas que enfrentó la educación, durante los las décadas de los 30 hasta el año de 1964. En primer lugar, nos muestra la forma en fue infiltrándose el socialismo en México durante el siglo XIX, hasta llegar al ámbito de la educación, durante el gobierno del general Lázaro Cárdenas. Asimismo, analiza las posturas adoptadas por los sucesivos regímenes en cuanto a la importancia de la enseñanza, no sólo básica,

que se proporcionaba en este país, y la forma en que cada uno de ellos, a través de la Secretaría de Educación Pública, aplicaron diversas políticas para favorecer a ésta.

Salvador Martínez Della Rocca, coordina una obra titulada Educación superior y desarrollo nacional, que plantea la importancia que ha tenido la educación de tipo profesional desde los tiempos de la colonia en México. La parte que nos interesa analizar, es la que se titula "Estado, nación y educación en México: una evaluación necesaria. 1920-1968"

Es un texto que está enfocado a ver desde el punto de vista político, el desarrollo de la educación en México, ya que es, con base en los acontecimientos políticos que analiza, la forma en que el sector educativo se ve envuelto. Nos muestra otra perspectiva de las condiciones en que se encontraba la educación en el país, y sobre todo la educación superior, ya que señala los conflictos suscitados entre la Universidad y el Estado durante los primeros años de la década de 1930.

Rosalío Wences Reza, es autor de un libro titulado La Universidad en la historia de México, texto que trata, en su capítulo dedicado al desarrollo de la educación durante el gobierno del general Lázaro Cárdenas, que se llama "la educación socialista del cardenismo", los problemas a los que tuvo que enfrentarse la recién autónoma UNAM, frente al proyecto educativo propuesto por el gobierno de Cárdenas, que buscaba por medio de reformas a la educación, construir paulatinamente un Estado de tipo socialista. Dentro de este proyecto educativo, estaba presente la creación de una institución de educación superior,

pero en el ámbito de estudios técnicos, lo que daría como resultado la creación del Instituto Politécnico Nacional en 1936.

Víctor Urquidi, en su libro titulado La educación superior; ciencia y tecnología en el desarrollo económico de México, nos habla del proceso que se llevó a cabo en las Escuelas de educación tecnológica durante la década de los años 30, y que llevarían a la creación del Instituto Politécnico Nacional. Posteriormente, nos habla del desarrollo de esta institución durante los gobiernos de Manuel Ávila Camacho y Miguel Alemán Valdés.

El texto puede darnos un panorama de la situación en que se encontraba la educación tecnológica en México y como fue su desarrollo durante el periodo en que el Dr. Sandoval Vallarta estuvo involucrado con ella, tanto como académico como director del IPN.

A continuación, Raúl Domínguez Martínez, en su libro titulado Cincuenta años de ciencia universitaria: una visión retrospectiva, nos habla acerca de los problemas que enfrentó el desarrollo científico en la Universidad Nacional Autónoma de México desde su creación hasta la actualidad. El fragmento que nos interesa estudia los conflictos originados en esta institución en cuanto a su desarrollo científico y académico, entre los años 1933 y 1945. sólo es una recopilación de lo que ha sido el desarrollo del Consejo Nacional de la Educación Superior y la Investigación Científica, por lo que el autor sólo persigue dar un panorama general, sin hacer un análisis realmente histórico.

Tania Sánchez Andrade, en su tesis de licenciatura en relaciones internacionales, titulada Ciencia y revolución: la política de la ciencia y la tecnología del presidente Lázaro Cárdenas 1934-1940, le dedica dos capítulos a la labor del presidente Cárdenas en el ámbito de la educación superior.

Al igual que en los anteriores artículos dedicados a estudiar el período cardenista, el fragmento que la autora dedica a la educación plantea las ideas de poner a la ciencia y a la tecnología al servicio del desarrollo nacional, que se concretan dando lugar a la creación de nuevas instituciones, cuyo objetivo era vincular la investigación científica con la política social y la tecnología a la solución de los problemas definidos por la dirigencia.[5]

Alfonso Rangel Guerra, es autor del libro titulado La educación Superior en México. Se trata de un estudio comparativo, que pretende dar a conocer la forma en que operan a nivel nacional, algunos sistemas de educación superior, sus problemas y las soluciones que se han puesto en operación; la posibilidad de obtener nuevos conocimientos de las experiencias tenidas en otros países, y la identificación de las reglas o normas de gobierno más generales que podrían ser de interés para aquellos que se interesen por la planeación de la educación superior a nivel de sistema.

En su introducción, podemos encontrar datos interesantes que nos muestran datos acerca del establecimiento de las universidades, a partir de los últimos años del siglo XIX y durante gran parte del siglo XX. Sin embargo, dedica

[5] SÁNCHEZ, 1998, 42.

gran parte de la obra al análisis de cuestiones de tipo económico, relacionadas con el establecimiento de varias universidades. También cabe destacar que este trabajo, centra más su atención en la educación superior durante el último cuarto del siglo XX.

María de Ibarrola escribe un libro que lleva por título: La educación superior en México. En éste, autora realiza un análisis de la estructura del sistema de enseñanza superior en México. Es un estudio realizado por el Centro Regional para la Educación Superior en América Latina y el Caribe, por lo que tiene una recopilación bibliográfica importante.

Para finalizar esta parte del análisis, revisaremos el texto de César Benítez, titulado Viva el Poli: seis décadas de presencia del Instituto Politécnico Nacional en la sociedad mexicana 1936-1996.

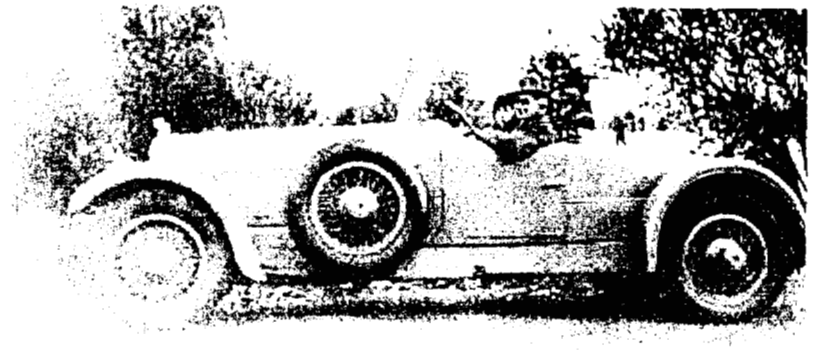
Se trata de una obra que compila la historia del politécnico, desde sus inicios en la década de 1930 hasta 1996, trata de situar los acontecimientos ocurridos en la institución de acuerdo con la situación que experimentaba el país y el mundo. No sólo aborda cuestiones del desarrollo científico del IPN sino que trata de ver la repercusión que tuvo y ha tenido hasta la actualidad su desarrollo dentro de la sociedad, y también en ámbitos culturales, tales como la aparición del Canal 11de televisión o del Centro Cultural Jaime Torres Bodet. Asimismo, contiene entrevistas con importantes miembros de la institución, tanto como académicos como científicos y una lista de los miembros distinguidos y de todos sus directores generales desde su fundación.

APÉNDICE III

FOTOGRAFÍAS DEL DR. MANUEL SANDOVAL VALLARTA.

Foto 1 *El Dr. Manuel Sandoval Vallarta en su juventud. AHCMSV.*

Fotos 2 y 3 *Dr. Manuel Sandoval Vallarta durante su estancia en Berlín. 1927. AHCMSV.*



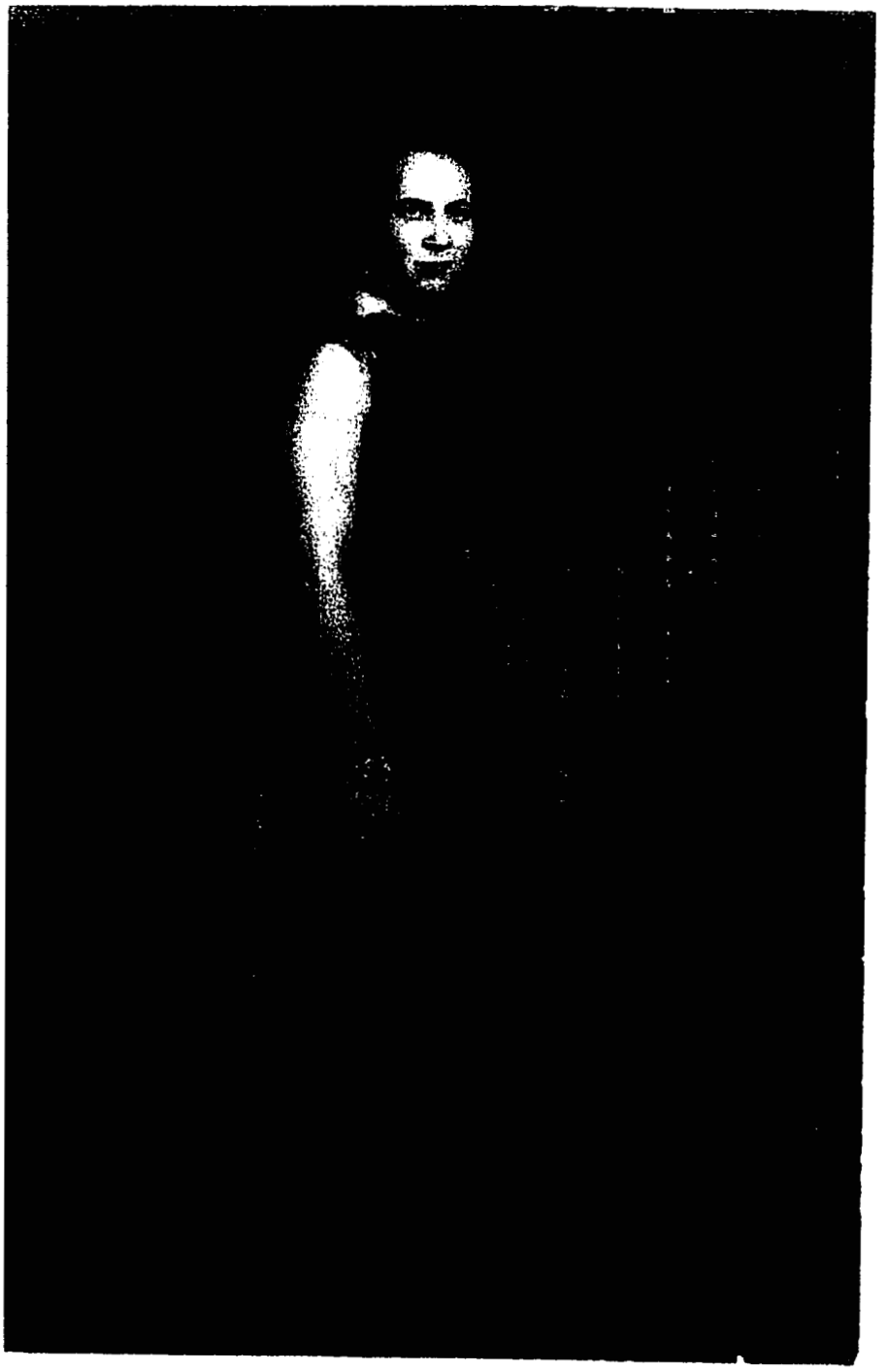


Foto 4 *Sra. Maria Luisa Margain de Sandoval Vallarta. AHCMSV.*

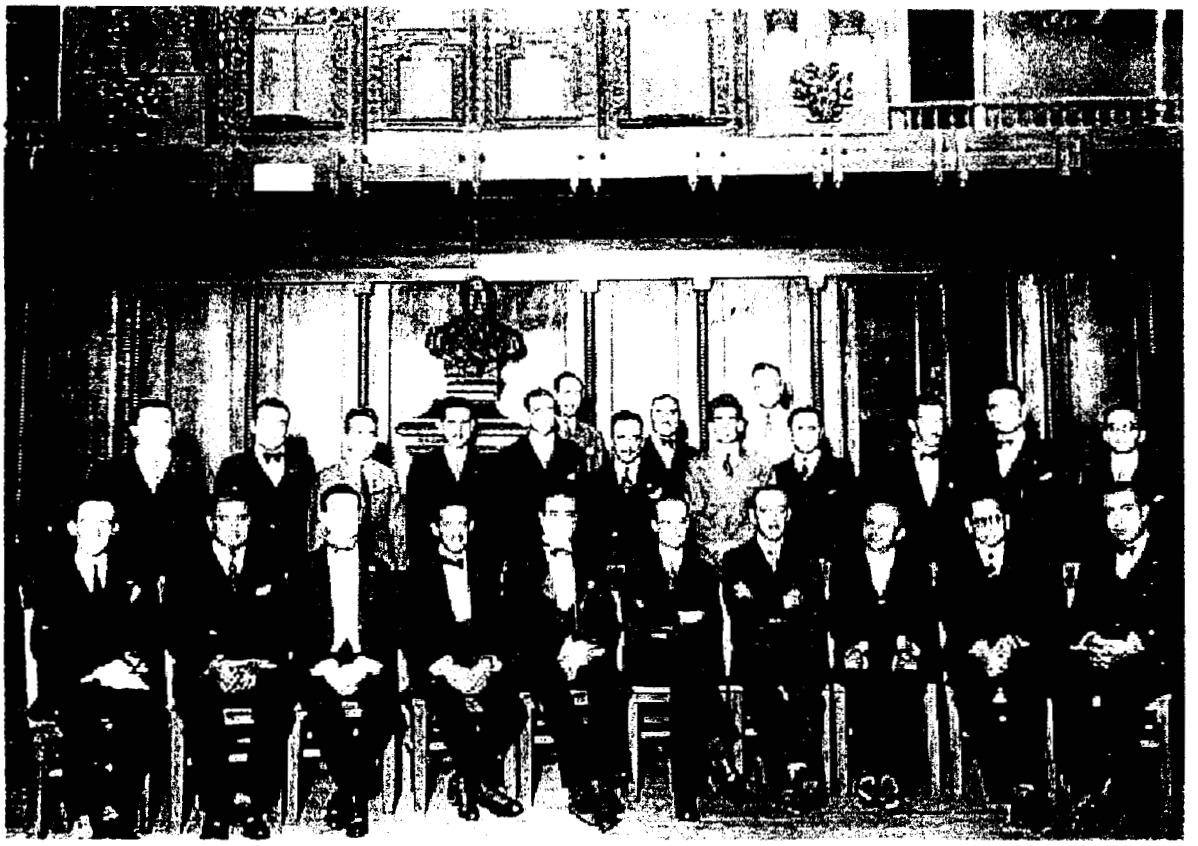


Foto 5 *Inauguración de la 2ª. Convención de Ingenieros Mecánicos Electricistas en el Palacio de Bellas Artes. 17. VIII. 1935. AHCMSV.*

Foto 6 *Develación de pinturas de los miembros desaparecidos del "Colegio Nacional" por el Sr. Lic. Ruiz Cortínez, con la asistencia del Licenciado Ceniceros y el Dr. Sandoval Vallarta. 22. XI. 1953. AHSEP.*

Fotos 7 y 8 *Subsecretario de Educación Pública, Dr. Manuel Sandoval Vallarta recibió visita de cortesía a una misión de maestros americanos. 12. II. 1954. AHSEP.*

Foto 9 *Subsecretario de Educación Pública, Dr. Manuel Sandoval Vallarta recibió visita de cortesía a una misión de maestros americanos. 12. II. 1954. AHSEP.*

Fotos 10 y 11 *Dr. Manuel Sandoval Vallarta es entrevistado por un grupo de becarios por conducto del Departamento de Cooperación Intelectual. 8. III. 1954. AHSEP.*

Fotos 12 y 13 *Entrevista del Profesor Sergio Avilés Parra con el Subsecretario de la SEP, Dr. Manuel Sandoval Vallarta. 22. IV. 1954. AHSEP.*

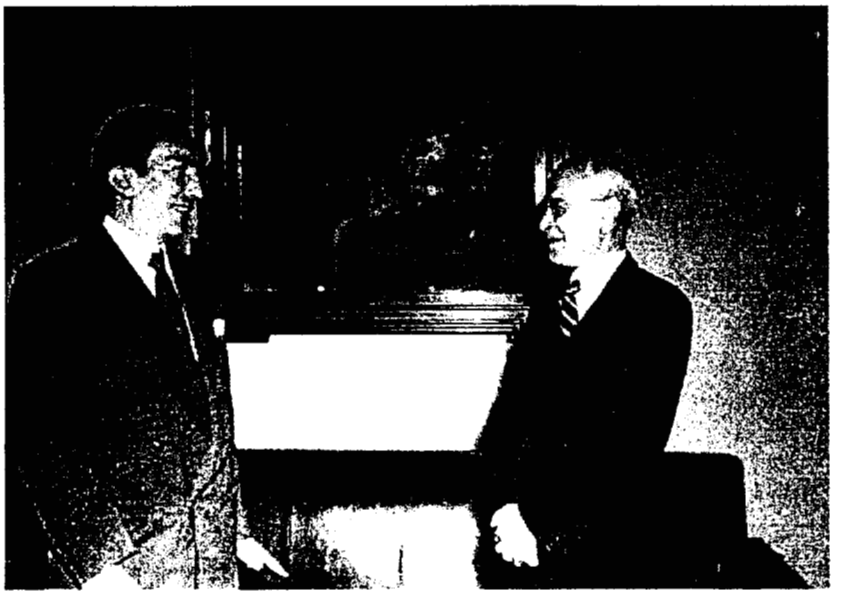


Foto 14 Entrevista del Profesor Sergio Avilés Parra con el Subsecretario de la SEP, Dr. Manuel Sandoval Vallarta. 22. IV. 1954. AHSEP.

Fotos 15 y 16 *Visita al Subsecretario de Educación Pública, Dr. Manuel Sandoval Vallarta de los becados que salen hacia los Estados Unidos. 2. VIII. 1954. AHSEP.*

Fotos 17 y 18 *Visita a unos pedagogos americanos al Subsecretario Dr. Manuel Sandoval Vallarta. 9. VIII. 1954. AHSEP.*

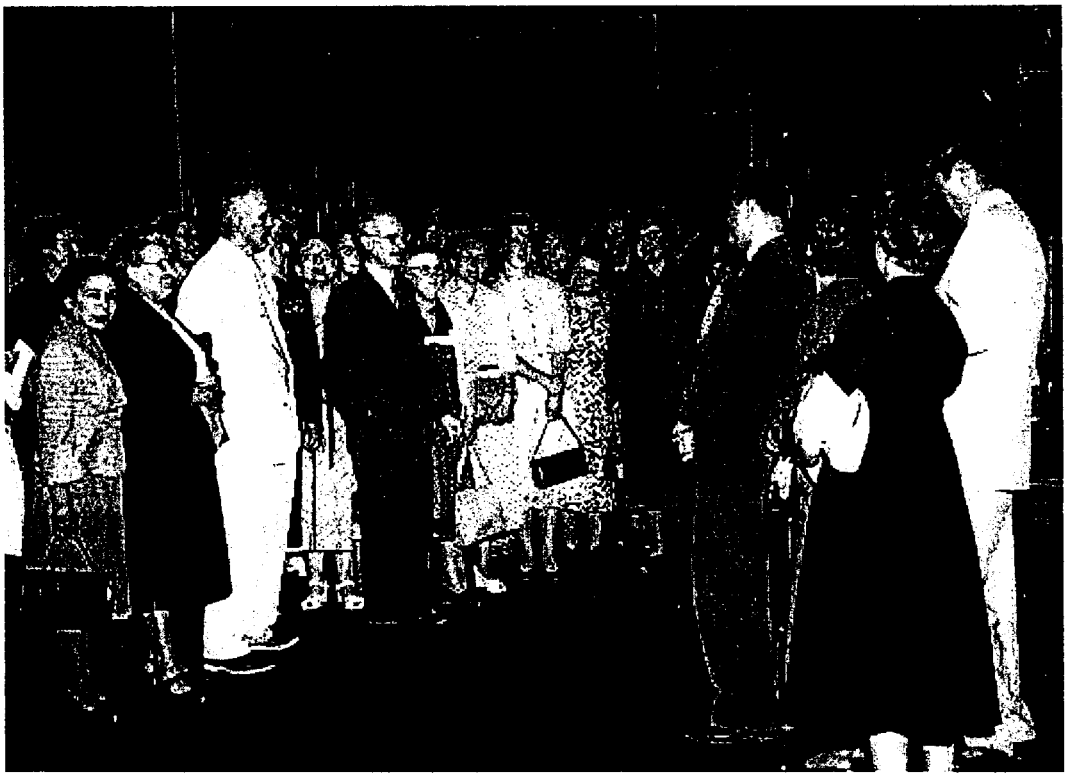
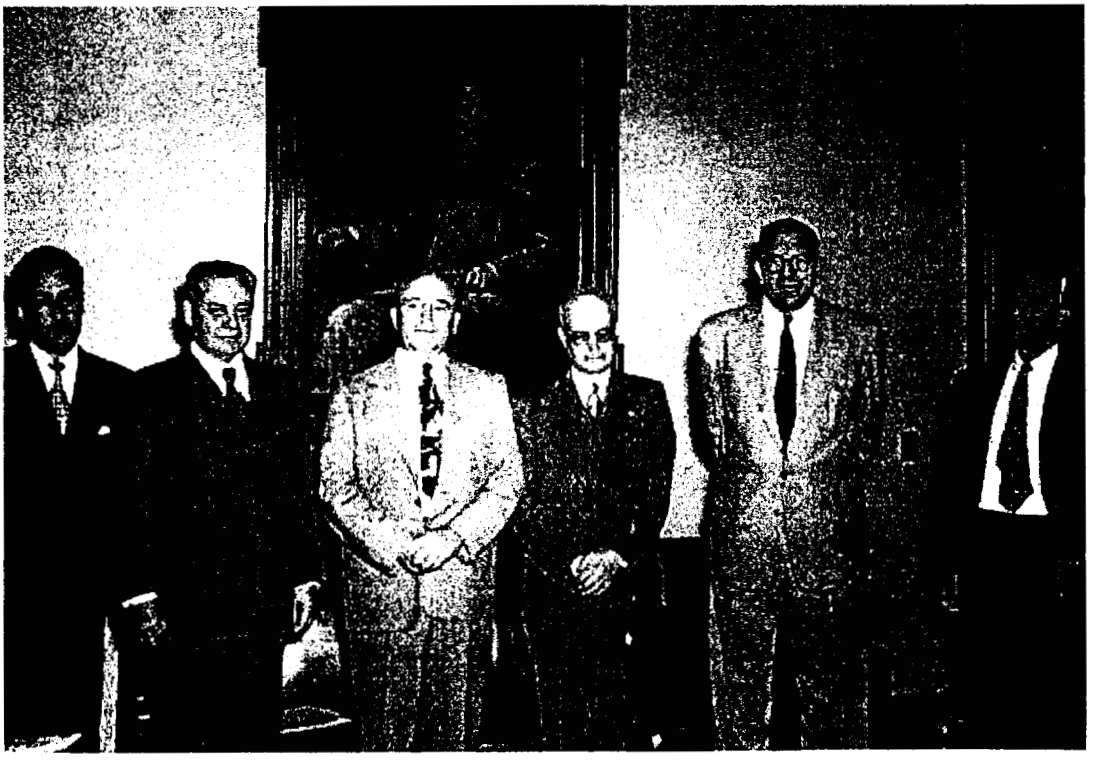


Foto 19 *Visita a unos pedagogos americanos al Subsecretario Dr. Manuel Sandoval Vallarta. 9. VIII. 1954. AHSEP.*

Fotos 20 y 21 *En viaje de estudio, hizo una visita el Dr. Hamdn L. Forkner, catedrático de educación de Columbia, Washington, Estados Unidos al Subsecretario de Educación Dr. Manuel Sandoval Vallarta en su oficina. 23. VIII. 1954. AHSEP.*



Fotos 22 y 23 *Inauguración de la alberca y laboratorios de la Escuela Normal Superior, por el Dr. Manuel Sandoval Vallarta, Subsecretario de Educación Pública. 10. II. 1955. AHSEP.*

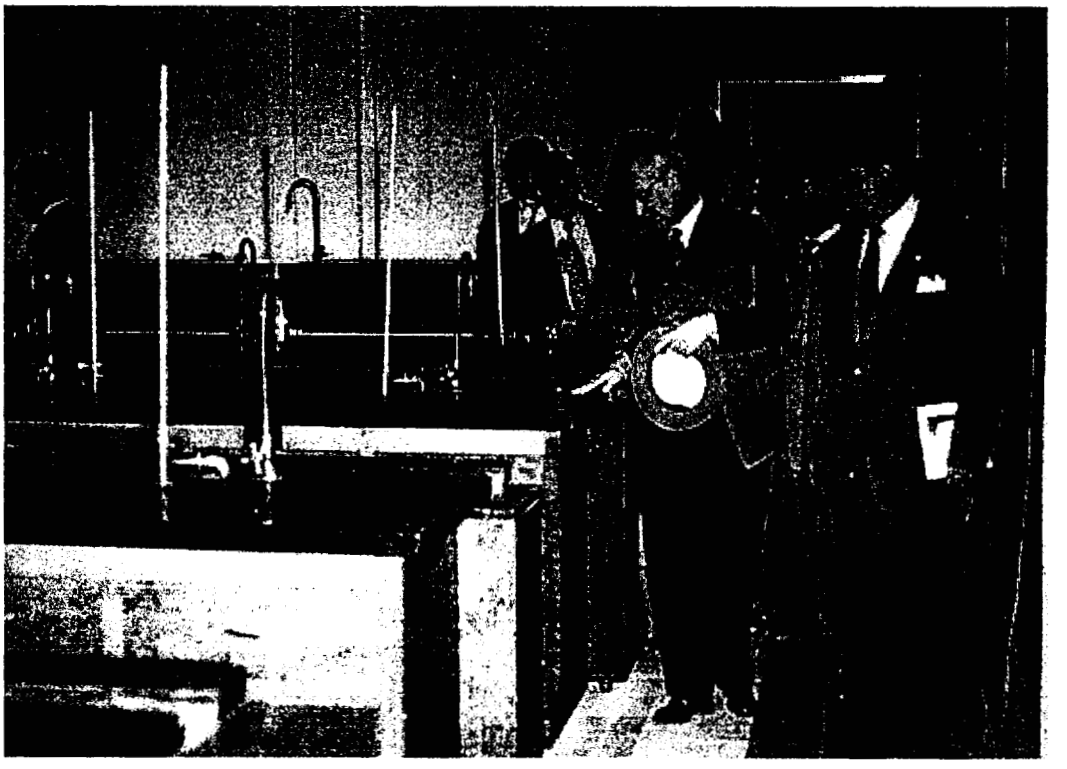


Foto 24 *Inauguración de la alberca y laboratorios de la Escuela Normal Superior, por el Dr. Manuel Sandoval Vallarta, Subsecretario de Educación Pública. 10. II. 1955. AHSEP.*

Foto 25 *Homenaje en memoria del célebre físico Albert Einstein. Este acto fue presidido por el Subsecretario de Educación Pública, Manuel Sandoval Vallarta, Charles Edonard de Bonier, Ministro de Suiza en México, el Dr. Joseph Mossany, Ministro de Israel en México y otras personalidades. Se realizó en el Palacio de Bellas Artes. 9. V. 1955.* AHSEP.

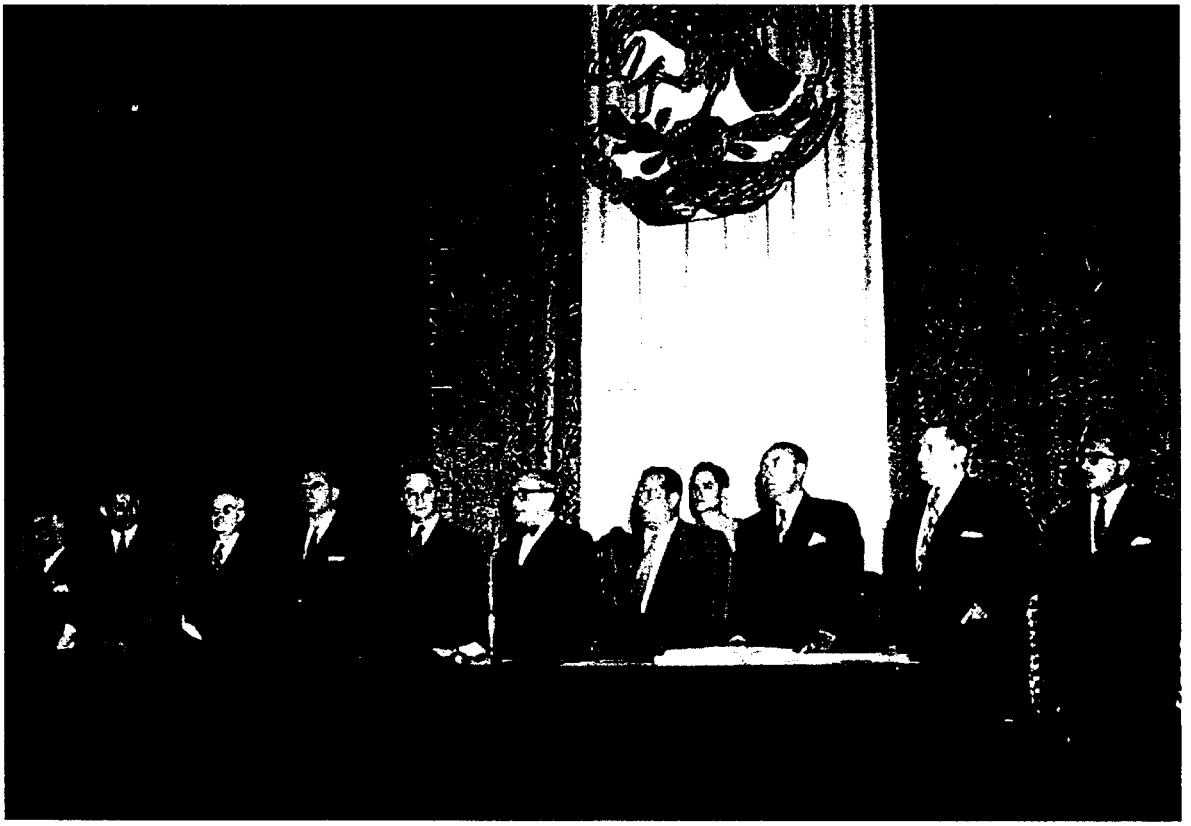


Foto 26 *Festival del día de las madres. Contó con la presencia del C. Presidente de la República Sr. Adolfo Ruiz Cortínez; asistió el C. Secretario de Educación Pública, Lic. José Ángel Ceniceros, el Subsecretario de Educación Pública, Dr. Manuel Sandoval Vallarta y otras personalidades, en el Palacio de bellas Artes. 15. V. 1955. AHSEP.*

***Foto** 27 Dr. Manuel Sandoval Vallarta, subsecretario de Educación Pública, sustentó una conferencia sobre la memoria de Albert Einstein, es el salón de actos de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica . Presidió el acto el Dr. Rodolfo Hernández Congo, Director general del Instituto Politécnico Nacional, el Director de la Escuela Ing. Jorge Bouras y Pérez. 22. VII. 1955. AHSEP.*

Foto 28 *Inauguración de la Junta Nacional de Educación Normal por el C. Presidente de la República Sr. Don Adolfo Ruiz Cortínez, con asistencia del Lic. José Ángel cenicero, el Dr. Manuel Sandoval Vallarta, el Lic. Luis Echeverría, el Prof. José Guadalupe Najera y Dirección General de Educación. 4. X. 1955. AHSEP.*

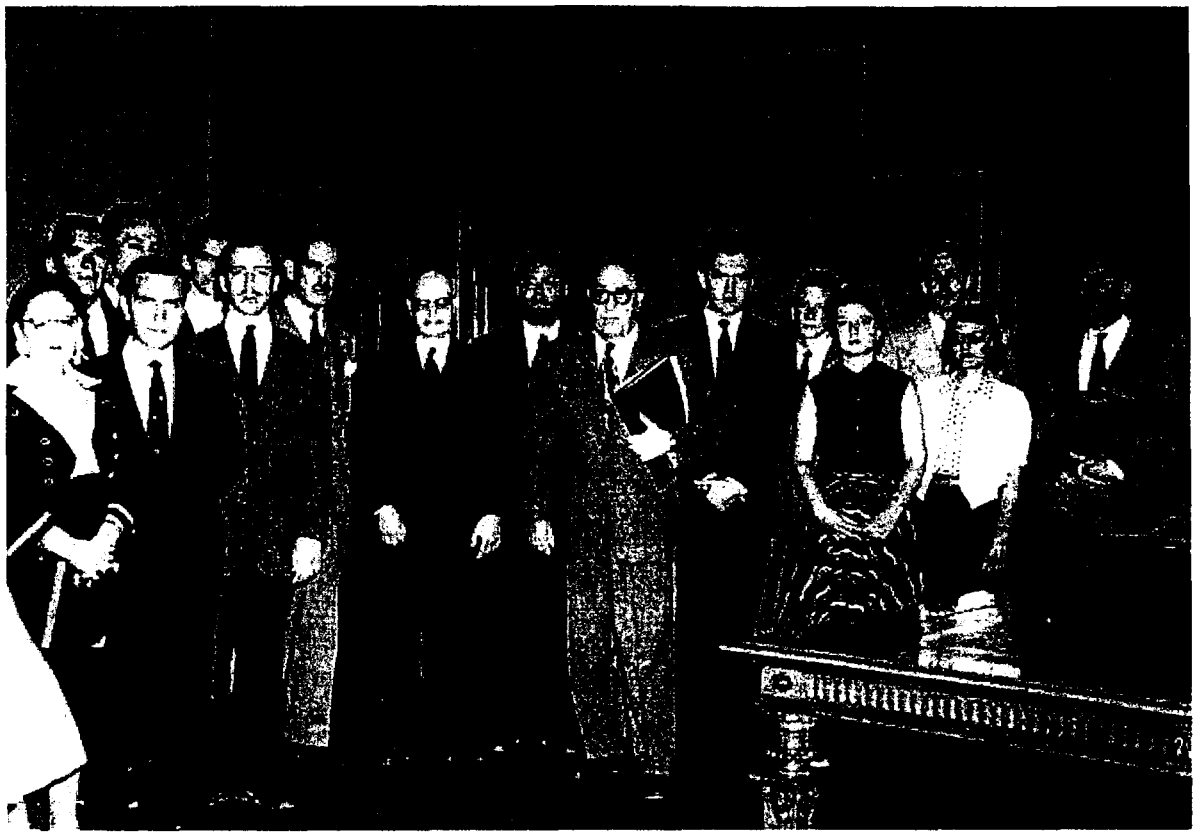


Foto 29 *Presentación de estudiantes estadounidenses becados, para hacer estudios en distintas escuelas superiores del país, presentados por el Dr. Romano Muñoz al Dr. Manuel Sandoval Vallarta. 14. III. 1956. AHSEP.*

Fotos 30 y 31 *Inauguración de la escuela primaria "M. Carasso", por el subsecretario de Educación Pública, Dr. Manuel Sandoval Vallarta y el Prof. Eliseo Bandala. 11. IV. 1956. AHSEP.*

Foto 32 *Inauguración de la escuela primaria "M. Carasso", por el subsecretario de Educación Pública, Dr. Manuel Sandoval Vallarta y el Prof. Eliseo Bandala. 11. IV. 1956. AHSEP.*

Fotos 34 y 35 *Subsecretario, Dr. Manuel Sandoval Vallarta dio posesión al nuevo director y subdirector del IPN, Ing. Alejo Peralta y al Ing. Luis Contreras Bobadilla. 20. VIII. 1956. AHSEP.*

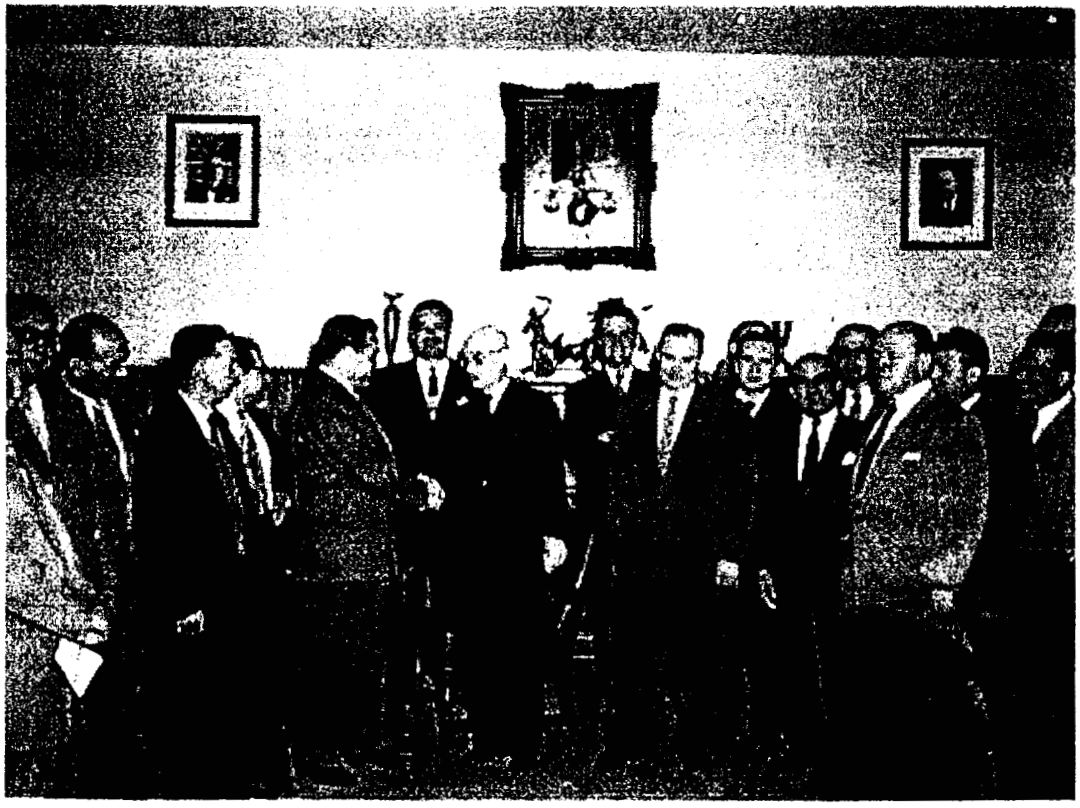
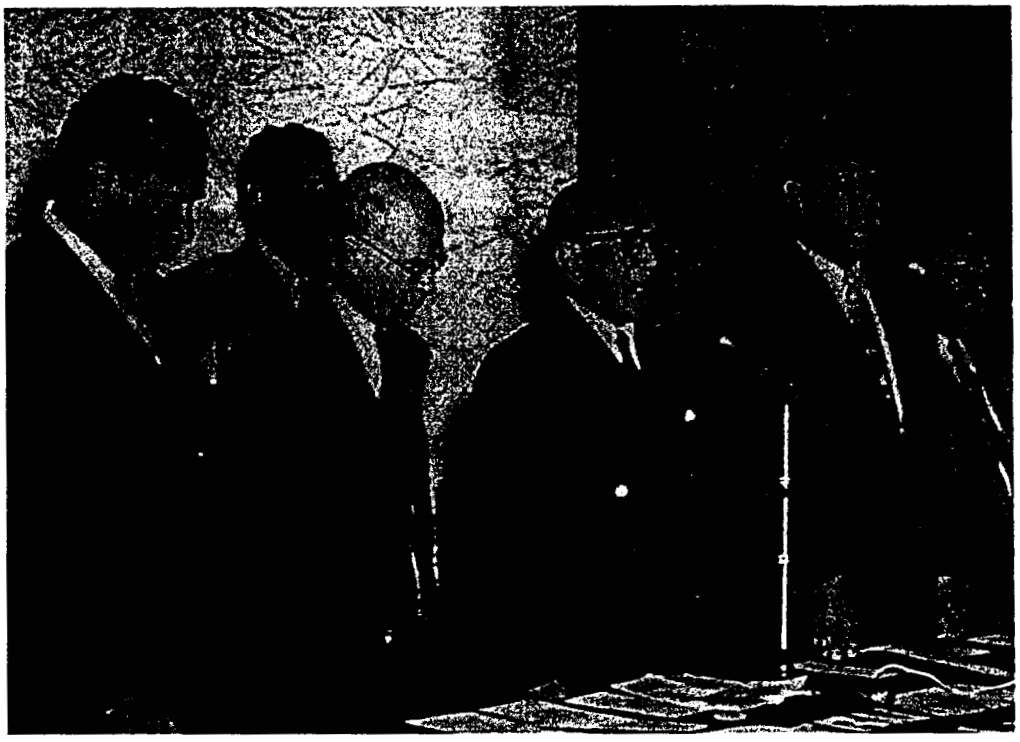
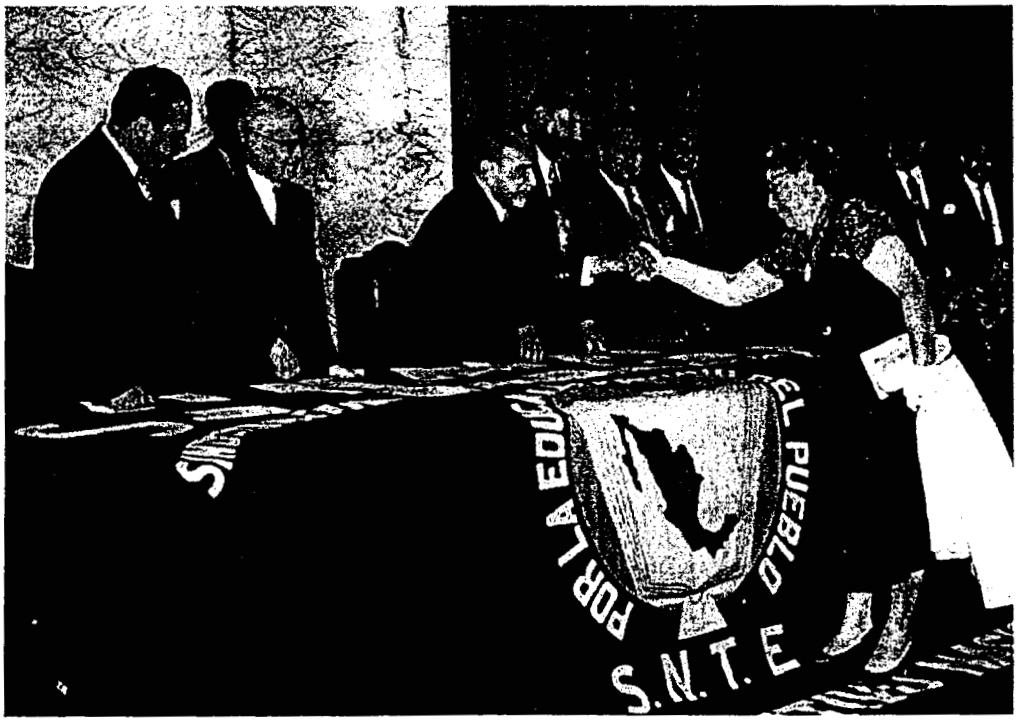


Foto 36 *Ceremonia de entrega de anillos y diplomas a los pasantes de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, a cargo del Dr. Manuel Sandoval Vallarta, Subsecretario de la SEP, en la sala Manuel M. Ponce. 8. XII. 1956. AHSEP.*



Fotos 37 y 38 *En el Palacio de bellas Artes se llevó a cabo un festival con motivo del día del maestro, con asistencia del C. Presidente de la República, Sr. Adolfo Ruiz Cortínez; en representación del C. Secretario de Educación Pública, asistió el DR. Manuel Sandoval Vallarta y autoridades de la SEP y del Sindicato. 15. V. 1958. AHSEP.*



Fotos 39 y 40 *Junta del Patronato del IPN con el Subsecretario de Educación Pública, Dr. Manuel Sandoval Vallarta. Quedó integrado de la siguiente forma: Ing. Enrique Zepeda, presidente del Patronato del IPN y representante de la Secretaría de Educación Pública, Eduardo Philibert, C. P. T. Representante de los Egresados del IPN y Eduardo Victor de la Torre, representante del Patronato de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. 5. VII. 1958. AHSEP.*

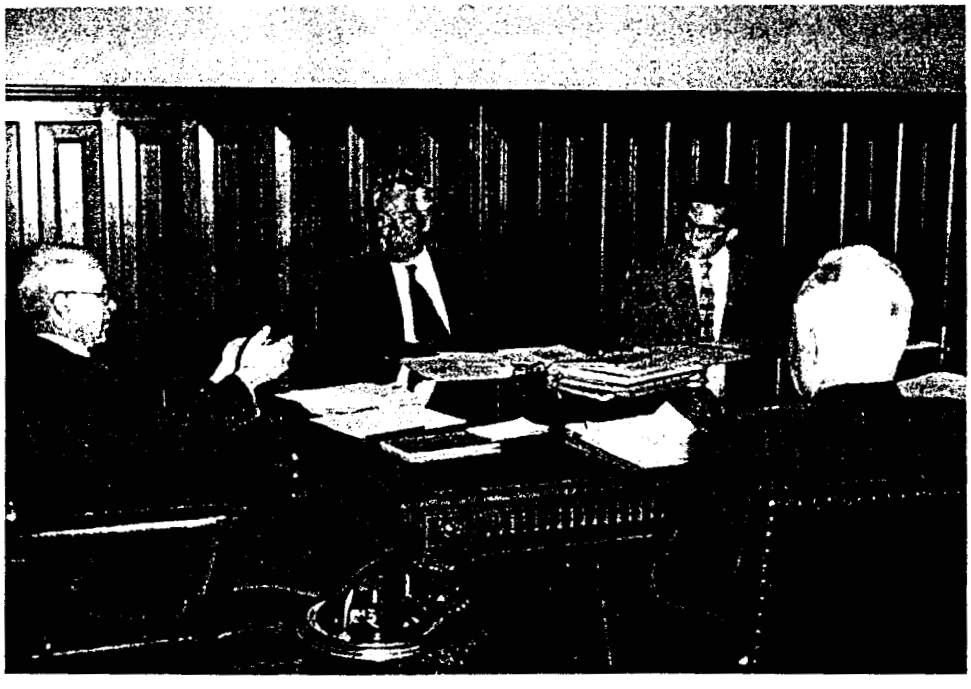


Foto 41 *El Dr. Manuel Sandoval Vallarta y su esposa, la Sra. María Luisa Margain de Sandoval Vallarta. AHCMSV*

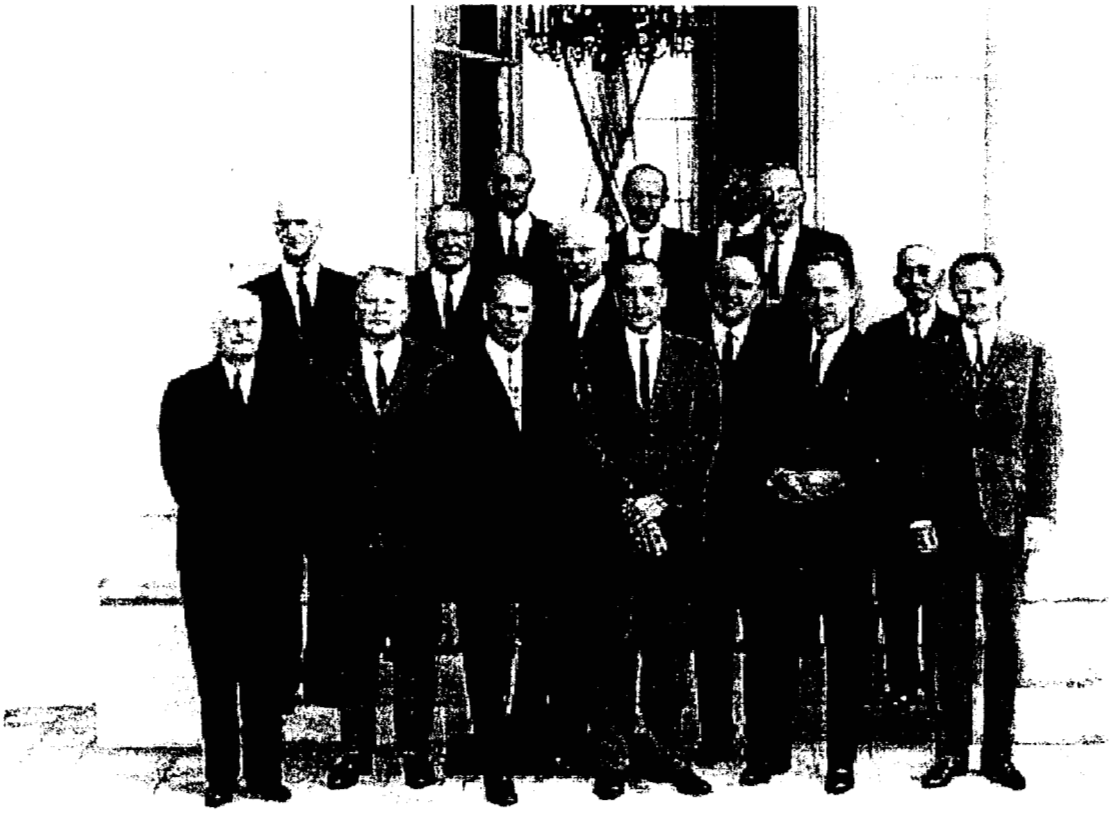


Foto 42 *El Dr. Manuel Sandoval Vallarta en el Comité Internacional de Pesas y Medidas, Francia. 5. X. 1965. AHCMSV.*

Foto 43 *Sra. María Luisa Margain de Sandoval Vallarta, 1985. AHCMSV.*

La *foto 1* del Apéndice III nos muestra al Dr. Sandoval Vallarta durante su juventud. No contamos con la fecha exacta en que esta fotografía fue tomada, sin embargo podemos decir que fue tomada aproximadamente durante los primeros años de la década de 1920, tal vez mientras realizaba sus estudios en el MIT, entre 1921 y 1924.

Las *fotos 2 y 3* del Apéndice III le fueron tomadas al Dr. Manuel Sandoval Vallarta en 1927, en la ciudad de Berlín, Alemania. Durante este año, el Dr. Sandoval, ganó una beca de la Fundación Guggenheim y viajó a Berlín. En estas fotos, lo encontramos acompañado por una señorita, de quien desconocemos su relación con el Dr. Sandoval Vallarta. Lo que sí podemos observar es que el Dr. no dedicaba todo su tiempo al estudio, sino que también gozaba de tiempo para pasear por los alrededores de Berlín, en muy buena compañía.

En la *foto 4* del Apéndice III encontramos a la señora Ma. Luisa Margain de Sandoval Vallarta. No tenemos la fecha exacta en que fue tomada esta fotografía, pero creemos que fue aproximadamente en 1933, año en que contrajo matrimonio con el Dr. Sandoval Vallarta. En esta fotografía podemos confirmar que la señora Margain pertenecía a una familia acaudalada de la ciudad.

En la *foto 5* del Apéndice III, que fue tomada en julio de 1935 en la ciudad de México, durante la Convención de Ingenieros Mecánicos Electricistas, celebrada en el Palacio de Bellas Artes, podemos observar que la presencia del Dr. Sandoval Vallarta en eventos relacionados con la educación superior se vuelve

más frecuentes. Recordemos que no fue sino hasta 1943 que el Dr. Sandoval Vallarta regresa a México para tomar posesión del cargo de Director del IPN. Sin embargo para mediados de la década de 1930, los continuos viajes del Dr. Sandoval a la capital durante el verano, para vacacionar y dar algunos cursos en algunas instituciones tecnológicas, lo llevaron a relacionarse con los alumnos y profesores y ser parte del entorno de dichas instituciones.

En la *foto 6* del Apéndice III, que fue tomada en noviembre de 1953 durante la develación de algunas pinturas de miembros destacados del Colegio Nacional, y a la que el Dr. Sandoval Vallarta acudió acompañando al Lic. Ceniceros, Secretario de Educación Pública, y a la que acudiría el Sr. Presidente de la República, el Lic. Adolfo Ruiz Cortínez, podemos observar la aparición del Dr. Sandoval Vallarta en los actos públicos relacionados con la vida académica del país. Cabe mencionar, que el Dr. Sandoval Vallarta no acudía frecuentemente a este tipo de actos públicos. Esta afirmación, se basa en la escasez de material fotográfico, relacionado con su aparición en actos públicos

Desgraciadamente, no contamos con algunas piezas de material fotográfico obtenidas durante su toma de posesión del cargo como subsecretario de Educación Pública en octubre de 1953, debido a que la fototeca del Archivo Histórico de la SEP, se encuentra en proceso de ordenación y catalogación, por lo que aunque existe más material clasificado, no se haya podido consultar, ya que esas fotografías no se encuentran físicamente disponibles.

Las *fotos 7, 8 y 9* del Apéndice III fueron tomadas al Dr. Sandoval Vallarta en febrero de 1954 durante una visita de cortesía realizada por una misión de maestros norteamericanos al subsecretario de Educación Pública. En esta foto podemos observar cierta simpatía por parte del Dr. Sandoval Vallarta hacia las visitas de extranjeros a nuestro país. Cabe recordar que el Dr. Sandoval realizó la mayor parte de sus estudios en Estados Unidos y Europa, por lo que creemos que él trató, durante sus cargos como director del IPN, Director del Instituto de Física de la UNAM y subsecretario de Educación Pública, trató de impulsar el intercambio de estudiantes y maestros al extranjero, así como el otorgamiento de becas para que los estudiantes mexicanos pudieran realizar estudios en el extranjero. También apoyó a estudiantes que tal vez no necesitaban de recursos económicos para llevar a cabo sus estudios en el extranjero, como Marcos Moshinsky, entre otros importantes científicos mexicanos que pertenecerían a la siguiente generación de destacados investigadores mexicanos y con quienes contamos hasta nuestros días como eminencias en las instituciones de educación superior de nuestro país.

Las *fotos 10 y 11* del Apéndice III, que fueron tomadas al Dr. Manuel Sandoval Vallarta en marzo de 1954 durante una entrevista que concedió a un grupo de becarios, por conducto del Departamento de Cooperación Intelectual, continúa con la temática de las fotografías anteriores, se trata de un grupo de becarios, no sabemos realmente hacia qué universidad fueron becados, pero podemos observar el impulso que el Dr. Sandoval Vallarta le dio a los estudiantes mexicanos para realizar estudios en el extranjeros. Debo aclarar que ésta es sólo una apreciación, ya que no se cuentan con los documentos que puedan

confirmarla, ya que podría no haber sido por su influencia directa o por otros mecanismos que se fomentó la salida de estudiantes mexicanos al extranjero.

En las siguientes fotografías (*fotos 12 a 21* del Apéndice III) podemos observar casi la misma tónica, se trata de fotografías en las cuales, el Dr. Sandoval recibe a alumnos que han sido becados para viajar a los Estados Unidos, a pedagogos y a maestros norteamericanos y europeos, durante los meses de abril julio de 1954. realmente no tenemos mucho que comentar al respecto de estas fotografías, ya que este tipo de fotografías son las que hemos comentado anteriormente. Sin embargo es preciso mencionar a quienes acompañan al Dr. Sandoval Vallarta en estas fotografías.

En las fotos *12, 13 y 14* (22/abril/1954) está acompañado por el profesor Sergio Avilés Parra.

En las fotos *15 y 16* (2/julio/1954) se encontraba acompañado por un grupo de estudiantes que habían sido becados para realizar sus estudios en Estados Unidos.

Las fotos *17, 18 y 19* (9/julio/1954) le fueron tomadas al Dr. Sandoval Vallarta en compañía de un grupo de pedagogos norteamericanos.

Finalmente, en las fotos *20 y 21* (23/julio/1954) el Dr. Sandoval Vallarta se encuentra con el Dr. Hamdn L. Forkner, catedrático de educación de la Universidad de Columbia, Washington, Estados Unidos.

Las fotos *22, 23 y 24* del Apéndice III, tomadas en febrero de 1955, muestran al Dr. Manuel Sandoval Vallarta durante la inauguración de la alberca y laboratorios de la Escuela Normal Superior. El Dr. Sandoval Vallarta se veía

complacido por las nuevas instalaciones con las que contaba desde ese momento la Escuela Normal Superior, lo que proporcionaría a esta institución un mejor aprovechamiento de sus recursos y la posibilidad de realizar actividades deportivas y realizar con mayor eficacia prácticas que requerirían de dicho material y mobiliario.

La *foto 25* del Apéndice III, es, a mi parecer, una de las mejores fotos que hemos podido recaudar del Dr. Sandoval Vallarta. Fue tomada el 9 de mayo de 1955 durante un homenaje en memoria del físico Albert Einstein, realizado en el Palacio de Bellas Artes. Este acto fue precedido por el Dr. Sandoval Vallarta, Charles Edonard de Bonier, ministro de Suiza en México, el Dr. Joseph Massany, ministro de Israel en México, entre otras personalidades. Recordemos que el Dr. Sandoval fue alumno de Albert Einstein durante algunos años, y debatió en años anteriores a su estancia en Berlín, algunas de las teorías más representativas realizadas por el famoso científico. La presencia del Dr. Sandoval Vallarta en dicho homenaje debió haber sido importante para exaltar la figura y las aportaciones hechas por Albert Einstein a la ciencia no sólo del siglo XX sino de los últimos siglos.

La *foto 26* del Apéndice III fue tomada el 15 de mayo de 1955, durante un festival realizado en el Palacio de Bellas Artes, con motivo del día de las madres, al cual acudieron el presidente de la República, Sr. Adolfo Ruiz Cortínez, el Secretario de Educación Pública, Lic. José Ángel Ceniceros, y el Dr. Sandoval Vallarta, como subsecretario de Educación Pública, entre otras personalidades. No sé si la apreciación que yo pueda hacer de esta fotografía y de aquellas en las que el Dr. Sandoval se encuentra en este tipo de actos sea errónea, pero creo que

acudía a ellos por la obligación que le imponía su cargo, más que una verdadera intención de asistir. Además no existe realmente material fotográfico de eventos como éste, por lo que puedo deducir que él prefería mantenerse al margen de ellos, en la medida de lo posible, para dedicarse a otro tipo de actividades relacionadas más con su labor como diplomático o como académico.

La *foto 27* del Apéndice III, tomada el 22 de junio de 1955 durante una conferencia dictada por el Dr. Manuel Sandoval Vallarta sobre la memoria de Albert Einstein, en la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, nos muestra de nueva cuenta a un Dr. Sandoval en su faceta de académico, ya que en esta conferencia vuelve a retomar la figura de Albert Einstein y aporta a la comunidad de la ESIME, creo yo, algunas anécdotas e ideas importantes acerca de la labor de este importante científico.

En la *foto 28* del Apéndice III, tomada en octubre de 1955 vemos al Dr. Sandoval Vallarta, presente en la Inauguración de la Junta nacional de Educación Normal, que fue precedida por el presidente de la República, Sr. D. Adolfo Ruiz Cortínez y a la que asistieron además, el Secretario de Educación Pública, Lic. José Ángel Ceniceros, el Lic. Luis Echeverría y el Profesor José Guadalupe Najera, Director General de Educación. En esta fotografía, así como en otras que hemos mencionado anteriormente, el Dr. Sandoval Vallarta acude a un acto público, como parte de sus obligaciones de subsecretario de Educación Pública, pero no por una verdadera intención de acudir a dichos actos. Mi apreciación, tal vez sea un poco fuera de contexto, pero su rostro muestra cierto desgano, y creo yo, que reafirma el comentario que ha expresado anteriormente.

La foto 29, del Apéndice III, fue tomada en marzo de 1956, durante la presentación de algunos estudiantes norteamericanos que habían sido becados en distintas universidades del país para realizar sus estudios superiores, y quienes fueron presentados a Dr. Sandoval Vallarta. A mi parecer, esta fotografía nos ayuda a sostener una de las hipótesis que se plantea en nuestro trabajo, que se refiere al apoyo que brindó el Dr. Manuel Sandoval Vallarta al intercambio de estudiantes y académicos con el extranjero, claro, pensando en el desarrollo de la investigación científica y el mejoramiento de la educación superior en nuestro país.

Las *fotos 30, 31 y 32* del Apéndice III fueron tomadas en abril de 1956 y presentan al Dr. Sandoval Vallarta y a otros funcionarios en la Inauguración de la escuela primaria "M. Carasso". Estas fotografías, me agradan mucho, sobre todo la foto 31, donde el Dr. Sandoval Vallarta abandera a la directora de la escuela primaria (creemos que es la directora). En general, estas tres fotografías nos muestran al Dr. Manuel Sandoval Vallarta, un poco más amable que en las anteriores, insisto en la foto 31, en el entusiasmo con el que entrega la bandera de México a la directora, en un acto solemne, pero a la vez cálido. Quisiera aclarar que son únicamente apreciaciones mías, que tal vez no aporten ideas importantes a las hipótesis

En la *foto 33* del Apéndice III, tomada en julio de 1956, encontramos al Dr. Sandoval Vallarta en compañía de unos maestros becarios y algunos miembros del personal de los E.U.M

(Ignoro que signifique). Es una foto muy sencilla y denota casi la misma actitud por parte del Dr. Sandoval Vallarta, que en las fotografías anteriormente analizadas.

Las *fotos 34 y 35* del Apéndice III fueron tomadas en julio de 1956, y en ellas, el Dr. Sandoval Vallarta daba posesión al Ing. Alejo peralta y al Ing. Luis Contreras Bobadilla como Director y Subdirector del Instituto Politécnico Nacional. Esta foto pienso que es importante, dentro de este apéndice, ya que nos deja ver, la relación que el Dr. Sandoval mantuvo con el IPN, y el apoyo que le brindó a esta institución desde su cargo como subsecretario de la SEP. No sabemos si él propuso al director y subdirector del IPN, pero sería interesante averiguar si él creía conveniente que el Ing. Peralta fuera designado como la máxima autoridad en el IPN y si él apoyase sus planes para continuar con el desarrollo de la investigación superior.

La *foto 36* del Apéndice III, fue tomada en diciembre de 1956,durante una ceremonia de entrega de diplomas a algunos pasantes de la Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica en la sala Manuel M. Ponce. Podemos observar, que el Dr. Sandoval Vallarta, sigue vinculado estrechamente con el IPN y, esto se hace patente, tanto en cuestiones académicas como sociales.

En las *fotos 37 y 38* del Apéndice III, tomadas en mayo de 1958 en el Palacio de Bellas Artes, el Dr. Sandoval Vallarta acudió a un festival del día del maestro, en representación del Secretario de Educación Pública, junto con el presidente de la república, Sr. Adolfo Ruiz Cortínez y algunas otras autoridades de la SEP y del SNTE. Ésta foto, pertenece al tipo de las que he descrito anteriormente, se trataba de un evento al que el Dr. Sandoval Vallarta acudió en representación del secretario de Educación, como parte de sus funciones como subsecretario, pero sin realmente estar interesado en ese tipo de actos públicos.

Las *fotos 39 y 40* del Apéndice III son, a mi juicio, muy interesantes. Fueron tomadas en junio de 1958, a pocos meses de que el Dr. Sandoval Vallarta dejara el cargo en la Subsecretaría de Educación Pública, en una reunión sostenida entre la Junta del Patronato del Instituto Politécnico Nacional y el Dr. Sandoval. En dicha reunión, podemos suponer que se designó a los nuevos miembros de esta Junta, quedando conformada de la siguiente manera: el Ing. Enrique Zepeda como presidente del Patronato y representante de la Secretaría de Educación Pública; Eduardo Philibert, C. P. T. Como representante de los egresados del Instituto Politécnico Nacional y; Eduardo Víctor de la Torre como representante del Patronato de la Secretaría de Hacienda y Crédito Público. En estas fotografías, podemos ver que el Dr. Sandoval Vallarta, hasta el final de su gestión como subsecretario de Educación Pública, estuvo al tanto y participó de los asuntos importantes relacionados con el IPN, cabe señalar, que el IPN, dependía directamente de La Secretaría de Educación Pública, como en la actualidad, por lo que los asuntos importantes eran tratados con las autoridades de la secretaría. Sin embargo, hemos observado en otras fotografías, que el Dr. Sandoval Vallarta, se interesaba bastante en todo lo relacionado con el desarrollo de IPN. Todas estas apreciaciones, las hago a partir de observar y tratar de analizar el material fotográfico que hemos obtenido, por lo que no puedo hacer afirmaciones acerca de ninguna de las opiniones que hemos he emitido, ya que no cuento con el sustento documental para que éstas tengan validez; no obstante, sería muy interesante profundizar en la investigación de la relación entre el DR. Sandoval Vallarta y el IPN y obtener información certera acerca del apoyo brindado por el científico al desarrollo académico y científico de la institución.

La foto 41 del apéndice III fue tomada en octubre de 1965, en ella, el Dr. Manuel Sandoval Vallarta se encuentra con algunos miembros del Comité Internacional de Pesas y Medidas, en Francia. Después de haber terminado con su gestión en la Subsecretaría de Educación Pública, el Dr. Sandoval, se dedicó por completo a su carrera diplomática y a desarrollarse en las distintas educaciones educativas y científicas a las que pertenecía en el extranjero, una de ellas, precisamente era el Comité Internacional de Pesas y Medidas, del cual fue miembro vitalicio, esto lo observamos, por el hecho de haber sido llamado a este comité en 1977 para resolver algunos asuntos de tipo científico, llamado, al que el Dr. Sandoval no pudo responder debido a su fallecimiento.

Las últimas dos fotografías que comprenden este apéndice son fotos un tanto personales del Dr. Sandoval Vallarta. En la *foto 42*, de la que por desgracia no tenemos una fecha exacta en que haya sido tomada, observamos al Dr. Sandoval con su esposa, la Sra. Ma. Luisa Margain. Esta fotografía, suponemos, fue tomada durante la década de 1970, lo deducimos, por la avanzada edad de ambos. Tal vez fue tomada durante uno de los múltiples viajes que realizaban al extranjero, quizá durante una reunión o algún evento social a los que eran, con frecuencia, invitados. Recordemos que ambos pertenecían a familias renombradas de la época, y, a pesar de que no acudían con frecuencia a reuniones sociales, contaban con amistades de familias de la alta sociedad mexicana. Durante el proceso de ordenación del Archivo Histórico Científico Manuel Sandoval Vallarta, se han encontrado numerosas invitaciones a fiestas y reuniones, así como membresías de clubes, etc. De toda esta información obtenida, podemos deducir que tenían una vida social bastante activa, aunque el Dr. siempre daba prioridad a

sus estudios científicos. Finalmente *la foto 43*, le fue tomada a la Sra. Ma. Luisa Margain de Sandoval Vallarta en 1985. Realmente, no hay mucho que comentar respecto a esta fotografía, sólo la avanzada edad de la Sra. Margain. Desgraciadamente, no sabemos mucho acerca de ella, fue maestra del Instituto Mexicano Norteamericano de Relaciones Culturales, también perteneció al patronato de la Universidad Femenina. Sin embargo, ella estuvo siempre al lado de su esposo desde 1933 que contrajeron matrimonio hasta su muerte en 1977.

Cabe mencionar que la mayoría del material fotográfico presentado en este apéndice, nos fue facilitado por la fototeca del Archivo Histórico de la Secretaría de Educación Pública. Sin embargo, también presentamos algunas fotografías que se han encontrado en el Archivo Histórico Científico Manuel Sandoval Vallarta, esperando, que en estudios posteriores podamos presentar una mayor cantidad de material fotográfico obtenido de este archivo y que esté relacionado con los objetivos de dichos estudios.

APÉNDICE IV
BIOGRAFÍA DE HORST L. STÖRMER.

Horst L. Störmer – Autobiography

I was born on April 6, 1949 in a regional hospital in Frankfurt am Main in Germany. Having the umbilical cord wrapped twice tightly around my neck, my parents' fear for the mental health of their first-born son subsided only gradually.

My forefathers had been farmers, inn-keepers, blacksmiths, carpenters and shop keepers in the region. My mother, an elementary school teacher, and my father, having finished an apprenticeship, had been married during the previous year, shortly after a devastating war. Opening a store for interior decoration in my father's home town of Sprendlingen, they were trying to build an existence and start a family at the same time. Eighteen months later a brother, Heinz, was born without the umbilical complications.

Sprendlingen, today a part of Dreieich, just south of Frankfurt, was a town of some 15,000 inhabitants. I was raised in the circle of an extended family of four uncles and aunts, who, together with my parents, lived in two houses with barns and sheds and the store surrounding a large yard. It was an ideal playground for two boys growing up with their cousins - this group always extended by a horde of friends. Constructing huge sand castles with moats and bridges, cardboard tents from the shop's packing material, building elaborate knight's armour from scrap floor-covering and intricate race tracks for marbles from curtain rails remain fond memories of childhood.

I began kindergarten at age three and was soon after joined by my brother. The kindergarten's seemingly unlimited amount of toy building blocks must have fascinated me and I soon became somewhat of the establishment's chief architect. School, at six, was a happy time, complemented in the afternoons by playing soccer in our yard, roaming about the fields surrounding my home town, and building dozens of detailed cardboard model ships and airplanes from "Ausschneidebögen".

There was never a doubt in my parents' mind that their sons would receive the best possible education. Although none of my forefathers graduated from high school, my parents regarded highly the merits of a good education as a tool for social advancement. In their value system knowledge always ranked above wealth - although not rejecting a possible fortuitous marriage of both. To enter "Gymnasium", at ten, required the passing of a test. I was accepted and from then on commuted for eight years, five km each way, to the "Goethe Gymnasium" in the neighboring town of Neu Isenburg.

Gymnasium was hard. I was not a particularly good student. I loved mathematics and the sciences, but I barely scraped by in German and English and French. Receiving an "F" in either of these subjects always loomed over my head and kept me many a year at the brink of having to repeat a level. Luckily there was "Ausgleich", balancing a bad grade in one subject with a good grade in another. Mathematics and later physics got me through school without repeat performance. I also excelled in sports, particularly in track and field, where I won a school championship in the 50 m dash. But sports could not be used for "Ausgleich".

One of my teachers stood out, Mr. Nick. He taught math and physics. A new teacher, basically straight out of college, young, open, articulate, fun, he represented what teachers could be like. His love and curiosity for the subjects he was teaching was contagious. As 15 or 16 year-olds, we read sections of Feynman's Lecture Notes in Physics in a voluntary afternoon course he offered.

Having mastered wooden building blocks and cardboard models, passed erector sets and toy trains, I had reached the level of "Elektro-Mann" and "Radio-Mann". Dozens of telephones and light boxes to communicate between the sheds at home were designed, constructed, improved, and mercilessly wrecked, possibly foreshadowing my later employment by a communications company. And then, of course, there was chemistry, a subject I did not appreciate in school, but it held the secrets for making explosives. I built a rocket that propelled a modified car of a toy train into the air. After several exhilarating launches, the rocket exploded in my hand and ripped off half my right thumb. I learned an important lesson: a rocket and a bomb differ only in the exhaust. Affecting me somewhat during adolescence, the missing thumb also relieved me from army duty. Today, it is only an unimportant, physical curiosity.

I always wanted to become a physicist. Supposedly, at age six, I had told just that to a technician, who was repairing a TV set in our home. Obviously, I had little clue as to what a physicist did. Nevertheless, the goal persisted all through high school, but suddenly got overthrown during the last

year of "Gymnasium" when an art teacher discovered my talent for design. I passed my baccalaureate with average grades - quite good in the sciences but quite poor in the humanities - and started to study architecture at the Technical High School in Darmstadt, about 20 km south of my home town. Being too late at application time, I had to register for "Lehrfach für Bauwesen", a related subject, that consisted of similar freshmen courses as architecture. I turned out to be very good in making any technical drawing of a bird cage from any requested angle, but very poor in freehand drawing and decided that architecture was not for me. Instead I went on to pursue my true love - physics.

As with architecture in Darmstadt, I was too late for registration in physics at the Goethe University in Frankfurt and took up mathematics instead, transferring to physics the following year. The year was 1968. Student revolts swept the campuses from Berkeley to Berlin. Frankfurt was a major site for riots in the streets and in the lecture halls. For a young student, hardly familiar with university life, largely ignorant of the aim of the different protests, these were uncertain times. Legitimate educational reform requests became confused with larger political issues leading to absurd happenings around campus. Damage was done to the institution of the university and its teaching staff but, at the same time, 1968 marked the beginning of a gradual and rational reform.

Studying physics and mathematics was wonderful. It was a far cry from Gymnasium. I loved the rigor of mathematics. In physics we had fascinating beginners lectures by two descendants of the famous "Pohl School" of Göttingen, Prof. Martienssen and Prof. Queisser. I had joined a group of likeminded students that studied together and hung out in "Café Bauer" for relaxation. Life was good, until I took the "Vordiplom", the major exam in all courses at the end of the fourth semester.

All physics and math exams - some six to eight written or verbal tests - went very well. They went so well, that I thought I needn't study at all for the dreaded verbal chemistry test. With straight "A"s in physics and mathematics, what was the chemistry professor to do but let me pass? I was mistaken and flunked badly, requiring *all* tests to be taken again, six months, later. Thankfully, physics and math professors - some having had experiences of their own with chemistry tests - conspired and promised to maintain my grades in those subjects. It gave me six months, to study nothing but chemistry. I never felt more confident walking into an exam and succeeded getting an "A" in *chemistry.* I had been wary of the field of chemistry throughout high school and during much of my studies. Counting valences and bonds, memorizing dozens of exceptions to the rules and hundreds of arcane compounds never made much sense to me. I came to revise my attitude towards chemistry once I had grasped quantum mechanics and the origin of the chemical bond.

The thesis work for my Diploma - in Germany a required step towards the Ph.D. - was performed in Professor Werner Martienssen's Physical Institute under the supervision of a young assistant professor Eckhardt Hoenig. Professor Hoenig had just returned from the United States, where he had worked on highly-sensitive superconducting detectors, so-called SQUIDS. The aim was to use these new devices to study the magnetic properties of hemoglobin to derive the geometry of its bond with oxygen. It was a time of immense joy paired with intense learning of intricate low-temperature techniques. Hoenig was a wizard in inventing and building sophisticated instrumentation to attack physics questions. Gerd Binnig, who later shared the Nobel Prize for the invention of the Scanning Tunneling Microscope, was another student of a total of four working with Hoenig at this time in the same lab. It is probably coincidental, nevertheless, I believe our education in experimental physics down in this basement of the "Neubau" was second to none and strongly affected our experimental approaches throughout our careers. Hemoglobin did not bow to our instruments, at least over the course of a year, and I quickly performed some measurements on iron impurities in magnesium. I wrote an unimpressive diploma thesis on the magnetic anisotrophy of their susceptibility and received the necessary license to start with a Ph. D. thesis.

At this time, my horizon unexpectedly widened. It had never occurred to me, nor to many of my town's youngsters, to go to university anywhere else but Frankfurt or Darmstadt. We went to the closest one and lived at home, where our families had been based for generations. However, in the fall of 1974, a former student from Frankfurt, Wolfgang Kottler, visited. He had since moved to Grenoble, France, where the Max-Planck-Institute for Solid State Research in Stuttgart was operating a high-magnetic field facility together with the French National Center for Scientific Research, CNRS. He was just finishing his Ph.D. thesis under Professor Hans-Joachim Queisser and was beating the bushes for his own replacement in Grenoble. Initially hesitant to make such a big step, moreover to a foreign country, the mastery of whose language I largely failed in school, I visited Grenoble and asked myself: Why not?

Going to Grenoble was the single most important step in my life. Leaving the familiar surroundings of home, diving into another culture, another language, meeting new people, making new friends was initially frightening, but eventually immensely educational and gratifying. Meeting my wife, Dominique Parchet, in Grenoble certainly added to the city's attractions. Grenoble, at the edge of the Alps, not far from Switzerland was the French Science City. The magnet lab had been established only a few years back. Professor Klaus Dransfeld was the local director. There existed a frontier atmosphere with an exhilarating "can do" sentiment. It was an international place. Many famous scientists passed through and, due to the informality surrounding the lab, even the students were able to meet them on a very personal basis. This was quite different from other, more hierarchically structured research institutes. In a certain sense, students were kings at the magnet lab. They knew all the ins and outs of the magnets and the visiting collaborators were willing to share their scientific knowledge with them in return. It also was there, I first met Daniel Tsui from Bell Labs.

My thesis project was to work on the properties of electron hole droplets in high magnetic fields, a subject that had been proposed by Dieter Bimberg of the magnet lab. I was joined by Rolf Martin, who had just received his Ph.D. from the University of Stuttgart. Together we spent hundreds of immensely enjoyable and very productive research hours - daytime or nighttime - around the colossal magnets. Sharing a French "villa" with Ronald Ranvaud, where many distinguished visitors from abroad were often guests, life revolved totally around science. I finished my thesis in just over two years and received my Ph.D. from the University of Stuttgart, where my thesis advisor, Prof. Queisser, now a director at the Max-Planck-Institute in Stuttgart, held the position of an honorary professor. Instead of the usual dedication, my thesis had started with a cartoon. I learned only recently, that this had been a major cause of irritation and that removal of the cartoon as well as cutting my shoulder-length hair could barely be warded off.

All through my Ph.D. years, Prof. Queisser had urged me to finish my thesis swiftly and move on to the United States. He himself had been in the US, working at Bell Labs and later with Shockley, one of the inventors of the transistor. Bell Labs, the research arm of American Telephone and Telegraph (AT&T), was the "Mecca" of solid state research. Strongly encouraged and supported by my thesis advisor, I had visited Bell Labs and worked with John Hensel on electron hole droplets for several weeks during the spring of 1976. The visit was also intended to make contact with Raymond Dingle of Bell Labs. At the time, he was working on semiconductor quantum wells, an exciting new area of research made possible by the invention of molecular beam epitaxy (MBE) in the late '60s by Alfred Cho, also of Bell Labs. I had heard Dingle speaking on the topic at the 1975 March meeting of the German Physical Society and had decided that *this* was the subject I wanted to pursue. As it turned out Queisser knew Dingle personally and with partial financial support from the Max-Planck-Institute in Stuttgart I was accepted into a consultant position in Venky Narayanamurti's Department, working effectively as a postdoc with Ray Dingle. I moved to Bell Labs in June 1977.

Modulation-doping, the technique to generate ultra-high mobility two-dimensional electron systems, instrumental for practically all of my later research, was conceived about two weeks after my arrival at Bell Labs in a conversation with Ray Dingle. In his office, he had outlined their recent efforts to introduce free carriers into semiconductor superlattices and had sketched the positions of band edges, impurities and electrons on his white-board. It occurred to me that by placing impurities exclusively into the potential barriers, while keeping them out of the potential wells, the scattering of electrons by impurities should be reduced, thus increasing mobilities. It was a casual, almost trivial observation, which, however, turned out to have big impact.

Modifications to the MBE crystal growth instrumentation of Arthur Gossard and his assistant William Wiegmann to allow for such a selective doping were made over the course of a few months, and they demonstrated the anticipated gains in mobilities. Initially, mobilities improved by a mere factor two or three over conventionally doped superlattices, but they have since grown by another factor of ~1000. Loren Pfeiffer and Ken West, both from Bell Labs, have led this effort and have consistently provided the most exquisite samples for research. Much of our experimental success rests on our direct access to their "candy store".

Modulation-doping gained me a permanent position at Bell Labs in the fall 1978, and I was soon joined by my long-time assistant, Kirk Baldwin. With such high-quality material available, many physics experiments - previously conducted on two-dimensional electron systems in silicon - became feasible in gallium arsenide. It also opened the door to many optical experiments on two-dimensional electron

systems, largely performed by Aron Pinczuk and his colleagues at Bell Labs in Holmdel.

At the time, Dan Tsui of Bell Labs was already recognized as one of the world's leading experts on two-dimensional electron systems in silicon. He quickly recognized the potential of the new material for research and invited him on his frequent trips to the MIT Francis Bitter High Magnetic Field Lab in Cambridge, Massachusetts. It was the beginning of a scientific collaboration and personal friendship, which has lasted now for almost 20 years.

The quantum Hall effect, having just been discovered in 1980 by Klaus von Klitzing, was a major topic of our research. Another topic was the electron crystal, which was theoretically predicted to form in very low electron density samples in very high magnetic field. An exceptionally high quality, low electron density specimen had just been fabricated by Art Gossard and Willy Wiegmann. Dan Tsui had succeeded in contacting it electrically, and in October 1981 we took it to the Magnet Lab to look for signs of an electron crystal. What we discovered instead, during the evening of October 6, was the fractional quantum Hall effect.

Since this discovery, many outstanding graduate students (Gregory Boebinger, Robert Willett, Andrew Yeh, Wei Pan), postdocs (Albert Chang, Hong-Wen Jiang, Rui Du, Woowon Kang) and colleagues (James Eisenstein, Peter Berglund) joined us and made discoveries of their own in this fascinating research area. Other postdocs working with me (Edwin Batke, Rick Hall, Joe Spector, Ray Ashoori, and Amir Yacoby) have performed research in neighboring areas, but affected our thinking in lower-dimensional physics in general.

In 1983, I was promoted to head the department for Electronic and Optical Properties of Solids. Administration was a minor chore during those days, and I could continue to pursue my own research, practically full time. They were very exciting and intense research days during which the fractional quantum Hall effect and its implications were established in many laboratories around the world. Theoretical progress was rapid and exhilarating.

In 1991, I was promoted to director of the Physical Research Laboratory, heading some 100 researchers in eight departments in William Brinkman's Physics Research Division at Bell Labs. The time available for my own research dwindled, but I was compensated by becoming exposed to a wide range of exciting research topics. The initial satisfaction faded when the physical sciences at Bell Labs came under strong pressure from management to contract. These were difficult years, not just for me, but much more so for many of my friends and colleagues at Bell Labs. I was reminded of Gymnasium and the power of teachers. With the split-up of AT&T in 1996, the creation of Lucent Technologies, which subsumed Bell Labs, and a change of leadership, the physical sciences at Bell Labs are blossoming again today.

I always had thought of becoming a teacher one day. Being totally immersed in exciting research at Bell Labs, the idea had faded. It was resurfacing. I stepped down from my position in the Summer of 1997 and joined Columbia University in January of 1998 as a Professor of Physics and Applied Physics, while remaining Adjunct Physics Director at Bell Labs, part-time.

From *Les Prix Nobel* 1998.