

## El primer texto formal de óptica de México

M. A. Moreno Corral y E. Luna

*Instituto de Astronomía, Universidad Nacional Autónoma de México, Campus Ensenada,  
Km 103 Carretera Tijuana-Ensenada, Ensenada, 22860 Baja California, México,  
e-mail: mam@astroesen.unam.mx; eala@astroesen.unam.mx*

Received 4 March 2013; accepted 6 May 2013

Se hace una reseña sobre los libros de Óptica utilizados en México desde la época colonial y se discute con amplitud el primer texto mexicano sobre esta disciplina, escrito por el profesor Pedro Carrasco Garrorena, resaltando la modernidad que tuvo cuando fue publicado. También se habla de dicha obra en el contexto del proceso de formación de los primeros físicos mexicanos.

*Descriptor:* Óptica; historia de la física; enseñanza de la óptica.

We present information on the optical books used in Mexico from the colonial period to the middle 20th Century, and discuss the first Mexican text of that discipline, that was written by professor Pedro Carrasco Garrorena. We rebound the modern focus of this book in that time. Is analyzed the contribution of this book in the formation process of the first Mexican students of Physics.

*Keywords:* Optics; history of physics.

PACS: 01.65.+g; 95.90.+v

### 1. Introducción

Diversos documentos muestran que a lo largo del periodo colonial mexicano, hubo en este país personas interesadas en los temas que entonces comprendía la Óptica [1,2]. A través de ellos se sabe que desde el siglo XVI se encontraban en Nueva España textos especializados de esta disciplina, como *La Perspectiva y Especularia* de Euclides<sup>i</sup>, así como los textos *Opticae Tractatus* de Alhazen y el *Opticae Libre Decem* de Vitelo [3]. Al mediar el siglo XVII, la biblioteca de Melchor Pérez de Soto [4] contenía los siguientes textos de esa materia: *Astronomía pars Optica* de Kepler; *Perspectiva Communis* de John Peckman; el texto de Euclides mencionado antes (dos ejemplares), así como el *De radiis visus et lucis in vitrus perspectivis et iride tractatus* de Marco Antonio de Dominis [3]. Junto a este se halló su traducción manuscrita al español, con el título de *Tratado de los rayos de la vista y de la luz y de los vidrios transparentes con que vemos*, que muestra que esas obras en verdad eran leídas por algunos novohispanos, pues nadie se toma la molestia de traducir un texto técnico como esos, solamente para pasar el rato.

En las bibliotecas de novohispanos del siglo XVIII como José Ignacio Bartolache, se han identificado las *Leçons élémentaire d'Optique* de Lacaille (París en 1750) y la *Theoria lucis, opticam, perspectivam, catoptricam, dioptricam completens* de Giovanni Antonio Lecchi (Milán, 1739). Antonio León y Gama tuvo las *Lectiones elementares opticae* de Lacaille (París, 1756), la *Opticks* de Newton, tanto en inglés como en latín. Joaquín Velázquez de León, titular de la cátedra de Astronomía y Matemáticas de la Real y Pontificia Universidad de México [5], adquirió sus conocimientos de estas disciplinas en forma autodidacta; a través de libros europeos llegados a sus manos como las obras de Newton [6]. Fue el primer director del Real Seminario de Minería, la primera institución científica con organización laica que funcionó en

el país [7]. Aunque murió antes que comenzara a operar, su legado se dejó sentir de varias formas; una fue a través del acervo original de la biblioteca, que aún existe en el Palacio de Minería de la Ciudad de México. Entre los libros antiguos conservados en ese lugar, se encuentran los siguientes textos de Óptica: *L'Optique des couleurs* de Louis Bertrand Castel, las obras ya citadas de Lacaille; un ejemplar de la *Optice si-ve de reflexionibus, refractionibus, influxionibus et coloribus lucis* de Newton, así como el *Cours complet d'Optique* de Robert Smith<sup>ii</sup>.

### 2. Primeros intentos de producción local

En 1774 Juan Benito Díaz de Gamarra, profesor del Colegio de San Francisco de Sales de San Miguel Allende, Guanajuato, publicó los *Elementa recentioris philosophiae*<sup>iii</sup>. [8], para uso de sus alumnos de nivel preuniversitario, en dos volúmenes. El segundo lo dedicó a la Física<sup>iv</sup>. En él trató aspectos de la mecánica newtoniana y se ocupó de las investigaciones que entonces se hacían en electricidad. En una docena de páginas trató la Óptica. Ahí discutió la Catóptrica y la Dióptrica. Habló de la visión y las propiedades de la luz y explicó experimentalmente las leyes de reflexión y refracción. Hasta donde se ha podido investigar, este fue el primer escrito donde un novohispano se ocupó de esos temas. En los ejercicios públicos que sus estudiantes realizaban con el nombre de *Academias Filosóficas*, en la Disertación III, el alumno Josef Vicente Cavadas expuso lo correspondiente a la Óptica. Sobre el particular, el profesor le indicó que “Explicase la Luz, i la Reflexion i Refraccion de sus raios. Descripción del Ojo. Explicanse los principales fenómenos de la Visión” [9]. Otra muestra de la trascendencia que tuvieron las enseñanzas de la “nueva física” entre aquellos alumnos, se encuentra en una tesis presentada por José Ignacio Fernández del Rincón en la Real y Pontificia Universidad de México, cuyo

examen se realizó bajo la presidencia de Bartolache. Publicado en latín con el título de *Scholae philosophiae*<sup>v</sup>, siguió de cerca la obra de Díaz de Gamarra, aunque lo hizo en forma abreviada [10], lo que ha permitido que se le traduzca completo al español [11], facilitando su estudio. Al final de esa tesis el autor se ocupó de la Óptica y discutió las propiedades de reflexión y refracción de la luz.

Una obra que muestra una faceta no explorada del proceso de introducción de esa disciplina en la Nueva España, es *La exposición de los elementos de Newton*, escrita en 1791 en la capital del país por el Marqués de Villafonte Moncada, para instruir a su hijo Juan de Moncada [12]. En la dedicatoria escribió: “Yo no sé, si se estudian en este país sus descubrimientos<sup>vi</sup>, y se aprende su filosofía, que supone a los jóvenes instruidos de la geometría a lo menos; pero sí acaso no se conociesen, te dejo una breve exposición de lo que este gran hombre descubrió de la Física”. En la segunda parte del manuscrito se ocupó de la Óptica, primeramente mostrando lo equivocado de las ideas de Descartes y otros pensadores respecto a sus supuestos sobre la naturaleza de la luz, para luego entrar al fenómeno de reflexión (espejos planos, convexos y cóncavos), tal y como lo trató Newton en su *Opticks*. Ahí se ocupó de los telescopios reflectores y dio una explicación geométrica de la visión. Luego discutió sobre perspectiva, para después tratar lo relativo a la refracción, hablando explícitamente de la ley de Snell. El resto lo dedicó al estudio de diferentes fenómenos ópticos como los que originan el arco iris y la descomposición de la luz blanca. En toda su discusión, Villafonte Moncada incluyó diversas ilustraciones para ayudar a comprender lo que explicaba. Algunas de ellas son similares a las utilizadas por Newton en su *Opticks*, lo que hace pensar que no tan sólo conocía esa obra, sino que la tenía a la vista cuando redactó su manuscrito, lo que no es improbable, pues se ha mostrado que dicho texto ya estaba en la Nueva España en aquella época.

### 3. La enseñanza de la Física se institucionaliza en México

El Real Seminario de Minería de la Ciudad de México fue el colegio laico de mayor importancia del México colonial [7,13] y donde los programas de estudio incluyeron desde el principio a las ciencias exactas. A los profesores se les encargó escribir los libros de texto que utilizarían. Ese fue el caso de Francisco Antonio Bataller [14], que fue el primer profesor del curso de Física impartido desde 1792. En esa fecha Bataller inició la redacción de los *Principios de física matemática y experimental* [15], formada por cinco tratados, de los cuales solamente se conocen cuatro [16]. Este texto que quedó manuscrito, dedica el tratado quinto al estudio de la Óptica. Su contenido es como sigue: Capítulo 1. De la Óptica en general (páginas 1-87); Capítulo 2. De la Dióptrica o Refracción de la Luz (páginas 87-259); Capítulo 3. De la Catóptrica o Reflexión de la Luz (páginas 260-330). Además contiene láminas que ilustran esa parte del texto. En esta ins-

titución la física se enseñó con su componente experimental. Desde antes de iniciar los cursos, las autoridades de la escuela tuvieron interés por equipar adecuadamente los laboratorios, haciendo traer de Europa, pero en varios casos mandando construir en México, los aparatos y equipos necesarios para realizar experimentos [17]. Las listas de aquellos instrumentos se conocen y en ellas pueden identificarse los siguientes materiales y equipos relativos a experimentos ópticos: “cuatro lentes de mano de distintos tamaños; seis vidrios planos de distintos colores; cinco microscopios; una lente ustoria; dos anteojos con lentes acromáticas y un telescopio de reflexión, con espejo de dos pies de foco, para adaptarlo a las construcciones newtoniana, gregoriana o de Cassegrain, con micrómetro objetivo”.

Después que México logró su independencia, el Real Seminario de Minería sufrió diversas transformaciones, pero siguió siendo una institución laica de donde egresaron buen número de los ingenieros que el país necesitaba. La solidez de la preparación de esos jóvenes quedó probada muchas veces, cuando enfrentaron con éxito muy diversas tareas técnicas y científicas. Por lo que respecta a sus conocimientos ópticos, existen algunos escritos que muestran que fue buena [18,19], pero en realidad no se puede considerar a ninguno de ellos como especialista en esta materia.

A pesar de los cambios que en aquel periodo hubo en las instituciones educativas del país, la enseñanza de la Física siguió, aunque volvieron a usarse textos extranjeros, fundamentalmente franceses. Sin embargo hubo alguna excepción, como la del libro *Introducción al estudio de la Física*, escrito por Ladislao de la Pascua, cuya primera edición se hizo en la Ciudad de México en 1853.

Al crearse la Escuela Nacional Preparatoria, su programa de estudios señaló explícitamente que en el tercer año debería cursarse Física. El primer profesor preparatoriano de esta materia fue precisamente de la Pascua, quien en la edición de 1876 de su *Introducción al estudio de la Física* [20], incluyó un extenso apéndice de 18 páginas sobre los fenómenos ópticos. Con el subtítulo de *Hipótesis sobre la naturaleza de la luz*, trató los siguientes temas: 1. Dos opiniones han dividido a los físicos sobre la naturaleza de la luz: unos han admitido el sistema de emisión y otros el sistema de las ondulaciones o vibraciones. 2. Fenómenos de interferencia. 3. Franjas producidas por la luz reflejada. 4. Reflexión y refracción (sistema ondulatorio) y 5. Índice de refracción de los cuerpos transparentes. Debe hacerse notar que aquella enseñanza no fue solamente teórica, ya que los alumnos contaron con laboratorios bien equipados y personal especialmente entrenado para atenderlos.

La incorporación de los fundamentos de la Física dentro de nuestro sistema educativo, ocurrió lentamente entre el último tercio del siglo XIX y los primeros años del XX, sobre todo en provincia, pero hay al menos un ejemplo de que el contacto de los mexicanos con esa ciencia y en particular con la Óptica, ocurrió a muy tierna edad. En efecto, en 1908 en la Ciudad de México se imprimió el texto escolar de ciencias para el 4° año de Primaria del sistema educativo del

Estado de Nuevo León, escrito por Pablo Livas. Este texto titulado *Lecciones de Física Infantil* [21], explica a los niños de manera sencilla pero correctamente, las partes de la física clásica, por lo que incluye una sección de tres apartados sobre la Óptica, que son: De la luz; Reflexión de los espejos y Refracción de la luz, ilustrada con dos dibujos; uno explica la refracción de un rayo luminoso al pasar a través de dos medios diferentes y el otro ilustra la descomposición de la luz blanca por un prisma.

#### 4. El contexto entre 1930 y 1940

Durante esta década se hicieron varios intentos para estructurar la enseñanza e investigación en ciencias exactas en la Universidad Nacional Autónoma de México. En la primera etapa de aquellos cambios, la única referencia cierta encontrada sobre impartición de cursos de Óptica, fue en la Facultad de Ciencias e Industrias Químicas, que según el *Anuario* de 1931-1932 [22], ofrecía en el segundo año de las carreras de Ingeniería Química y de Ingeniería Petrolera, el curso de Calor y Óptica impartido por el profesor Augusto Téllez. Aunque por ese tiempo existió la opción de obtener los grados de Maestría y Doctorado en Física en la sección de Ciencias de la Facultad de Filosofía y Letras [23], ningún estudiante optó por ellos. Al mediar los 30, se creó la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas [24]. Entre los cursos que señalaba el Plan de Estudios correspondiente, estaba el curso de Física Acústica y Óptica, impartido por el excelente profesor Efrén Fierro [25]. Tres años más tarde surgió definitivamente la Facultad de Ciencias, en la que la Física tuvo su arranque como carrera profesional [26] y donde los cursos formales de Óptica quedaron incluidos como parte de las materias básicas. Fue en este ambiente académico que esta disciplina inició su largo proceso de consolidación en México.

#### 5. ¡Al fin un libro solamente de Óptica!

En mayo de 1939 llegó a México el Dr. Pedro Carrasco Garrorena, asilado político en nuestro país a la caída de la República Española. Eduardo Piña se ha ocupado de él en un extenso artículo publicado en esta revista [27], por lo que prescindiremos de la información ahí consignada y nos enfocaremos a comentar el libro que el Dr. Carrasco Garrorena escribió en nuestro país sobre Óptica. También puede encontrarse información sobre este científico en diversas publicaciones [28,29]. Durante el segundo semestre de aquel año, Carrasco Garrorena dictó unas lecciones sobre esa materia en la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del Instituto Politécnico Nacional. Como resultado, en febrero de 1940 publicó el libro *Óptica Instrumental* [30]. ¡A menos de un año desde su arribo! Esta obra se convirtió en el primer texto de esta disciplina escrito y publicado en México. En el prólogo el autor indicó que su libro se enfocaba a los alumnos que cursaban la carrera de Ciencias Biológicas, por lo que “no son

lecciones dirigidas a formar técnicos o especialistas en Óptica, ni tampoco a futuros investigadores en la Física teórica. Son tan sólo una herramienta, indispensable hoy para el hombre de laboratorio, que, cultivando variadas especialidades, necesitan conocer y utilizar el instrumental óptico, y utilizar sus fecundos medios de exploración y de medida”. También aclaró que al escribirla, supuso “que el lector sólo posee una cultura matemática elemental y ligeras nociones de Física”.

Para situar su verdadero nivel, se le puede comparar con obras de esa disciplina de la misma época; por ejemplo con el libro clásico usado todavía como texto en 1966 en la Facultad de Ciencias de la UNAM; el Jenkins and White [31], cuya primera edición fue de 1937, pero que sigue vigente en muchos centros educativos estadounidenses, pues ya va en su cuarta edición (2001), con al menos 16 reimpressiones. La principal diferencia entre los índices de ambos libros radica en que el texto estadounidense se escribió para estudiantes de ciencias físicas, por lo que el rigor matemático y la física utilizada son los acostumbrados en los primeros años de esas carreras. La obra de Carrasco Garrorena, sin recurrir a tantas fórmulas matemáticas y mediante explicaciones sencillas y claras del fenómeno que le ocupa, cubre prácticamente los mismos temas. Inclusive los problemas que plantea al final de cada capítulo tienen ese enfoque. Una característica especial que le dio su autor, es la de motivar al lector para continuar con el estudio de los temas con mayor profundidad. Seguramente por el título que le puso, el texto tiene además la particularidad de que al concluir de exponer la teoría del caso, hace referencia a instrumentos que funcionan mediante los principios físicos que se han expuesto. A continuación se hace un resumen de cada capítulo, resaltando en lo posible, las ideas más importantes.

#### 6. El contenido de la *Óptica instrumental*

En el capítulo 1 el autor deja claro que en el estudio de la propagación de luz, es necesario considerar la dualidad ondapartícula, comentando que no se puede explicar la interferencia y polarización cuando sólo se le considera como un flujo de partículas y dice que el fenómeno fotoléctrico y el efecto Compton igualmente no pueden ser correctamente explicados cuando solamente se trata a la luz como ondas. Comenta sobre el fotón considerándolo como una entidad corpuscular, permitiendo asociarle una longitud de onda y frecuencia propia. Menciona a la mecánica ondulatoria y la forma en que diferentes autores introducen el criterio de indeterminación y como la onda adquiere el significado de una probabilidad de acumulación de corpúsculos en zonas correspondientes a los máximos de intensidad. Nuestro autor explica los experimentos clásicos para determinar la velocidad la luz en el vacío. Argumenta sobre como la óptica geométrica se puede construir sobre conceptos de rayo y camino óptico partiendo del principio de Fermat, Geométricamente muestra que para que se cumpla dicho principio, los rayos incidentes, reflejados y transmitidos deben estar en un plano.

En el capítulo 2 Carrasco cubre el tema del movimiento ondulatorio. Comenta que los diferentes colores caracterizados por su longitud de onda, tienen frecuencias de billones de vibración por segundo. En ese contexto explica el uso de unidades adecuadas para su medición y menciona que se podría retardar una cierta onda y la forma para hacerlo produciendo interferencia. Continúa con la reflexión y la refracción de ondas y obtiene la ecuación de Snell. Muestra dos métodos gráficos conocidos para obtener el ángulo de refracción. Discute la manera en que una superficie plana produce imágenes estigmáticas (puntos mapeados en puntos) y como una superficie esférica produce imágenes astigmáticas (manchas en lugar de puntos). Compara estas imágenes con la aberración de esférica y con el astigmatismo y muestra como se producen geoméricamente y la manera en que se manifiestan dichas aberraciones.

En el capítulo 3 trata la emisión y absorción de la luz. Se ocupa de las leyes de Kirchhoff sobre radiación del cuerpo negro. Explica la ley de Stefan, la cual escribe en forma algo diferente a lo acostumbrado, pues la pone como  $E = \delta T^4$ , donde  $\delta = 6 \times 10^{-5}$  ergios por segundo, con  $T = 273^\circ + t^\circ$  centígrados. Comenta que la luz visible es solo una fracción de la radiación total y que un cuerpo negro a una temperatura de  $2000^\circ\text{C}$ , solo radía el 1.7 % como luz visible, mientras que a  $6000^\circ\text{C}$ , alcanza el 50 %. Compara como algunas fuentes lumínicas dan mayor rendimiento con menos temperatura. Ejemplifica señalando que las lamparas de filamento metálico producen entre 4 y 5 % de luz visible, mientras que este valor llega al 45 % en las de arco de mercurio. Explica que cuando crece la temperatura, el máximo de emisión se corre hacia longitudes de onda más cortas de acuerdo a ley de Wien. Establece la relación para la intensidad de la luz y muestra que varía en relación inversa al cuadrado de la distancia a la fuente emisora. Todo esta discusión la enfoca a dos instrumentos; el primero es el fotómetro, instrumento diseñado específicamente para medir la luminosidad de una fuente, comparandola con la de otra de referencia. El otro instrumento descrito en este capítulo es el colorímetro, que sirve para medir concentraciones comparando también con una fuente patrón. Señala que este aparato en muchos casos facilita y supera en rapidez y precisión a los métodos químicos.

Capítulo 4 titulado Catóptrica. En esta parte del libro el autor, trata con las propiedades de espejos planos y su aplicación, que ejemplifica con el sextante; instrumento utilizado para medir la distancia angular entre dos astros, así como altura del Sol sobre el horizonte. Demuestra gráficamente la forma en que se forman las imágenes virtuales en este tipo de espejos y explica que puede introducirse un espejo plano en cualquier sistema óptico sin introducir aberraciones o defectos en las imágenes.

En esta sección del libro comenta las propiedades de los espejos esféricos y trata de la aberración de esfericidad. Argumenta que es mejor usar un espejo parabólico cuando se trate de objetos muy lejanos, y sin mayor preámbulo, inicia el método de trazo de rayos, que él nombra paraxisles, para describir las propiedades óptico-geométricas de estas super-

ficies mostrando el dominio del tema. Explica el uso del esferómetro. Otros dispositivos descritos en esta parte del texto son los siderostatos y heliostatos, lo que muestra su predilección por los instrumentos astronómicos, que no es de extrañar, pues antes de dejar España, fue director de Observatorio Astronómico de Madrid y se encargó de la publicación del *Anuario de Astronomía* [27].

Capítulo 5 titulado Dióptrios planos. Aquí el autor explica la forma en que se refracta la luz en placas planas de diferentes vidrios, comenta y muestra gráficamente el comportamiento de los rayos que inciden sobre estas superficies planas y generaliza estos trazos a medios estratificados. Explica la curva llamada cáustica y la superficie de revolución que genera. Enfatiza sobre la refracción atmosférica y los espejismos y dice bajo que condiciones aparecen estos últimos. Discute que cuando superficies ópticas planas forman prismas, los rayos de luz que inciden sobre ellas tienden a desviarse de acuerdo a la longitud de onda, sufriendo mayormente este efecto aquellos rayos de longitudes más pequeñas. Aprovecha todo esta discusión para comentar como se puede medir el índice de refracción de cualquier vidrio; midiendo el ángulo mínimo de desviación. En general describe los refractómetros.

En el capítulo 6, que tituló Dióptrios esféricos, Carrasco discute y deduce de una manera geométrica sencilla pero elegante, las propiedades de las lentes, su clasificación y obtiene la fórmula conocida como ecuación del fabricante

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{R'} \right)$$

También dedujo la fórmula gaussiana y la de Newton, aplicables en los casos en que se hace necesario construir sistemas ópticos a partir de varios lentes simples. Discute el trazo de rayos sobre las lentes y la utilización de diagramas de manchas, con los que se ocupa de las lentes oftálmicas y de la corrección de la miopía e hipermetropía. Igualmente trata sobre la generación de aberraciones en el caso de objetos fuera del eje óptico, tales como el astigmatismo, la coma, la distorsión y curvatura de campo. Comenta la forma de corregir el astigmatismo en el caso oftálmico, usando lentes cilíndricas a diferente ángulo.

Interferencias y Difracción llamó al capítulo 7. En él discute el experimento de Young y explica el principio de interferencia; habla de los anillos de Newton, estima sus radios y analiza sus causas. Describe tres dispositivos comunes en la literatura especializada, con los que se logra interferir dos haces; el interferómetro de Fabry, el interferómetro de Michelson y el dilatómetro de Fizeau. También se ocupa de la coloración por interferencia en pompas de jabón o en láminas muy delgadas. Ahí menciona que para tener un color puro, es necesario que el espesor de la placa sea del orden de la longitud de onda. En general su estudio de la interferencia lo aplica a los interferómetros, resaltando que pueden ser utilizados para realizar medidas de precisión, como índices de refracción, espesores de materiales, movimientos, etc. Comenta que con los métodos interferométricos se han obte-

nido los patrones internacionales de longitud, expresados en número de longitudes de onda de la línea roja del Cadmio. Discute las ideas básicas de la difracción, apoyado en el principio de Huygens. Se ocupa de la difracción a través de una abertura circular, resaltando el límite de resolución de un sistema óptico. Estudia el caso de la difracción producida por dos rendijas, para generalizarlo al de  $N$  rendijas y al de las rejillas de difracción (rayados ópticos) y determina propiedades como la dispersión, el límite de resolución y el poder de resolución, mostrando su dependencia con el número de rayas contenidas en la unidad de longitud.

En el capítulo 8, Instrumentos ópticos, analiza primeramente los oculares y sus diferentes variedades. La forma de colocarles retículas para hacer medidas. Luego entra al tema del ojo humano y la visión, remarcando los diferentes defectos que pueden aparecer. Habla de la sensibilidad y gran adaptación del ojo a diferencias considerables de iluminación, explicando el *efecto Purkinje*. También se ocupa del posicionado de los objetos y menciona las ventajas de usar dos ojos para percibir el relieve del entorno. Comenta que existen dispositivos binoculares que igualmente pueden reproducir, ya sea por fotografía o en tiempo real, la sensación de relieve. Después continúa con la descripción de microscopios simples y compuestos, en los que una lente pasa a ser todo un sistema óptico (objetivo) e inicia la discusión de la luminosidad de estos elementos, pasando por telescopios, objetivos fotográficos, etc. En el caso de los telescopios, comenta que pueden ser refractores y reflectores y señala que la diferencia entre los terrestres y los astronómicos, es que en el primer caso se tiene un sistema inversor intercalado entre el objetivo y el ocular, con la idea de que las imágenes sean erectas. Toca el tema de los aparatos fotográficos y de proyección, así como las ampliadoras fotográficas y los cinematógrafos.

Capítulo 9, Polarización. Este capítulo trata del otro fenómeno que no pudo explicar la óptica newtoniana cuando sólo se consideraba a la luz desde el punto de vista corpuscular. Aquí Carrasco explica con detalle la polarización, resaltando sus principales propiedades. Enuncia la *ley de Brewster* y se ocupa de los cristales, de sus estructuras atómica y molecular y de su uso como polarizadores. Comenta algunos materiales usados para lograr los efectos de polarización de manera eficiente. Describe instrumentos como los polariscopios y polarímetros y su función para analizar materiales con actividad óptica. En general estos instrumentos estudian el poder rotatorio de cualquier sustancia líquida o sólida disuelta. Se denominan sacarímetros, si fueron hechos para analizar la dosificación de azúcar, glucosa o sacarosa.

Capítulo 10, Análisis espectral. En esta parte del libro, el autor vuelve a mostrar su formación como astrónomo, ya que toca temas centrales de la espectroscopía estelar. Para comenzar explica que los espectros como conjunto disperso de radiación, pueden ser continuos o discretos, presentar líneas o bandas, que pueden deberse a emisión o absorción. Discute claramente este tipo de clasificación. Habla del espectro de la luz solar e identifica las líneas de Fraunhofer por color, longitud de onda y elemento que las produce. Menciona el *efecto*

*Doppler* y explica como determinar el movimiento de la fuente luminosa mediante la conocida relación  $\pm\Delta\lambda = \lambda(v/c)$ . Se ocupa del espectro del cuerpo negro y amplía la información que dio en el capítulo 3 sobre las leyes de Kirchhoff y la ley de Wien, pero en esta sección además habla brevemente de la hipótesis de Planck, explicando que “los cuerpos no irradian energía por un proceso continuo, sino por valores discontinuos, *cuantos* o átomos de energía de valor  $E = h\nu$ ”. Se ocupa de la densidad de radiación emitida a cualquier longitud de onda  $\lambda$ , escribiéndola como

$$e_\lambda = \frac{c_1 \lambda^{-5}}{e^{\frac{c_2}{\lambda T}} - 1}$$

y entra también en detalle sobre las series espectrales del átomo de Hidrógeno como la serie de Balmer. Para encontrarla en este caso usa la ecuación

$$\nu = R \left( \frac{1}{2^2} - \frac{1}{m^2} \right), \quad m = 3, 4, 5, 6 \dots$$

y se ocupa de la de Lyman (ultravioleta), así como las del infrarrojo; Paschen, Brackett y Pfund, dando la fórmula empírica general para todas ellas y el valor de la constante  $R$  de Rydberg. Todo eso lo aprovecha para discutir la estructura atómica en base al estudio de las líneas espectrales, los niveles de energía y los potenciales de ionización. Menciona las reglas de selección y el principio de exclusión de Pauli. Luego proporciona detalle sobre los espectros de rayos X y su aplicación en la medicina, finalmente habla un poco acerca de la difracción de éstos y de los electrones y concluye comentando la utilidad del análisis espectral de los elementos químicos y de sustancias compuestas, que con este tipo de estudios muestran su inconfundible huella de indentificación.

Capítulo 11, Electricidad, luz y materia. En esta última parte trató la relación entre la luz y la materia y explicó el *efecto Zeeman* y discutió brevemente el caso normal y el anómalo. Igualmente se ocupó del *efecto Stark*, señalando que las perturbaciones del campo eléctrico, provocan casi el mismo efecto que Zeeman descubrió, pero que en este caso se trata de un fenómeno de mayor complejidad, pues existen efectos transversal y longitudinal. Se discuten otros fenómenos en los que se involucra luz y materia, tales como el efecto Kerr, Cotton-Mouton, Faraday, Wood, Compton, Raman y el fotoeléctrico. Menciona aplicaciones de todos ellos y concluye ese capítulo mencionando a la Teoría de la Relatividad, donde además de una breve descripción, presenta las ecuaciones de transformación de Lorentz para el espacio y el tiempo.

## 7. Comentarios

Pedro Carrasco Garrorena causó alta como profesor de la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional Autónoma de México, el primero de marzo de 1942, a menos de cuatro años de la fundación definitiva de esa facultad [32]. Desde aquella fecha y hasta 1963 en que se jubiló, fue profesor de Óptica

Geométrica y de Espectroscopía y se encargó del laboratorio de estas disciplinas [27], así que fue maestro de las primeras generaciones de físicos egresados de dicha facultad [33]. En esa labor de más de veinte años, su *Óptica instrumental* fue un excelente auxiliar didáctico. El papel que Carrasco Garrorena jugó como motivador de sus alumnos, ha sido destacado por varios de ellos (por ejemplo en comunicaciones personales de Cornejo A. a Luna E. y de Malacara Hernández, Z. a Moreno-Corral, M. A., ambas del 21 de febrero del 2013), así como en la referencia [27]. De esos estudiantes, algunos llegarían a convertirse en pioneros del desarrollo de la Óptica en nuestro país.

La *Óptica instrumental* es de los primeros libros mexicanos donde se habla, aunque en forma elemental, de temas de física moderna como la Mecánica Cuántica, la estructura atómica y la Teoría de la Relatividad. Otro hecho que hay que resaltar de este libro, es su calidad de impresión, pues aunque fue escrito y armado en pocos meses, contiene ilustraciones claras y sus diagramas ilustran bien lo que se explica en el texto. También debe hacerse notar que todo el desarrollo matemático utilizado, y en especial las ecuaciones, tienen muy buena presentación, lo que es notable para la época en que se publicó, pues la industria editorial mexicana de ese entonces, prácticamente no producía libros científicos con lenguaje

matemático. Aunque es claro que la edición se hizo para que tuviera un precio bajo, pues tiene forro de cartón y se imprimió en papel barato, el Fondo de Cultura Económica que fue la editorial que lo publicó, cuidó bien la calidad.

Desgraciadamente el ejemplo de Carrasco Garrorena no ha arraigado en México, pues la producción de nuestros propios libros de texto para las disciplinas científicas no es frecuente, y aunque existen valiosas excepciones, la enorme mayoría de los textos del área de las ciencias exactas que se utilizan en nuestras escuelas y facultades, son de origen extranjero y no necesariamente acordes a los programas de enseñanza mexicanos. El que en épocas con menos recursos de los que ahora se tienen para la ciencia en nuestra nación, haya sido posible producir libros como el que se ha comentado, debe ser un llamado de atención para la comunidad de físicos mexicanos, que por diversas causas han dejado de interesarse en escribir los textos que deberían utilizar nuestros jóvenes.

## Agradecimientos

Por este conducto queremos agradecer los comentarios hechos por un árbitro anónimo, que sin duda han contribuido a mejorar el presente artículo.

- 
- i. *La Perspectiva y Especularia de Euclides*. Pedro Ambrosio Ouderiz. Madrid, 1585. Entre los inventarios de libros llegados a la Nueva España, se han identificado varios ejemplares de esta obra, así como una edición en italiano.
  - ii. Originalmente publicado en inglés en 1738 con el título de *Compleated System of Optiks in IV Books*. Este texto tiene una sección sobre diseño y fabricación de telescopios, que por muchos años se consideró como el manual más importante sobre ese tema escrito en esa lengua.
  - iii. *Elementos de filosofía moderna*.
  - iv. Véase la antología del segundo volumen, compilada por Carmen Rovira y Carolina Ponce. UNAM. México, 1998. La edición original digitalizada, está disponible en la página electrónica de la Colección Digital de la Universidad Autónoma de Nuevo León.
  - v. *Lecciones de filosofía*.
  - vi. Se refiere a Newton y a su obra científica.
    1. M. A. Moreno Corral, *Elementos* 1 (1986).
    2. M. A. Moreno Corral, E. Luna, *Revista Mexicana de Física E* 57 (2011) 96-101.
    3. M. A. Moreno Corral, *Implantación de la ciencia europea en el México colonial. Siglos XVI y XVII*. (Edición del autor. Enseñada, Baja California, 2004).
    4. M. Romero de Terreros, *Un bibliófilo en el Santo Oficio*. (Librería de Pedro Robredo. México, 1920).
    5. S. Ramírez, *Datos para la historia del Colegio de Minería*. Imprenta del Gobierno Federal en el Ex-Arzbispado. México, 1890.
    6. A. Humboldt, *Ensayo político sobre Nueva España*. 6a edición. (Editorial Porrúa. México, 2002). Véase pp. 81-82.
    7. J. J. Izquierdo, *La primera casa de las ciencias en México. El Real Seminario de Minería (1792-1811)*. (Ediciones Ciencia. México, 1958).
    8. J. B. Díaz de Gamarra, *Elementa recentioris philosophiae*. (México, 1774).
    9. J. B. Díaz de Gamarra, *Academias Filosóficas, que se han de tener públicamente en el Colegio de S. Francisco de Sales*. (México, 1772).
    10. M. A. Moreno Corral, *Revista Mexicana de Física E* 52 (2006) 104-110.
    11. J. I. Fernández del Rincón, *Lecciones de filosofía*. (UNAM. México, 1994).
    12. P. Moncada de Aragón, *Exposición de los elementos de Newton*. Estudio preliminar de María Eugenia Ponce Alcocer. Universidad Iberoamericana, Biblioteca Francisco Xavier Clavigero. México, 2006.
    13. C. Díaz de Ovando, *Los veneros de la ciencia mexicana. Crónica del Real Seminario de Minería (1792-1892)*. (Tres tomos. Facultad de Ingeniería. UNAM. México, 1998).
    14. R. Moreno, Francisco Antonio Bataller, catedrático de Física en el Seminario de Minería. En: *Ensayos de historia de la ciencia y la tecnología en México*. (UNAM. México, 1986).
    15. A. R. Garcíadiego, M. Martínez Reyes, "Francisco Antonio Bataller (1751-1800) y la adaptación de su obra en el Real Seminario de Minería". *Revista Brasileira de História da Matemática* Vol 8, n° 16 (outubro/2008- março/2009). pág. 105-121.

16. R. Moreno, *Catálogo de los manuscritos científicos de la Biblioteca Nacional* (Boletín de Investigaciones Bibliográficas No. 1, enero-junio. UNAM. México, 1969). pp. 61-103.
17. M. A. Moreno Corral, *Bol. Soc. Mex. Fis.* **18-1** (2004) 27-33.
18. F. Jiménez, *El telescopio y su poder amplificador*. (Anales del Ministerio de Fomento, t. III, México, 1877). pp. 115-140.
19. F. Valle, *Prismas Zenitales*. (Oficina Tipográfica de la Secretaría de Fomento. México, 1895).
20. L. Pascua de la, *Introducción al estudio de la Física*. (Imprenta de la V. e hijos de Munguía. México, 1876).
21. P. Livas, *Lecciones de Física Infantil*. (Herrero Hermanos, Sucesores. México, 1908).
22. *Anuario 1931-1932*. (Universidad Nacional Autónoma de México, México, 1931) pp. 41-57.
23. H. Cruz Manjarrez, *El desarrollo de la física en México*. (Anaya Editores, S. A. México, 1996).
24. *Organización, Planes y Programas de Estudio de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional de México*. (UNAM, 1935. Ed. facsimilar Prensas de Ciencias, México, 1991).
25. M. A. Moreno Corral, M. G. López Molina, *Bol. Soc. Mex. Fis.* (2007) 21-4.
26. A. Baños, *La Misión del Instituto de Física de la Universidad Nacional de México*. (Revista de Estudios Universitarios, septiembre-diciembre. UNAM. México, 1940). pp. 579-586.
27. E. Piña, *Rev. Mex. Fis. E* **54** (2) 226-233.
28. J. M. Vaquero Martínez, J. M. Cobos Bueno, “*Pedro Carrasco Garrorena (1883-1966): una aproximación a su biografía*”. *LLUIL*, **24** (2001) 201-215.
29. M. T. Gutiérrez de MacGregor, “Aportes de Pedro Carrasco Garrorena, científico y educador exiliado en México”. En: *Los Científicos del Exilio Español en México*. (UMSNH, México, 2001).
30. P. Carrasco, *Optica Instrumental* (La Casa de España en México Fondo de Cultura Económica. México, 1940).
31. F. A. Jenkis, y H. E. White, *Fundamentals of Optics* (MacGraw-Hill Book Company, Inc. New York, 1957).
32. J. M. Lozano Mejía, “*Génesis de la Facultad de Ciencias*”. (Facultad de Ciencias, UNAM). <http://www.fciencias.unam.mx/nosotros/historia/>
33. A. Cornejo, *Boletín de la Academia Mexicana de Óptica* **2** (1990) 8-11.