



DAROM
REVISTA DE
ESTUDIOS JUDÍOS

Darom, Revista de Estudios Judíos

www.institutodarom.es/revista

ISSN 2659-8272. Número 2. 2020

Depósito Legal: GR 1093 2019

institutodarom@gmail.com

Granada. España

LAS MATEMÁTICAS DE YĔHUDAH BEN SOLOMON E YIṢĦAQ BEN SID EN
LA CORTE DE ALFONSO X *EL SABIO*
YĔhudah ben Solomon and YiṣĦaq ben Sid's Mathematics at Alphonsus X
the Wise's Court

AMELIA MUÑOZ GARCÍA*

IES Francisco Javier de Burgos. Motril.

amelia.munoz.garcia.edu@juntadeandalucia.es

Recibido 03/02/2020 **Revisado** 27/04/2020 **Aceptado** 01/05/2020 **Publicado** 06/06/2020

Resumen: El presente artículo pretende destacar las contribuciones realizadas por dos de los científicos más prominentes de la Corte de Alfonso X *el Sabio*: YĔhudah ben Solomon e YiṣĦaq ben Sid. Tras dar un contexto histórico y académico de la situación en la Península, se estudian las *Tablas Alfonsíes*, el proyecto en el que ambos autores colaboraron durante una década y que supone la ciencia más influyente de la Corte de Alfonso X. Posteriormente, se estudia el trabajo de cada autor por separado, por medio del análisis de una de sus obras.

Abstract: The present article is focused on highlighting the contributions made by two of the most prominent scientists that worked at Alfonso X the Wise's Court: YĔhudah ben Solomon and YiṣĦaq ben Sid. Having provided an academic and historical context, the Alphonsine Tables are studied, this being the project on which both authors collaborated for over a decade. Undoubtedly, the Alphonsine Tables are the most influential scientific production that came out of Alfonso X the Wise's Court due to its diffusion throughout Europe. Afterwards, the text provides an analysis of each author's work, independently, by studying one of each ones' production.

Palabras clave: Tablas Alfonsíes, YĔhudah ben Solomon, YiṣĦaq ben Sid, Midraš ha-Ḥokmah, Cuadrante Sennero, Corte de Toledo, siglo XIII.

Keywords: Alphonsine Tables, YĔhudah ben Solomon, YiṣĦaq ben Sid, Midraš ha-Ḥokmah, Cuadrante Sennero, science. Toledo's Court, XIIIth century

* © Instituto Darom de Estudios Hebreos y Judíos.

Para citar este artículo – To cite this paper.

Muñoz, A. (2020), Las matemáticas de YĔhudah ben Solomon e YiṣĦaq ben Sid en la Corte de Alfonso X *el Sabio*. *Darom, Revista de Estudios Judíos*, 2: 77-97

1. Introducción

Cuando se habla de los viajes de los grandes navegantes de la Edad Media y la Edad Moderna, se piensa en las vicisitudes del viaje y la bravura de los navegantes. Se llega incluso a contemplar el astrolabio como objeto fundamental, la regla y compás. Olvidado queda el libro clave para la interpretación de los datos recogidos, las Tablas Astronómicas, también conocidas como catálogos estelares. Se trata en todos los casos de una colección masiva de datos referidos a objetos celestes, organizados en forma de tablas de acuerdo con alguna característica común y que actuaban como esquema para calcular la posición del Sol, la Luna y los planetas conocidos, siguiendo el modelo ptolemaico. Así, tomando la Tierra como centro del universo, se preveían movimientos epiciclares a lo largo de una órbita o círculo mayor, el deferente. Para cada cuerpo celeste se recogen diversos parámetros tales como las dimensiones relativas de epiciclo, el periodo de revolución sobre un epiciclo o el periodo de revolución del epiciclo sobre el deferente. Para ser capaces de recoger, clasificar y procesar tal volumen de datos de una manera coherente, tanto Yĕhudah ben Solomon ha-Cohen como Yiṣĥaq ben Sid debieron transformarse en científicos del más alto nivel. Teniendo esto en mente, en este artículo se pretende poner de manifiesto todo aquello que rodea el nacimiento de las *Tablas Alfonsíes*, aspectos tales como los antecedentes históricos, otras obras de Yĕhudah ben Solomon e Yiṣĥaq ben Sid, y conocimientos de los que se parte a la hora de su creación.

La construcción de tablas astronómicas requiere una base científica previa, un marco teórico si se quiere, que comprende no solo el modelo ptolemaico como el modelo de universo que se acepta como válido, sino también una base de conocimientos matemáticos sólida que permita a los autores calcular con seguridad. Para ilustrar estos conocimientos previos hacemos mención a los textos clásicos *Elementos* de Euclides, *Almagesto* y *Quadriivium* de Ptolomeo, que suelen incluirse en versiones comentadas dentro de la obra de la mayor parte de eruditos de la época.

Dado que nuestro objetivo final es ilustrar el trabajo matemático de los dos autores de las *Tablas Alfonsíes*, tras un comentario de las mismas se analiza la vida y obras matemáticamente relevantes de estos dos autores, por medio del estudio de una obra de cada uno de ellos. Por último, se hace mención de una característica común a todas las transcripciones y

traducciones medievales: los errores de copia, que hacen fundamental la composición y revisión de cualquier texto según se va alejando del original.

2. Contexto Histórico: Matemáticas de autores judíos anteriores y situación matemática en la Península.

La ciencia de Yēhudah ben Solomon e Yiṣḥaq ben Sid es de una trascendencia y originalidad innegable. Ambos eran autores de reconocido prestigio antes ser reclutados para trabajar en la Corte de Alfonso X *El Sabio*. Para entender los conocimientos con los que contaban ambos autores, mencionaremos algunas de las obras clásicas de las matemáticas de las que se tiene constancia que existían copias en la exigua colección de la Península. La importancia de estas obras previas reside en la contextualización de los conocimientos de Yēhudah ben Solomon e Yiṣḥaq ben Sid tanto como de los conocimientos en sí mismos: la interpretación de determinados hechos científicos tales como el movimiento de los astros depende del paradigma que los autores adoptan como propio.

Sin embargo, cabe destacar el hecho de que las matemáticas medievales estaban lo suficientemente poco desarrolladas como para que, teniendo una serie de conocimientos mínimos y una meta clara, cualquier autor fuera capaz de alcanzarla. Para ello, en ocasiones debían desarrollar un lenguaje adecuado a los conceptos y procedimientos que manejaban¹.

Conocemos los textos científicos que tanto Yēhudah ben Solomon como Yiṣḥaq ben Sid emplean en su aprendizaje, en parte debido a las menciones que de ellos se hacen y, en parte, porque hay constancia de su presencia en la Península. Esto se une al hecho de que las distintas escuelas no estaban aisladas, sino que había comunicación entre ellas.

Por ejemplo, consideremos dos de los autores más influyentes en el ámbito científico en la Península: Abraham bar Hiyya y Abraham 'ibn 'Ezra'. Ambos son anteriores a la Corte de Alfonso X y ambos escriben tanto sobre geometría como sobre álgebra². Yēhudah ben Solomon va a

¹ Como se menciona posteriormente, tanto Yēhudah ben Solomon e Yiṣḥaq ben Sid tuvieron que inventar palabras en castellano para suplir la demanda de conceptos sin nombre que aparecen en su producción científica.

² Abraham 'ibn 'Ezra', tiene textos sobre teoría de números, trabajando las operaciones elementales, el cero como número y problemas numéricos, entre otros. Cf. Sela, 2003. Abraham bar Hiyya' se dedica a la resolución de ecuaciones de segundo grado, escribe

citar a Abraham 'ibn 'Ezra' en sus obras y, si bien no sabemos si nuestros dos autores tenían acceso a los textos de Abraham bar Hiyya' ya que no los citan, se pueden encontrar conocimientos comunes en los trabajos de todos ellos. Este va a ser un problema recurrente entre los autores de la época: la transmisión del conocimiento es lenta y fragmentada. Posteriormente se considerará cómo Yĕhudah ben Solomon e Yišhaq ben Sid abordan este problema.

Otro aspecto a tener en cuenta en la formación de nuevos matemáticos en particular y científicos en general es el idioma en el que lo hacen. Las obras disponibles estaban o bien en árabe o latín, si ya habían sido traducidas o, como último recurso, en el idioma original, generalmente el griego, cuando se trata de textos de geometría³. Debido a la dificultad inherente a estudiar matemáticas en una lengua distinta de la materna, se llevaron a cabo traducciones de los clásicos al hebreo. Estas traducciones suelen ir incorporadas a los manuales o libros de texto, que los eruditos judíos escribían para usar en sus academias⁴. Algunos de estos libros traducidos van a ser los *Elementos* de Euclides y tanto el *Almagesto* como el *Quadrivium* de Ptolomeo.

Por último, hay que mencionar que, a pesar de todo, las bibliotecas presentes en la Península no estaban totalmente vacías: multitud de autores dejaron comentarios sobre obras clásicas, así como manuales propios, con lo que los jóvenes estudiantes tenían una base de la que partir y que luego intentarían mejorar.

3. Tratados de Referencia: *Elementos* de Euclides, *Almagesto* y *Quadrivium* de Ptolomeo.

Tres de las obras que aparecen constantemente mencionadas en los textos matemáticos medievales son los *Elementos* de Euclides y *Almagesto* y *Quadrivium* de Ptolomeo. El motivo es claro; sientan las bases para todas las teorías geométricas o astronómicas que surgen posteriormente.

textos matemáticos y un compendio de conocimientos, *Yesode ha-Tebunah u-Migdal ha-Emunah*, denominada 'la enciclopedia'. Cf. Langermann, 1999: 1-54.

³ Harvey, 2013.

⁴ Un claro ejemplo lo encontraremos en la obra de Yĕhudah ben Solomon; cf. Langermann, 2000.

Los *Elementos* de Euclides son un tratado de 13 libros que, desde el año 300 a. C., recogen gran parte del saber matemático de la época. Su redacción es muy interesante, porque incluye definiciones de un total de 23 conceptos básicos, tales como línea, punto, plano, etc., 5 axiomas y 5 postulados; y 48 proposiciones, todo ello en el libro primero. A partir de ahí, se desarrollan contenidos de geometría plana –libros I a IV–, razones y proporciones –libros V a X–, y geometría de cuerpos sólidos –XI a XIII–, donde podremos encontrar los sólidos platónicos.

Como era usual que todas las enciclopedias y prácticamente todos los libros de matemáticas escritos durante la Edad Media partieran del nivel más básico, con objeto de poder ser leídos sin necesidad de conocimientos previos, los autores tenían que mencionar estas obras o incluirlas directamente. Este es el caso de Yēhudah ben Solomon, el cual lleva a cabo dos traducciones, que aparecen comentadas posteriormente, de esta obra.

En Europa, los *Elementos* se vuelven a popularizar a partir de una traducción del siglo XII hecha en Inglaterra⁵. Pero como los autores peninsulares contaban con copias propias desde mucho antes, parten con una ventaja considerable y sus textos se adelantan, teniendo mayor calidad y profundidad por ello. Por otra parte, al poder hacer su traducción propia a partir de versiones originales, el volumen de errores acumulado es mucho menor.

También tenemos el *Almagesto* de Ptolomeo –siglo II– que contiene un catálogo estelar basado en un sistema geocéntrico, donde aparece el movimiento aparente de estrellas y planetas. El movimiento de rotación de la Tierra se manifiesta en un movimiento aparente de los astros, durante el cual estos realizan un giro completo alrededor de un punto inmóvil, llamado polo celeste, que resulta de la intersección del eje de la Tierra con la esfera celeste. Esta era una obra de referencia básica para la construcción de tablas⁶, era de fácil acceso en la Península. De Ptolomeo también se conservaban copias del *Quadriivium*, un libro que agrupa las ‘artes matemáticas’ consistentes en aritmética, geometría, astronomía y música.

⁵ Adelard de Bath, en 1120, traduce la obra al inglés y esto ayuda a su difusión. Cf. Burnett, 1998.

⁶ Se tiene constancia de que Ptolomeo construyó sus propias tablas, pero no se conserva ningún original. Lo más cercano es una descripción del texto de Ptolomeo, que aparece en la obra de Neugenbauer, O. Cf. Neugenbauer, 1975: 948-949.

Yĕhudah ben Solomon va a llevar a cabo sendas traducciones de estas dos obras, en dos idiomas distintos, según lo requiere la ocasión⁷.

Se puede apreciar que las fuentes de conocimiento matemático en la Península se encuentran en buen estado; se podría afirmar incluso que en mejor estado que en el resto de la Europa occidental. Así, la preocupación de los autores peninsulares, en general, y nuestros dos sujetos de estudio, en particular, va a ser la transmisión de información y su uso práctico; i.e. la astronomía. Por medio del mecenazgo de Alfonso X, tanto Yĕhudah ben Solomon como Yiṣḥaq ben Sid van a poner en juego sus conocimientos para elaborar las *Tablas Alfonsíes*, de las cuales son co-autores, habiendo intervenido proporcionalmente más el segundo que el primero⁸.

4. Las *Tablas Alfonsíes* y otros aspectos a destacar de la Corte de Alfonso X.

Al hablar de ciencia medieval en la Península, es imprescindible tener en cuenta a Alfonso X *el Sabio*. Este fomentó la formación de un círculo de eruditos en su entorno, lo cual propició la creación de numerosas obras de corte científico, siendo la más famosa las *Tablas Alfonsíes*, cuyos autores son Yĕhudah ben Solomon e Yiṣḥaq ben Sid⁹.

La ciencia de la Corte de Alfonso X se caracteriza por la creatividad, en particular en astronomía, rama a la cual pertenecen un alto porcentaje de los escritos científicos producidos bajo su mecenazgo y que están intrínsecamente relacionados con la construcción de las *Tablas*¹⁰.

⁷ Arndt, 2016.

⁸ Romano, 1992.

⁹ Lamentablemente, no se conservan las tablas originales, pero en Madrid disponemos del manuscrito Ms. 3306 de la Biblioteca Nacional, que recrea parte de su contenido; cf. Fernández, L. F. 2005: 33. Por otra parte, las tablas fueron copiadas en multitud de ocasiones para ser usadas como obra de referencia para viajeros, y se difundieron por toda Europa tras una traducción y adaptación que se lleva a cabo en Francia y que se empleará durante los siglos por venir. Cf. López, 2009: 741-752.

¹⁰ Se pueden mencionar dentro de esta categoría los libros escritos por Isaac ben Sid, entre los que se pueden encontrar manuales para construir instrumentos de medida de los cielos.

Con respecto al cuerpo de científicos, es interesante destacar que, de acuerdo con David Romano¹¹, está compuesto por unos 12 autores originales, de los cuales 5 –42% aproximadamente– son judíos que intervienen en la composición de 23 de las 31 obras científicas –en torno al 75%– salidas de la corte de Alfonso X. Los dos autores más prolifos son indiscutiblemente Yēhudah ben Solomon –7/31=22.5%– e Yiṣḥaq ben Sid –11/31=35.5%¹². Este motivo, unido a la trascendencia e influencia de las *Tablas Alfonsíes* a lo largo y ancho de Europa en los siglos venideros, justifican plenamente la afirmación de que tanto ha-Cohen como ben Sid son los eruditos más importantes de la corte de Alfonso X *el Sabio*.

Las *Tablas Alfonsíes* son una obra astronómica de referencia a nivel europeo, tanto por su utilidad como por su precisión. Se trata de un libro que contiene las observaciones del cielo nocturno de Toledo realizadas entre 1263 y 1272, registrando al detalle el movimiento de los cuerpos celestes sobre la Eclíptica, que es la línea curva que recorre el sol alrededor de la Tierra y que refleja su ‘movimiento aparente’. Viene dado por la intersección del plano que contiene la órbita terrestre con la esfera celeste¹³. El objetivo era poder calcular la posición de Sol, Luna y estrellas de acuerdo con el sistema Ptolemaico, que defendía que la Tierra era el centro del sistema estelar y los astros trazaban arcos en el firmamento interrumpidos por pequeños bucles. Para ello, fue preciso llevar a cabo un volumen considerable de observaciones prácticas¹⁴, de ahí las *Tablas*, y manejarse con soltura en geometría esférica. Esto deriva en el estudio de problemas teóricos de geometría esférica, así como el desarrollo de la teoría para resolverlos.

Y aquí nos encontramos con otro caso más de avance científico teórico surgido de manera directa como necesidad para resolver problemas de la vida cotidiana. Las *Tablas Alfonsíes* van a facilitar viajes terrestres y

¹¹ En *La Ciencia Hispanojudía*, Romano lleva a cabo un estudio comparativo de los textos producidos por los más relevantes eruditos judíos de la Península, entre los cuales aparecen Yēhudah ben Solomon e Yiṣḥaq ben Sid. Cf. Romano, *op. cit.*

¹² Sin ser los únicos autores, sí que son los más prolifos, ya que el resto intervienen en una o dos obras originales como máximo.

¹³ La esfera celeste o bóveda celeste es una esfera ideal, sin radio definido, concéntrica con el globo terrestre, en la cual aparentemente se mueven los astros. Permite representar las direcciones en que se hallan los objetos celestes; así es como el ángulo formado por dos direcciones será representado por un arco de círculo mayor sobre esa esfera.

¹⁴ Romano, *op. cit.*

marinos, sirven para determinar con exactitud la fecha y contribuyen, de manera directa e indirecta, al desarrollo de otras ciencias, destacando la mejora de cartas de navegación y mapas de todo tipo.

Se basan en las *Tablas Toledanas*¹⁵, llevadas a cabo por Azarquiel, siendo una de las principales novedades los nuevos niveles de precisión a los que llegan tanto Yĕhudah ben Solomon como Yišhaq ben Sid¹⁶. Las *Tablas Alfonsies* tenían la característica de poder ser usadas tanto por cristianos como por judíos y musulmanes, debido a que llevan incorporadas un capítulo que explica cómo pasar de un calendario a otro¹⁷. Esto fomenta que su influencia se extendiera por toda Europa, especialmente tras la revisión francesa del s. XIV. Sin embargo, las *Tablas* no son la única obra de estos autores, como se ve por las estadísticas mencionadas anteriormente.

5. Yĕhudah ben Solomon ha-Cohen y la primera enciclopedia en hebreo.

Yĕhudah ben Solomon ha-Cohen (1215-1274) nace en Toledo, una ciudad gobernada en aquel momento por reyes cristianos, pero de larga tradición árabe. La población de Toledo era numerosa, mezcla de mozárabes, cristianos, musulmanes y judíos. Quizá la convivencia no fuera la más fraterna del mundo, pero desde luego había colaboración entre los distintos pueblos. Cuando Alfonso comienza a atraer eruditos, lo hace para que escriban en romance, aunque también se produce en árabe y hebreo, a pesar de que esta última lengua se usa en contadas ocasiones y, usualmente, se encuentra en textos para consumo propio¹⁸. Toledo era ya entonces un centro cultural de renombre y la comunidad judía toledana era la más importante de Castilla.

Ha-Cohen pertenecía a una de las familias más influyentes de Toledo, los Ibn Šošan. Muchos de ellos desempeñaron cargos políticos o de funcionariado en la corte; fueron rabinos de renombre, escritores o

¹⁵ Las *Tablas Toledanas* se escriben en Toledo, en la corte de Al-Mamun, durante el siglo XI. Cf. Claret dos Santos, 2005.

¹⁶ De hecho, va a ser el propio Alfonso X el que insista en la necesidad de volver a hacer las *Tablas*, debido a las imprecisiones que se iban acumulando en las de Azarquiel.

¹⁷ Fernández, 2005.

¹⁸ Arndt, 2016.

científicos. Yēhudah ben Solomon fue educado por el rabino Me'ir 'Abul-lafia¹⁹, familiar suyo y, desde joven, destacó por su erudición. De hecho, una de las obras de ha-Cohen, desde el punto de vista geométrico es una obra de arte, y la escribe contando tan solo 18 años. Se trata de la correspondencia de carácter matemático que mantiene con un miembro de la Corte del Emperador Federico II de Sicilia. Aunque no se conoce el nombre del corresponsal con seguridad, se especula que era Teodoro de Antioquía²⁰.

Ha-Cohen entabla una relación cordial con este científico y este le hablaría de él a Federico II²¹, que acabaría por invitar a Yēhudah ben Solomon a su residencia en la Toscana, para que se uniera a su grupo de eruditos²². Esto lo hará 10 años después, habiendo escrito para entonces su obra magna, la enciclopedia *Midraš ha-Hokmah*, que se comentará posteriormente.

Ha-Cohen la escribe originalmente en árabe²³ y, conocedores de su existencia, los miembros de la comunidad judía de la Toscana le piden que la traduzca para ellos al hebreo. Así lo hace, entre los años 1245 y 1247²⁴.

Esta enciclopedia, junto a las *Tablas*, forman el cuerpo de la obra original de Yēhudah ben Solomon. Gracias a la fecha en que fueron escritas las *Tablas*, posteriores a la traducción de su enciclopedia, sabemos que volvió a la Península Ibérica. Por último, señalar que su trabajo en la Corte de Alfonso X también incluyó una serie de traducciones de trabajos árabes. Se especula que pudo escribir más textos originales, pero no ha llegado a nosotros ninguno; ni siquiera referencia alguna a ellos. Es más, su enciclopedia solo ha llegado en la versión hebrea, habiéndose perdido la original.

¹⁹ Cf. Langermann, 2000.

²⁰ Cohn-Sherbok (1996) sugiere que su corresponsal es Michael Scott, el filósofo de la Corte del Emperador Federico II, pero no se extiende en sus conclusiones.

²¹ Arndt, 2016.

²² *Ibid.*

²³ De hecho, Langermann especula con que es la única enciclopedia escrita por un judío en árabe.

²⁴ Arndt, *op. cit.*

5.1 *Midraš ha-Hokmah*: La primera enciclopedia en hebreo

Como se ha mencionado previamente, tras mantener correspondencia con sabios de la Corte de Federico II, este decide invitarlo a pasar en la Toscana una temporada. Así lo hace, y mientras se encuentra allí algunos colegas pertenecientes al círculo de eruditos judíos le piden que traduzca su *Midraš ha-Hokmah*²⁵, considerada la primera gran enciclopedia hebrea, que destaca por su tratamiento en profundidad tanto de temas científicos de textos rabínicos y bíblicos.

La enciclopedia está dividida en dos partes. La primera consta de una exposición de la lógica aristotélica, la física y la metafísica. Contiene además tres tratados sobre el Génesis, los Salmos y los Proverbios. La segunda parte está dedicada a las matemáticas, de acuerdo con las cuatro ramas clásicas. Contiene además dos tratados; uno sobre las letras del alfabeto hebreo desde un punto de vista místico; y otro en el que aparecen una serie de tratados filosóficos de la Biblia, que el autor interpreta. Yĕhudah ben Solomon considera que las matemáticas son el eslabón entre las ciencias naturales y divinas y, como tal, las ubica en la enciclopedia²⁶.

Dentro de la sección matemática se incluye tanto obra original como traducciones de otros autores. Como se ha mencionado anteriormente, es poco práctico iniciar un tratado matemático sin hacer referencia a trabajos previos²⁷. Para crear esta base, ha-Cohen incluye traducciones de los *Elementos* de Euclides y del *Almagesto* y el *Quadrivium* de Ptolomeo.

No los incluye enteros. Se centra en los extractos que hacen referencia a aquellos temas que le interesan, dejando de lado la mística. Así lo explica el autor al inicio de la sección, indicando que solo incluirá los libros 1 a 6 y 11 a 13²⁸, ya que son lo que les servirá para estudiar las dos ramas de las matemáticas que va a utilizar: geometría y astronomía.

²⁵ Arndt, *op. cit.*

²⁶ Arndt, *op. cit.*

²⁷ Esto se debe a la misma esencia de las matemáticas; se parte de una serie de axiomas o leyes inviolables y una serie de conceptos que forman el marco teórico y todo lo demás se construye a partir de estos. Así, lo habitual es que todos los autores interesados en una rama concreta trabajen dentro del mismo marco teórico, que en el caso que nos ocupa será el planteado por Euclides.

²⁸ Arndt, *op. cit.*

Así, las secciones seleccionadas le sirven al lector como preparación para el *Almagesto*. Toni Levi²⁹ llega a indicar que Yĕhudah ben Solomon reformula alguno de los enunciados para compensar los libros que faltan y para que la transición de un autor a otro sea lo más suave y significativa posible. Por otra parte, cabe destacar que ha-Cohen no se basa en el *Almagesto* –que va a reordenar en 8 partes– totalmente, sino que en lo que se refiere a movimientos planetarios prefiere hacer una adaptación de al-Bitruyi, también conocido como Alpetragio, un astrónomo árabe andalusí.

A todo ello hay que añadir que Yĕhudah ben Solomon incluye una parte propia, correspondiente a las preguntas y respuestas de la correspondencia con la Corte de Federico II. En el siguiente apartado se procede a analizar con detalle esta sección de la obra de este autor.

5.2 Las Preguntas.

Las preguntas surgen de la ya mencionada correspondencia entre Yĕhudah ben Solomon y la Corte de Federico II. Yĕhudah incluye en su enciclopedia los fragmentos correspondientes a las referentes tres preguntas que le hacen desde la corte cuando él solo contaba con 18 años³⁰. Yĕhudah no solo va a responder a estas tres preguntas, sino que él mismo va a plantearse algunas más y a responderlas adecuadamente.

Las preguntas se pueden distribuir en los siguientes bloques, atendiendo a la temática y manera de resolverlas:

Primer Bloque

«¿Cómo se construyen los cinco poliedros regulares en torno a una esfera dada?»³¹.

La respuesta que plantea Yĕhudah ben Solomon se puede estructurar así: Se construye cada una de las cinco figuras dentro de la esfera; unimos el centro de la esfera a los vértices de la figura, prolongando las rectas indefinidamente; unimos el centro de la esfera con el centro de las caras de las figuras [...]; prolongamos las rectas hasta cortar con la esfera

²⁹ Tony Levi se centra en el trabajo matemático de Yĕhudah ben Solomon en el capítulo 13. Cf. Harvey, 2013.

³⁰ Arndt, *op. cit.*

³¹ Arndt, *op. cit.*

[...]; construimos perpendiculares que corten a las rectas originales, obteniendo así los poliedros regulares [...].

«¿Cómo se construye dicha esfera dentro de cada uno de estos poliedros regulares?»³².

Esta pregunta se resuelve ‘dando la vuelta’ a la anterior, es decir, asumiendo que los poliedros caben, lo cual sucede ya que también lo asume el que plantea la pregunta.

«¿Cómo se construye dicha esfera dada en torno a los 5 poliedros regulares?»³³.

Esta última se encuentra resuelta en los *Elementos*, libro XIII. Sin embargo, YĔhudah la responde, haciendo una copia del poliedro tal y como hace Euclides. Tras encontrar el centro del poliedro puede construir la esfera circunscribiente.

Segundo Bloque

Dar una prueba geométrica clara de las tablas de ascensión de la esfera oblicua³⁴.

Aspectos interesantes a destacar del texto:

Nos encontramos con un texto de gran valor matemático, porque no solo responde a un tema que aparece en numerosos entornos, sino que está redactado de manera rigurosa: plantea qué va a hacer y después presenta una demostración en toda regla, sin dejar ningún cabo suelto. Por ejemplo, no da por supuesta la existencia de ninguno de los elementos auxiliares que va construyendo para poder demostrar lo que se pide, sino que prueba la existencia de dichos elementos auxiliares, particularmente de los puntos.

Por otra parte, las preguntas que se plantean son matemáticamente peculiares: si tienes una esfera fija, solo cabrá en poliedros regulares en el caso de que estos estén contruidos con las medidas exactas para que coincidan. Es decir, la manera en que la pregunta esta formulada impone una serie de características a la respuesta, la restringe. En caso de haberse

³² Arndt, *op. cit.*

³³ Arndt, *op. cit.*

³⁴ Esta pregunta hace referencia a los movimientos de los astros en la esfera celeste.

formulado de otra manera, la respuesta estaría sujeta a menos restricciones y por tanto el proceso de construcción sería útil en otros contextos menos restrictivos.

Euclides plantea preguntas similares, pero no exactamente iguales. Yěhudah ben Solomon va a basarse tanto en sus propias respuestas como en resultados de Euclides para responder a las preguntas 2 y 3, de tal modo que en vez de empezar construyendo desde cero, traza un camino que lleva desde la situación donde nos encontramos hasta una situación similar ya resuelta, y ‘engancha’ con esa demostración³⁵.

Cabe destacar que las preguntas son extrañas no solo por cómo están formuladas sino porque, a lo largo del intercambio de ideas, la pregunta del bloque dos viene con respuesta para que la evalúe Yěhudah ben Solomon. La respuesta va a ser incorrecta, y Yěhudah no tarda en señalar el error. Estos dos aspectos llevan a plantearse si algunas de las preguntas no estaban pensadas como una especie de examen al joven erudito³⁶. Examen que pasa con sobresaliente, debemos señalar.

Por otra parte, a pesar de tratarse de un texto claro y conciso, solo lo va a ser en comparación con los escritos de la época: la redacción es farragosa, en el sentido de que no presenta párrafos diferenciados, ni apartados separados, sino que, tal y como era costumbre, escribe mucho y muy seguido, explicando qué hay que hacer³⁷. Algo así como una transcripción de las instrucciones que un profesor le daría a un alumno que tiene a su lado y está resolviendo el problema en función de lo que se le va indicando.

Dado que la versión original en árabe no se conserva, sino que lo que nos ha llegado hoy en día son hasta 40 textos fragmentados o completos, es fácil darse cuenta de que se comenten errores por parte de los diversos copistas, que complican un texto ya de por sí difícil.

³⁵ Este proceder, el hecho de que, en vez de dar una respuesta distinta a cada problema, se tenga una o dos respuestas generales e ir las adaptando en cada caso, es una actitud muy propia de las matemáticas, que buscan no tener que resolver problemas desde cero si en su lugar se pueden aprovechar demostraciones previas.

³⁶ Arndt, *op. cit.*

³⁷ Esto se puede apreciar en los fragmentos originales recopilados por la biblioteca de la universidad de Oxford. Una lista aparece recogida en la obra de Charles H. Manekin, “Steinschneider on the Medieval Hebrew Encyclopedias” (A translation and update of the first chapter of M. Steinschneider’s *Die Hebräische Übersetzungen des Mittelalters*),” en Steven Harvey, ed., *Medieval Hebrew Encyclopedia* (Dordrecht: Kluwer, 2000) 465-516.

Este no es el único trabajo de Yĕhudah ben Solomon, pero sin lugar a dudas es el más importante desde el punto de vista matemático, entre otros motivos porque algunos autores consideran que esta es la obra que inicia la tradición judía italiana de matemáticas³⁸. Tras pasar varios años en la Toscana, vuelve a la Península: esto lo sabemos porque sería co-autor de las Tablas, que se llevan a cabo después. Además, ha-Cohen tradujo varias obras de otros autores de carácter científico del árabe al castellano, y escribió algún tratado sobre medición de objetos estelares, así como diseño instrumentos de medición. Todo ello le ayudaría a llevar a cabo el trabajo básico de recogida de información para las Tablas.

6. Yişhaq ben Sid, Rabino Çag.

De este científico no sabemos su fecha de nacimiento ni defunción con seguridad, pero podemos aproximarla por la fecha de sus obras, todas ellas localizadas en la segunda mitad del siglo XIII. Aunque su verdadero nombre es Yişhaq ben Sadoq o ben Sid, también se le conoce como *Rabi Çag, el de Toledo* y en el prólogo de las *Tablas Astronómicas*, como *Rabiçag Aben Cayut*.

Yişhaq ben Sid destaca por dos aspectos principales: su participación como colaborador principal en las *Tablas Alfonsies*, y ser autor de manuales para construir y usar calculadoras analógicas astronómicas; una decena de dichas obras. Si bien algunos de estos instrumentos, como los astrolabios, ya eran conocidos y de uso común, el Rey Alfonso X le pide no ya que traduzca trabajos previos, que también hace, sino que componga obras originales para incorporarlas a la biblioteca real³⁹.

De ahí surge la colección *Libros del Saber de Astronomía*⁴⁰, entre los cuales cabe destacar el *Quadrante Sennero*. Estos libros se van a escribir en castellano, lo cual es una novedad significativa. Tanto Yĕhudah como

³⁸ Langermann, 2000.

³⁹ Romano, *op. cit.*

⁴⁰ Los libros que conforman esta colección son los siguientes: *del Quadrante, del Astrolabio Llano, del Astrolabio Redondo, de la Lámina Universal, de las Armellas, dell Ataçir, del Relógio de la Piedra de la Sombra, del Relógio dell Agua, del Relógio dell Argent Vivo, del Palacio de las Horas y del Quadrante Sennero*. Cf. Polo, 1999: 167-184.

Yiṣḥaq van a ser los primeros en escribir ciencia en castellano⁴¹, lo que los va a llevar a desarrollar terminología propia nueva, con origen latino, en vez de tomar préstamos del árabe⁴².

El Cuadrante Sennero.

Este es el más curioso de los libros atribuidos a Yiṣḥaq ben Sid. Hemos de decir que este libro se le ha atribuido, pero no se tiene seguridad absoluta de que él fuera el autor. Algunos autores especulan con que no lo es por falta de evidencias –el texto no viene firmado–, pero muchos otros creemos que él va a ser su autor por dos motivos, la falta de otro autor viable y cercanía a obras similares cuyo autor es incuestionablemente él. No solo se tiene testimonio escrito en el que el Rey le pide a Yiṣḥaq que escriba este volumen⁴³, sino que está físicamente unido a otros libros de cuya autoría si podemos garantizar con seguridad que pertenecen a Yiṣḥaq ben Sid. Además, ningún otro autor de la corte, salvo quizá Yēhudah ben Solomon trata temas similares a los del *Cuadrante*⁴⁴, a saber, geometría esférica para triángulos, un conocimiento fundamental para medir los cielos.

⁴¹ Romano, *op. cit.*

⁴² De hecho, era práctica habitual tomar préstamos de los idiomas originales de los textos científicos que se traducían y, sin embargo, nuestros autores deciden acuñar términos propios.

⁴³ Romano, *op. cit.*

⁴⁴ Entre las características más relevantes de la obra, podríamos mencionar que su título se debe al objeto de la medida del cielo del mismo nombre; además, estaba dividido en trece capítulos de los que solo se conservan ocho, agrupados en dos secciones. Igualmente, se debe mencionar que está redactado como un manual para aprender a través de problemas resueltos, en donde se aplican técnicas novedosas venidas de la India, con lo que se distancia de trabajos anteriores de la Península. Los problemas que plantea están ordenados por dificultad y no cuenta con ninguna introducción previa. Podría ser considerado como un libro de problemas para alumnos avanzados, dándose por supuestos una serie de conocimientos que no se recogen en el *Cuadrante*. Cf. Martínez, 1984: 4, 7-22.

Por otro lado, el libro aborda problemas vinculados a categorías como la transformación entre coordenadas⁴⁵ y la determinación del arco diurno, transversalmente al texto⁴⁶.

Para poder resolver estos problemas, se van a emplear el Teorema del Seno, el Teorema del Coseno o el Teorema de Geber. Este hecho no deja de ser curioso; por un lado, para poder aplicar todos estos resultados se resuelven los problemas proyectando sobre círculos planos, lo cual no se corresponde a las técnicas más avanzadas griegas⁴⁷. Per por otro lado, el nivel del texto es superior en términos de dificultad y calidad matemática⁴⁸ al de otros contemporáneos e incluso anteriores a este.

YiṣĦaq ben Sid va a escribir este y los otros libros de la colección *Saber de Astronomía* en castellano, lo cual es una novedad, ya que nunca antes se había escrito ciencia en castellano⁴⁹.

A estos textos se unen las *Tablas Alfonsíes*, del que fue el principal co-autor⁵⁰. Esta obra constaba de una serie de textos en castellano, explicando el uso de las mismas y este trabajo sí que se conserva en su versión original. Además, y a petición de Alfonso X⁵¹, YiṣĦaq ben Sid llevará a cabo una serie de mediciones y observaciones de dos eclipses de Luna producidos durante su época, sobre los que se realizaron informes; las *Observaciones Astronómicas*, con Yĕhudah ben Solomon –1263-1272– y que se incluirán en las *Tablas*.

⁴⁵ Eclípticas ecuatoriales –Capítulos I al VI–; Horizontales eclípticas –Capítulo VII– y Declinación solar –Capítulo VIII.

⁴⁶ Trata de la determinación del arco diurno: horas iguales y temporales; y la determinación de las casas del zodíaco: horas transcurridas.

⁴⁷ Martínez, 1984: 4, 7-22.

⁴⁸ Por ejemplo, los resultados se demuestran, lo cual no es habitual durante la Edad Media ni previamente, ya fuera porque el texto era recortado hasta dejarlo solamente en los resultados, o porque se esperase un acto de fe por parte del lector.

⁴⁹ Romano, *op. cit.*

⁵⁰ Recordemos que lamentablemente, las *Tablas* no se conservan en la actualidad. Las que conocemos se corresponden a una versión posterior francesa del siglo XIV, por lo que todo aquello que se sabe de ellas está sujeto a cierto margen de error.

⁵¹ Romano, *op. cit.*

7. Errores de traducción

Por último, es esencial destacar un detalle común a los trabajos científicos medievales; i.e. los errores de copia. Dado que muchos textos no llegaban nunca en su versión original a las manos de los eruditos que los necesitaban, sino que estos se veían obligados a adquirir copia de copias, los errores se iban acumulando.

Estos no pueden ser atribuidos más que a la mala suerte. Hay que tener en cuenta que los traductores se enfrentaban a textos de una ciencia que en muchos casos no conocían, de un idioma o a un idioma que no se correspondía a su lengua materna, donde los matices son enormemente importantes. Si nos planteamos los trabajos de Yēhudah ben Salomon, nos encontramos con que para una demostración en 25 pasos aparecen tantas letras y ángulos distintos que eventualmente se acaban las letras del alfabeto latino y han de empezar a nombrarse con letras griegas⁵².

Sucedo, además, que mayúsculas y minúsculas no son lo mismo, ya que tradicionalmente con mayúsculas se nombran ángulos y con minúsculas los lados enfrentados. Por eso era primordial volver a traducir, o volver a copiar y revisar los textos. A pesar de que los matemáticos que usaran una versión u otra pudieran detectar los fallos tras cierto tiempo estudiando el texto, nadie podía garantizar que el siguiente lector fuera capaz de hacerlo. Como consecuencia, cada autor que desee escribir un manual de texto que resista el paso del tiempo se ve en la obligación de incluir un prólogo, revisado minuciosamente y compuesto de su puño y letra de las obras previas en las que se basa. Por fortuna para nosotros, gracias a estos errores, se le puede seguir la pista a las distintas obras que hemos ido mencionando. Se puede contabilizar cuántas veces y localizar dónde se emplean a lo largo y ancho de Europa, permitiéndonos así asegurar la enorme influencia que tuvieron en el desarrollo de las ciencias europeas.

⁵² Mariano Brasa hace un análisis curioso de las posibles causas de errores no debidos directamente al desconocimiento de las matemáticas por parte de los traductores en Brasa; cf. Brasa, 1984.

8. Conclusiones

Hemos visto que la más influyente obra de Yĕhudah ben Solomon e Yiṣĥaq ben Sid, las Tablas Alfonsíes, tuvo una repercusión más que notable a nivel europeo. Sin embargo, desde el punto de vista matemático, este no es su texto más novedoso.

Bajo el mecenazgo del rey Alfonso X el Sabio, ambos autores fueron capaces de elevar la calidad y profundidad de la ciencia peninsular: ejemplo de ello son la enciclopedia *Midraš ha-ḥokmah*, particularmente la sección matemática, de Yĕhudah ben Salomon; así como el tratado sobre geometría esférica *Quadrante Sennero*, de Yiṣĥaq ben Sid. Como recursos bibliográficos, solo contaron con una reducida muestra de las matemáticas hechas hasta entonces. Por otra parte, se tuvieron que enfrentar una serie de retos técnicos, como errores en los textos de consulta y falta de vocabulario, que no solo superan con éxito, sino que además emplean como justificación para el desarrollo de algunas de sus obras.

El reconocimiento que ambos autores recibieron fue notorio en su entorno, pero no se ha mantenido en el tiempo: actualmente, apenas existe literatura que les haga justicia. Se propone como una posible vía de investigación estudiar su influencia en otras escuelas científicas peninsulares. Particularmente, se sugiere el seguimiento de la incorporación de sus avances, y las consecuencias de estos, en la producción científica de otros autores de la Escuela de Toledo. Un método posible sería seguir los errores de traducción y copia en textos de autores posteriores con un contenido similar.

BIBLIOGRAFÍA

- ARNDT, S. (2016), *Yehudah ha-Cohen and the Emperor's philosopher: dynamics of transmission at cultural crossroads*. Doctoral dissertation, University of Oxford.
- BRASA DIEZ, M. (1984), Alfonso X *el Sabio* y los traductores españoles. *Cuadernos Hispanoamericanos*, núm. 410, 21-33.
- BURNETT, C. (2008), *Adelard of Bath, conversations with his nephew: On the same and the different, Questions on natural science, and on birds*. Cambridge. Cambridge University Press.
- CHABÁS, J. - GOLDSTEIN, B. R. (2003), *The Alfonsine Tables of Toledo. Archimedes: New Studies in the History and Philosophy of science and Technology 8. Dordrecht and Boston: Kluwer Academic Publishers*.
- CLARET DOS SANTOS, A. (2005), *Azarquiel y otras historias. La astronomía en al-Ándalus*. CSIC.
- COHN-SHERBOK, D. (1996), *Medieval Jewish philosophy: an introduction*. US: Taylor & Francis.
- CORFIS, I. (2010), *Al-Andalus, Sepharad and Medieval Iberia: Cultural Contact and Diffusion*. Brill.
- FERNÁNDEZ, L. F. (2005), *Las tablas astronómicas de Alfonso X El Sabio. Los ejemplares del Museo Naval de Madrid 1 / The astronomic tables of Alfonso X El Sabio. The examples of the Maritime Museum of Madrid. Anales de Historia del Arte (Vol. 15: 29)*.
- FREUDENTHAL, G. (ed.). (2011), *Science in medieval Jewish cultures*. Cambridge. Cambridge University Press.
- GLICK, T. F. *et al* (2014), *Medieval science, technology, and medicine: an encyclopedia*. UK: Routledge.
- GRAETZ, H. (2002), *History of the Jews*. Wipf and Stock Publishers.
- HARVEY, S. (ED.). (2013), *The medieval Hebrew encyclopedias of science and philosophy: proceedings of the Bar-Ilan University Conference (Vol. 7)*. Springer Science & Business Media.
- KATZ, V. J., *et al* (2016), *Sourcebook in the mathematics of medieval Europe and North Africa*. USA: Princeton University Press.
- LANGERMANN, Y. T. (1999). *Science in the Jewish communities of the Iberian Peninsula. The Jews and the Science in the Middle Ages*, Brookfield, Ashgate, 1-54.

- LANGERMANN, Y. T. (1999), *The Jews and the sciences in the Middle Ages. Vol. 624*. Variorum.
- LANGERMANN, Y. T. (2000), Some remarks on Yĕhudah ben Solomon ha-Cohen and his encyclopedia, Midrash ha-Ḥokhmah. *The Medieval Hebrew Encyclopedias of Science and Philosophy*. Springer, Dordrecht, 371-389.
- LANGERMANN, Y. T. (2014), Ben Solomon: Yĕhudah ben Solomon ha-Kohen. *Biographical Encyclopedia of Astronomers*, 194-195.
- LÉVY, T. (2000), Mathematics in the Midrash Ha-Ḥokhmah of Yĕhudah ben Solomon Ha-Cohen. *The Medieval Hebrew Encyclopedias of Science and Philosophy*. Springer, Dordrecht, 300-312.
- LÓPEZ, C. T. (2009), La obra astronómica de Alfonso X *el Sabio* en el fondo bibliográfico del Museo Naval. *Revista General de Marina*, 257, 12: 741-752.
- LÓPEZ, C. T. (2012), Toledo y la obra astronómica de Alfonso X *el Sabio*: Jornada científica sobre: el hombre y el Cosmos. *Beresit: Revista Interdisciplinar científico-humana*, 10, 161-172.
- MARTÍNEZ, E. A. (1984), Trigonometría y astronomía en el ‘Tratado del Cuadrante Sennero’ (c. 1280). *Dynamis: Acta Hispanica ad Medicinae Scientiarumque Historiam Illustrandam*, 4, 7-22.
- MOYA, J. S. (1999), Traducciones científicas arabo-romances en la Península Ibérica. *Servei de Comunicació i Publicacions*. 199-232.
- NEUGEBAUER, O. (1975), *A History of Ancient Mathematical Astronomy*. New York-Heidelberg-Berlin. Springer. 948-949.
- PÉREZ, J. A. S. (1955), *La personalidad científica y los relojes de Alfonso X el Sabio*. Madrid: Sucesores de Nogués.
- PROCTER, E. S. (1945), The scientific works of the court of Alfonso X of Castille: the king and his collaborators. *The Modern Language Review*, 40, 1, 12-29.
- RICO Y SINOBAS, M. (1863), *Libros del saber de astronomía del rey D. Alfonso X de Castilla, copilados, anotados y comentados por Don Manuel Rico y Sinobas*, 5. Valladolid: Consejería de Cultura y Turismo.
- POLO, C. D. (1999). Sobre el cuadrante solar de Alfonso X *el Sabio*. *Asclepio*, 51, 2, 167-184.
- ROMANO, D. (1992), *La ciencia hispanojudía*. Madrid: MAPFRE.

- SAMUELSON, N. (2007). Science in the Medieval Hebrew and Arabic Traditions. *The British Journal for the History of Science*, 40(1), 126-127.
- SELA, S. (2003), *Abraham Ibn Ezra and the Rise of Medieval Hebrew Science*. Vol. 32. Leiden: Brill.
- TATON, R., - ARNÁLDEZ, R. (1971), *La ciencia antigua y medieval. De los orígenes a 1450*. Barcelona: Destino.
- VALLICROSA, J. M. M. (1956), Nueva obra astronómica alfonsí: El tratado del cuadrante 'sennero'. *Al-Ándalus: revista de las Escuelas de Estudios Árabes de Madrid y Granada*, 21, 1: 59-92.