

MUJERES ASTRÓNOMAS Y MATEMÁTICAS EN LA ANTIGÜEDAD



Junio 2004

Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia

Mujeres astrónomas y matemáticas en la Antigüedad

Junio 2004

Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia

Índice general

ASTRONOMÍA BABILONIA	2
C. Margarita Santana de la Cruz Universidad de La Laguna	
AGLAONIKE	13
Zenaida Yanes Abreu Universidad de La Laguna	
ASTRONOMÍA EN GRECIA	16
Lourdes Hernández Pérez Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia	
THEANO DE CROTONA. LA COSMOLOGÍA PITAGÓRICA	29
Imaculada Perdomo Reyes Universidad de La Laguna	
EL TIMEO DE PLATÓN	32
Ángeles Macarrón Machado Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia	
HYPATIA DE ALEJANDRÍA. MATEMÁTICA, ASTRÓNOMA Y FILÓSOFA	44
Imaculada Perdomo Reyes Universidad de La Laguna	
LA MATEMÁTICA EN GRECIA	51
Emma García Mora Fundación Orotava de Historia de la Ciencia	
HILDEGARDA DE BINGEN	58
Mª Olga Expósito Hernández I.E.S. César Manrique	

Índice general

A

STRONOMÍA

..... 2 C.

Margarita Santana de la Cruz Universidad de La Laguna

A

GLAONIKE

B

ABILONIA

.....13

Zenaida Yanes Abréu Universidad de La Laguna

A

STRONOMÍA EN

G

RECIA16 Lourdes

Hernández Pérez Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia

T

HEANO DE

.....29 Inmaculada

Perdomo Reyes Universidad de La Laguna

E

L

C

ROTONA

. L

A

C

OSMOLOGÍA PITAGÓRICA

T

IMEO DE

P

LATÓN 32 Ángeles

Macarrón Machado Fundación Canaria Orotava de Historia de la Ciencia

H

YPATIA DE

A

LEJANDRÍA

. M

ATEMÁTICA

, A

STRÓNOMA Y

F

ILÓSOFA44 Inmaculada

Perdomo Reyes Universidad de La Laguna

L

A MATEMÁTICA EN

G

RECIA51 Emma

García Mora Fundación Orotava de Historia de la Ciencia

H

ILDEGARDA DE

B

INGEN58 Ma

Olga Expósito Hernández I.E.S. César Manrique

ASTRONOMÍA BABILONIA

C. MARGARITA SANTANA DE LA CRUZ

Universidad de La Laguna

BREVE INTRODUCCIÓN.

La astrología horoscópica se basa en la creencia en una relación entre la vida humana y la posición de los astros en el momento del nacimiento, por lo que resulta necesario fijar con precisión (si se desea una predicción exacta) cuál es el astro que sale en ese instante del nacimiento. Se supone que de este modo nació una astronomía de posición. No se busca una explicación de los movimientos aparentes de los astros, sino una clave que permita encontrar mecánicamente la posición de, por ejemplo, una constelación en un momento dado, de ahí las tablas conocidas como *efemérides*¹. Desde esta perspectiva la astronomía babilonia se define por su origen astrológico, que establece un principio determinista: la existencia de una relación necesaria y constante entre un hecho astral y un hecho humano. Se supone que las mismas causas producen los mismos efectos (los astros ejercen una influencia clara y manifiesta sobre la naturaleza, como demuestra el ciclo de las estaciones, y también, por tanto, sobre los seres humanos). Del mismo modo, la regularidad de los ciclos celestes impone la idea de un orden necesario entre las cosas. Por estas razones los escritos de los astrólogos mezclan profecías y observaciones. Se trata de la denominada astrología judiciaria: predicciones a corto plazo que afectan al rey y al reino sobre la base de la configuración celeste del momento.

«Cuando la luna y el sol se ven al mismo tiempo el decimosexto día del mes, se declarará la guerra al rey. Éste será sitiado en su palacio durante un mes, el enemigo invadirá el país y su avance será triunfal. Cuando los días decimocuarto y decimoquinto del mes de Tammuz la luna no es visible al mismo tiempo que el sol, el rey será sitiado en su palacio. Cuando la luna es visible el decimosexto día, felicidad para Asiria, desgracia para Akkad [...]».

«Hemos buscado a Marte dos o tres veces, pero no hemos podido verlo. Si el rey, mi señor, me pregunta: esta invisibilidad, ¿presagia alguna cosa? Yo contesto: no».

Las numerosas tablillas de este tipo muestran una preocupación propia de una astronomía de posición ligada a creencias mágicas. Interesa la posición relativa de un planeta o de un signo zodiacal, un eclipse, o un orto heliaco. A su vez este interés por el registro regular de las posiciones sucesivas de un astro va acompañado, en las tablas, de indicaciones numéricas. Los mesopotámicos eran notables calculadores². Por ejemplo, en la biblioteca de Asurbanipal se encontró un documento, una tabla de «iluminaciones» de la luna (de sus fases), que describe el crecimiento del astro. Se supone que el disco lunar está dividido en doscientas cuarenta partes y el número de las partes iluminadas varía, en quince días, de cero a doscientas cuarenta. El texto revela un método para fijar esa progresión. De hecho, el autor no se contenta con

ASTRONOMÍA BABILONIA

C. M

ARGARITA

S

ANTANA DE LA

C

RUZ Universidad de La Laguna

BREVE INTRODUCCIÓN.

La astrología horoscópica se basa en la creencia en una relación entre la vida humana y la posición de los astros en el momento del nacimiento, por lo que resulta necesario fijar con precisión (si se desea una predicción exacta) cuál es el astro que sale en ese instante del nacimiento. Se supone que de este modo nació una astronomía de posición. No se busca una explicación de los movimientos aparentes de los astros, sino una clave que permita encontrar mecánicamente la posición de, por ejemplo, una constelación en un momento dado, de ahí las tablas conocidas como efemérides¹. Desde esta perspectiva la astronomía babilonia se define por su origen astrológico, que establece un principio determinista: la existencia de una relación necesaria y constante entre un hecho astral y un hecho humano. Se supone que las mismas causas producen los mismos efectos (los astros ejercen una influencia clara y manifiesta sobre la naturaleza, como demuestra el ciclo de las estaciones, y también, por tanto, sobre los seres humanos). Del mismo modo, la regularidad de los ciclos celestes impone la idea de un orden necesario entre las cosas. Por estas razones los escritos de los astrólogos mezclan profecías y observaciones. Se trata de la denominada astrología judiciaria: predicciones a corto plazo que afectan al rey y al reino sobre la base de la configuración celeste del momento.

«Cuando la luna y el sol se ven al mismo tiempo el decimosexto día del mes, se declarará la guerra al rey. Éste será sitiado en su palacio durante un mes, el enemigo invadirá el país y su avance será triunfal. Cuando los días decimocuarto y decimoquinto del mes de Tammuz la luna no es visible al mismo tiempo que el sol, el rey será sitiado en su palacio. Cuando la luna es visible el decimosexto día, felicidad para Asiria, desgracia para Akkad [...]».

«Hemos buscado a Marte dos o tres veces, pero no hemos podido verlo. Si el rey, mi señor, me pregunta: esta invisibilidad, ¿presagia alguna cosa? Yo contesto: no».

Las numerosas tablillas de este tipo muestran una preocupación propia de una astronomía de posición ligada a creencias mágicas. Interesa la posición relativa de un planeta o de un signo

zodiacal, un eclipse, o un orto heliaco. A su vez este interés por el registro regular de las posiciones sucesivas de un astro va acompañado, en las tablas, de indicaciones numéricas. Los mesopotámicos eran notables calculadores². Por ejemplo, en la biblioteca de Asurbanipal se encontró un documento, una tabla de «iluminaciones» de la luna (de sus fases), que describe el crecimiento del astro. Se supone que el disco lunar está dividido en doscientas cuarenta partes y el número de las partes iluminadas varía, en quince días, de cero a doscientas cuarenta. El texto revela un método para fijar esa progresión. De hecho, el autor no se contenta con

determinar empíricamente, por observación directa de cada noche, la iluminación diaria y su creciente variación. Además de ello establece una serie de números muy próximos a los que proporcionaría la observación directa, pero obtenidos por un cálculo puro: los cinco primeros números, que corresponden a los cinco primeros días, se hallan en progresión geométrica; mientras que los diez últimos, que corresponden a los últimos diez días, están en progresión aritmética. Esto es, lanza primero una serie geométrica que crece demasiado rápidamente, y entonces frena su fórmula de iluminación utilizando una serie aritmética para poder llegar así al número doscientos cuarenta el día decimoquinto.

Como veremos posteriormente en relación con el calendario, los babilonios estudiaron los movimientos del Sol y de la Luna para perfeccionarlo. Solían designar como comienzo de cada mes el día siguiente a la luna nueva, cuando aparece el primer cuarto lunar después del ocaso. Al principio este día se determinaba mediante la observación, pero después los babilonios trataron de calcularlo anticipadamente. Hacia el 400 a.n.e. comprobaron que los movimientos del Sol y la Luna de Oeste a Este alrededor del zodiaco no tienen una velocidad constante. Parece que estos cuerpos se mueven con velocidad creciente durante la primera mitad de cada revolución hasta un máximo absoluto y entonces su velocidad disminuye hasta el mínimo originario. Los babilonios intentaron representar este ciclo aritméticamente dando por ejemplo a la Luna una velocidad fija para su movimiento durante la primera mitad de su ciclo y una velocidad fija diferente para la otra mitad. Perfeccionaron además el método matemático representando la velocidad de la Luna como un factor que aumenta linealmente el mínimo al máximo durante la mitad de su revolución y entonces desciende al mínimo al final del ciclo. Con estos cálculos los astrónomos babilonios podían predecir la luna nueva y el día en que comenzaría el nuevo mes. Como consecuencia, conocían las posiciones de la Luna y el Sol todos los días del mes. De forma parecida calculaban las posiciones planetarias, tanto en su movimiento directo como en su movimiento retrógrado.

INSTRUMENTOS DE OBSERVACIÓN.

Para llevar a cabo las numerosas observaciones astronómicas los sacerdotes-astrónomos disponían de dos instrumentos: el gnomon o reloj de sol primitivo, y el polos, un instrumento específicamente mesopotámico³. Respecto al primero, consiste en una varilla graduada (gnomon) que se levanta verticalmente sobre un terreno liso y horizontal. La posición aparente del Sol, la extremidad del gnomon y la de su sombra están alineados durante todos y cada uno de los instantes de un día despejado, por lo que la medición de la longitud y de la dirección de la sombra en un instante dado determinan completamente la dirección del Sol. Esta longitud y dirección de la sombra varían simultáneamente de forma lenta y continuada a lo largo del día: la sombra alcanza su mayor longitud cuando nace y se pone el Sol, orientándose en esos momentos en direcciones sensiblemente opuestas. El resto del día se desplaza de forma gradual describiendo una figura simétrica en forma de abanico. Esta forma cambia todos los días, pero siempre conserva una misma característica: en el momento del día en que la sombra del gnomon es más corta, siempre está orientada en la misma dirección. Esta simple regularidad proporciona dos marcos de referencia básicos, uno espacial y otro temporal, para el resto de las mediciones astronómicas:

- a. La dirección permanente tomada por la sombra más corta en todos y cada uno de los días define el norte, y por tanto nos determina los restantes puntos cardinales.
- b. Ese instante en que la sombra es más corta define un punto de referencia en el tiempo: el mediodía del lugar, y el intervalo de tiempo que separa en un lugar dado dos mediodías consecutivos define una unidad de tiempo fundamental: el día solar.

determinar empíricamente, por observación directa de cada noche, la iluminación diaria y su creciente variación. Además de ello establece una serie de números muy próximos a los que proporcionaría la observación directa, pero obtenidos por un cálculo puro: los cinco primeros números, que corresponden a los cinco primeros días, se hallan en progresión geométrica; mientras que los diez últimos, que corresponden a los últimos diez días, están en progresión aritmética. Esto es, lanza primero una serie geométrica que crece demasiado rápidamente, y entonces frena su fórmula de iluminación utilizando una serie aritmética para poder llegar así al número doscientos cuarenta el día decimoquinto.

Como veremos posteriormente en relación con el calendario, los babilonios estudiaron los movimientos del Sol y de la Luna para perfeccionarlo. Solían designar como comienzo de cada mes el día siguiente a la luna nueva, cuando aparece el primer cuarto lunar después del ocaso. Al principio este día se determinaba mediante la observación, pero después los babilonios trataron de calcularlo anticipadamente. Hacia el 400 a.n.e. comprobaron que los movimientos del Sol y la Luna de Oeste a Este alrededor del zodiaco no tienen una velocidad constante. Parece que estos cuerpos se mueven con velocidad creciente durante la primera mitad de cada revolución hasta un máximo absoluto y entonces su velocidad disminuye hasta el mínimo originario. Los babilonios intentaron representar este ciclo aritméticamente dando por ejemplo a la Luna una velocidad fija para su movimiento durante la primera mitad de su ciclo y una velocidad fija diferente para la otra mitad. Perfeccionaron además el método matemático representando la velocidad de la Luna como un factor que aumenta linealmente el mínimo al máximo durante la mitad de su revolución y entonces desciende al mínimo al final del ciclo. Con estos cálculos los astrónomos babilonios podían predecir la luna nueva y el día en que comenzaría el nuevo mes. Como consecuencia, conocían las posiciones de la Luna y el Sol todos los días del mes. De forma parecida calculaban las posiciones planetarias, tanto en su movimiento directo como en su movimiento retrógrado.

INSTRUMENTOS DE OBSERVACIÓN.

Para llevar a cabo las numerosas observaciones astronómicas los sacerdotes-astrónomos disponían de dos instrumentos: el gnomon o reloj de sol primitivo, y el polos, un instrumento específicamente mesopotámico³. Respecto al primero, consiste en una varilla graduada (gnomon) que se levanta verticalmente sobre un terreno liso y horizontal. La posición aparente del Sol, la extremidad del gnomon y la de su sombra están alineados durante todos y cada uno de los instantes de un día despejado, por lo que la medición de la longitud y de la dirección de la sombra en un instante dado determinan completamente la dirección del Sol. Esta longitud y dirección de la sombra varían simultáneamente de forma lenta y continuada a lo largo del día: la sombra alcanza su mayor longitud cuando nace y se pone el Sol, orientándose en esos momentos en direcciones sensiblemente opuestas. El resto del día se desplaza de forma gradual describiendo una figura simétrica en forma de abanico. Esta forma cambia todos los días, pero

siempre conserva una misma característica: en el momento del día en que la sombra del gnomon es más corta, siempre está orientada en la misma dirección. Esta simple regularidad proporciona dos marcos de referencia básicos, uno espacial y otro temporal, para el resto de las mediciones astronómicas:

a. La dirección permanente tomada por la sombra más corta en todos y cada uno de los días

define el norte, y por tanto nos determina los restantes puntos cardinales. b. Ese instante en que la sombra es más corta define un punto de referencia en el tiempo: el mediodía del lugar, y el intervalo de tiempo que separa en un lugar dado dos mediodías consecutivos define una unidad de tiempo fundamental: el día solar.

Los puntos cardinales y las unidades de tiempo definidas por el movimiento diario del Sol proporcionan una base para describir las variaciones que se dan en dicho movimiento de un día a otro: el Sol sale siempre por algún punto situado en el este y se pone por el oeste, pero la posición del Sol naciente, la longitud de la sombra del gnomon en el mediodía, y el número de horas de luz varían de un día a otro a lo largo del año. Estas variaciones de la posición del Sol al levantarse y ponerse sobre la línea del horizonte corresponden al ciclo de las estaciones. La longitud de este ciclo, esto es, el intervalo de tiempo que separa dos equinoccios de primavera consecutivos, define el año, unidad básica del calendario, del mismo modo que el movimiento diario del Sol define el día.

En definitiva, repetidas observaciones de la sombra del gnomon permiten sistematizar y cuantificar un gran número de conocimientos comunes sobre la variación cotidiana y anual de la posición del Sol. Estas observaciones fueron las que lo convirtieron en un reloj y un calendario.

Respecto al segundo, el polos, estaba constituido por una semiesfera hueca de gran diámetro cuya concavidad estaba orientada hacia el cielo. Suspendida encima de dicha semiesfera y mantenida en su centro hay una esfera pequeña que intercepta la luz del Sol y proyecta su sombra sobre la superficie interna de aquélla. El movimiento del Sol se dibuja así con precisión en el fondo del polos, siendo posible entonces interpretar con facilidad las fechas de equinoccios y solsticios, y la inclinación de la eclíptica⁴.

Algunos historiadores consideran una variación: en lugar de la pequeña esfera suspendida habría un indicador vertical en el fondo de la semiesfera que llega exactamente hasta el centro de la misma. La sombra del extremo del indicador recorre sobre el recipiente, en sentido inverso, el curso del Sol a través del cielo.

Posteriormente el polos fue acoplado a un armazón esférico que representaba la zona del zodiaco con sus doce signos y su división en 360 grados. De esta forma también se podía utilizar como un reloj durante la noche. Para ello bastaba con conocer el signo y grado del polos por el que se había puesto el Sol. A cualquier hora de la noche se podía adaptar la esfera armilar de manera que los signos ocupasen en ella la misma posición que adoptaban en el cielo nocturno. Como había que girarlo para asegurar esta adaptación, el grado ocupado por el Sol en el ocaso tenía que desplazarse a lo largo de las líneas de las horas marcadas en el instrumento, del mismo modo que la sombra del indicador lo hacía durante el día. Así, del mismo modo en que se hacía durante el día a partir del Sol, durante la noche se podía leer la hora a partir de las estrellas.

CALENDARIO.

En los comienzos de la cultura babilónica el calendario fue lunar; su elemento principal es la lunación⁵. Pero la duración de una lunación es variable⁶, pues se produce entre cada veintinueve días y seis horas, y los veintinueve días y veinte horas. Esto es, la duración media de un mes lunar es de veintinueve días y medio. Así pues, un calendario que tuviera meses de veintinueve y treinta días concordaría bastante bien con el ciclo lunar. Para que esa concordancia fuera completa sería necesario alargar en un día un mes de veintinueve días cada treinta meses.

El principio del año se inicia con la primera lunación posterior al equinoccio de primavera. El calendario babilónico clásico contenía los doce meses siguientes: Nisán (marzo-abril), Aiar (abril-mayo), Siwan (mayo-junio), Tammuz (junio-julio), Ab (julio-agosto), Elul (agosto-septiembre), Teshrit (septiembre-octubre), Arahsamna (octubre-noviembre), Kisilimmu (noviembre-diciembre), Tebet (diciembre-enero), Shebat (enero-febrero), y Adar (febrero-marzo).

Pues bien, un calendario de este tipo presenta o plantea dos dificultades principales:

- a. La inadecuación entre el año lunar y el año de las estaciones. Doce meses lunares medios suman trescientos cincuenta y cuatro días, esto es, once días y cuarto menos que el año

Los puntos cardinales y las unidades de tiempo definidas por el movimiento diario del Sol proporcionan una base para describir las variaciones que se dan en dicho movimiento de un día a otro: el Sol sale siempre por algún punto situado en el este y se pone por el oeste, pero la posición del Sol naciente, la longitud de la sombra del gnomon en el mediodía, y el número de horas de luz varían de un día a otro a lo largo del año. Estas variaciones de la posición del Sol al levantarse y ponerse sobre la línea del horizonte corresponden al ciclo de las estaciones. La longitud de este ciclo, esto es, el intervalo de tiempo que separa dos equinoccios de primavera consecutivos, define el año, unidad básica del calendario, del mismo modo que el movimiento diario del Sol define el día.

En definitiva, repetidas observaciones de la sombra del gnomon permiten sistematizar y cuantificar un gran número de conocimientos comunes sobre la variación cotidiana y anual de la posición del Sol. Estas observaciones fueron las que lo convirtieron en un reloj y un calendario.

Respecto al segundo, el polos, estaba constituido por una semiesfera hueca de gran diámetro cuya concavidad estaba orientada hacia el cielo. Suspendida encima de dicha semiesfera y mantenida en su centro hay una esfera pequeña que intercepta la luz del Sol y proyecta su sombra sobre la superficie interna de aquélla. El movimiento del Sol se dibuja así con precisión en el fondo del polos, siendo posible entonces interpretar con facilidad las fechas de equinoccios y solsticios, y la inclinación de la eclíptica⁴.

Algunos historiadores consideran una variación: en lugar de la pequeña esfera suspendida habría un indicador vertical en el fondo de la semiesfera que llega exactamente hasta el centro de la misma. La sombra del extremo del indicador recorre sobre el recipiente, en sentido inverso, el curso del Sol a través del cielo.

Posteriormente el polos fue acoplado a un armazón esférico que representaba la zona del zodíaco con sus doce signos y su división en 360 grados. De esta forma también se podía utilizar como un reloj durante la noche. Para ello bastaba con conocer el signo y grado del polos por el que se había puesto el Sol. A cualquier hora de la noche se podía adaptar la esfera armilar de manera que los signos ocupasen en ella la misma posición que adoptaban en el cielo nocturno. Como había que girarlo para asegurar esta adaptación, el grado ocupado por el Sol en el ocaso tenía que desplazarse a lo largo de las líneas de las horas marcadas en el instrumento, del mismo modo que la sombra del indicador lo hacía durante el día. Así, del mismo modo en que se hacía durante el día a partir del Sol, durante la noche se podía leer la hora a partir de las estrellas.

CALENDARIO.

En los comienzos de la cultura babilónica el calendario fue lunar; su elemento principal es la lunación⁵. Pero la duración de una lunación es variable⁶, pues se produce entre cada veintinueve días y seis horas, y los veintinueve días y veinte horas. Esto es, la duración media de un mes lunar es de veintinueve días y medio. Así pues, un calendario que tuviera meses de veintinueve y

treinta días concordaría bastante bien con el ciclo lunar. Para que esa concordancia fuera completa sería necesario alargar en un día un mes de veintinueve días cada treinta meses.

El principio del año se inicia con la primera lunación posterior al equinoccio de primavera. El calendario babilónico clásico contenía los doce meses siguientes: Nisán (marzo-abril), Aiar (abril-mayo), Siwan (mayo-junio), Tammuz (junio-julio), Ab (julio-agosto), Elul (agosto-septiembre), Teshrit (septiembre-octubre), Arahsamna (octubre-noviembre), Kisilimmu (noviembre-diciembre), Tebet (diciembre-enero), Shebat (enero-febrero), y Adar (febrero-marzo).

Pues bien, un calendario de este tipo presenta o plantea dos dificultades principales:

a. La inadecuación entre el año lunar y el año de las estaciones. Doce meses lunares medios suman trescientos cincuenta y cuatro días, esto es, once días y cuarto menos que el año

solar. Al cabo de tres años la discrepancia es de más de un mes, y al cabo de nueve años habrá una separación de una estación completa. Esta situación plantea la necesidad de un reajuste: periódicamente el rey añade un mes decimotercero al año. Las observaciones astronómicas justificaban esta adición: como hacían corresponder a cada mes el orto heliaco de una o varias estrellas, cuando ese orto tenía lugar en un mes que no era el habitual, una decisión real creaba ese año un mes suplementario que llevaba el nombre del mes transcurrido con la indicación «bis». Hasta el siglo VI a.n.e. esas intercalaciones no son regulares, pero en el siglo V aparece una regla que se aplica sistemáticamente y que prescribe siete intercalaciones en diecinueve años. Esta regla se basa en la observación de que doscientos treinta y cinco meses lunares corresponden a diecinueve años solares (y a diecinueve años lunares más siete meses). Es el llamado ciclo de Metón. Esto es, dado que doscientos treinta y cinco meses lunares tienen el mismo número de días que diecinueve años solares, se añaden siete meses intercalados en cada periodo de diecinueve años. Tendríamos entonces doce años lunares ordinarios de doce meses cada uno, y siete años lunares intercalados de trece meses cada uno. Este ciclo es bastante exacto.

- b. El mes babilónico comienza la noche en que el nuevo creciente lunar es visible por primera vez después de la puesta de sol. En ciertas épocas esto ocurre al día siguiente de la luna nueva, mientras que en otras hay que esperar hasta la segunda noche para verlo. En el primer caso el mes que acaba de transcurrir es de veintinueve días; en el segundo, de treinta días. En la práctica no parece haber problema alguno si las condiciones de observación del horizonte son buenas, pero hay que considerar, a su vez, que el nivel del horizonte es una línea de pésima visibilidad, sobre todo cuando se ve oscurecida por tormentas de arena; y que las observaciones horizontales realizadas poco después de la puesta de sol o poco antes de que salga no pueden ser tan precisas como las realizadas por la noche. Por este motivo el principal problema que se le presentaba al astrónomo era el de determinar el primer creciente de la luna visible después de la luna nueva, y determinarlo además anticipadamente. Para resolverlo establecieron *las efemérides lunares* (que se presentan en forma de tablillas que comprenden distintas columnas numéricas, en algunos casos dieciocho), que tenían en cuenta los diversos factores que intervienen en la visibilidad del nuevo creciente en el horizonte. Se trata en términos generales de obtener una estimación de los movimientos de la Luna y del Sol. En términos concretos las efemérides lunares proporcionan los elementos cuya combinación permite prever la duración de un mes lunar. Así, indican o precisan: los desplazamientos mensuales del Sol (y de su longitud eclíptica) y de la Luna en las conjunciones; la duración del día y de la noche; las variaciones de la velocidad de la Luna; la duración del mes sinódico considerando el movimiento variado del Sol y de la Luna; las fechas de conjunciones consecutivas; las variaciones de las distancias Luna-Sol, de la inclinación eclíptica sobre el horizonte, y de la latitud de la Luna.

- b.1. Distancia angular: velocidades relativas. En el momento de la luna nueva el Sol, la Tierra, y la Luna están en posición de conjunción (en la misma región del zodiaco)⁷: no vemos la Luna, cuya cara iluminada no está dirigida hacia la Tierra. Al día siguiente de la luna nueva una pequeña parte del disco iluminado estará dirigida hacia ella, y esa parte se agrandará día a día: la Luna está en su primer cuarto.

Para ver por primera vez el creciente lunar es necesario que el Sol esté lo suficientemente por debajo del horizonte; es decir, que la Luna no esté demasiado cerca del Sol. Así pues, el comienzo del mes lunar depende de la distancia angular Luna-Sol. A partir de cierto valor x , de esa distancia, el creciente será visible por

solar. Al cabo de tres años la discrepancia es de más de un mes, y al cabo de nueve años habrá una separación de una estación completa. Esta situación plantea la necesidad de un reajuste: periódicamente el rey añade un mes decimotercero al año. Las observaciones astronómicas justificaban esta adición: como hacían corresponder a cada mes el orto heliaco de una o varias estrellas, cuando ese orto tenía lugar en un mes que no era el habitual, una decisión real creaba ese año un mes suplementario que llevaba el nombre del mes transcurrido con la indicación «bis». Hasta el siglo VI a.n.e. esas intercalaciones no son regulares, pero en el siglo V aparece una regla que se aplica sistemáticamente y que prescribe siete intercalaciones en diecinueve años. Esta regla se basa en la observación de que doscientos treinta y cinco meses lunares corresponden a diecinueve años solares (y a diecinueve años lunares más siete meses). Es el llamado ciclo de Metón. Esto es, dado que doscientos treinta y cinco meses lunares tienen el mismo número de días que diecinueve años solares, se añaden siete meses intercalados en cada período de diecinueve años. Tendríamos entonces doce años lunares ordinarios de doce meses cada uno, y siete años lunares intercalados de trece meses cada uno. Este ciclo es bastante exacto.

b. El mes babilónico comienza la noche en que el nuevo creciente lunar es visible por primera vez después de la puesta de sol. En ciertas épocas esto ocurre al día siguiente de la luna nueva, mientras que en otras hay que esperar hasta la segunda noche para verlo. En el primer caso el mes que acaba de transcurrir es de veintinueve días; en el segundo, de treinta días. En la práctica no parece haber problema alguno si las condiciones de observación del horizonte son buenas, pero hay que considerar, a su vez, que el nivel del horizonte es una línea de pésima visibilidad, sobre todo cuando se ve oscurecida por tormentas de arena; y que las observaciones horizontales realizadas poco después de la puesta de sol o poco antes de que salga no pueden ser tan precisas como las realizadas por la noche. Por este motivo el principal problema que se le presentaba al astrónomo era el de determinar el primer creciente de la luna visible después de la luna nueva, y determinarlo además anticipadamente. Para resolverlo establecieron las efemérides lunares (que se presentan en forma de tablillas que comprenden distintas columnas numéricas, en algunos casos dieciocho), que tenían en cuenta los diversos factores que intervienen en la visibilidad del nuevo creciente en el horizonte. Se trata en términos generales de obtener una estimación de los movimientos de la Luna y del Sol. En términos concretos las efemérides lunares proporcionan los elementos cuya combinación permite prever la duración de un mes lunar. Así, indican o precisan: los desplazamientos mensuales del Sol (y de su longitud eclíptica) y de la Luna en las conjunciones; la duración del día y de la noche; las variaciones de la velocidad de la Luna; la duración del mes sinódico considerando el movimiento variado del Sol y de la Luna; las fechas de conjunciones consecutivas; las variaciones de las distancias Luna-Sol, de la inclinación eclíptica sobre el horizonte, y de la latitud de la Luna.

b.1. Distancia angular: velocidades relativas. En el momento de la luna nueva el Sol, la Tierra, y

la Luna están en posición de conjunción (en la misma región del zodiaco)⁷: no vemos la Luna, cuya cara iluminada no está dirigida hacia la Tierra. Al día siguiente de la luna nueva una pequeña parte del disco iluminado estará dirigida hacia ella, y esa parte se agrandará día a día: la Luna está en su primer cuarto.

Para ver por primera vez el creciente lunar es necesario que el Sol esté lo suficientemente por debajo del horizonte; es decir, que la Luna no esté demasiado cerca del Sol. Así pues, el comienzo del mes lunar depende de la distancia angular Luna-Sol. A partir de cierto valor x , de esa distancia, el creciente será visible por

primera vez después de la conjunción. Ahora bien, la previsión de ese valor x , sería fácil si ambos astros tuvieran una marcha regular, pero de hecho esa distancia angular varía diariamente de 10° a 14° , y la Luna gana cada veinticuatro horas una media de 12° de adelanto sobre el Sol. Por tanto, hay que establecer una tabla que dé la posición comparada del Sol y de la Luna en los diferentes momentos del año y examinar cada mes en qué punto se alcanza el valor.

Dicho de otro modo: en trescientos sesenta y cinco días el Sol se mueve de tal modo que en ese intervalo de tiempo vuelve a pasar por el fondo de una misma estrella, habiendo completado un gran círculo de 360° . Por tanto, su movimiento por día es cercano a 1° , y en un mes, 30° . El tiempo transcurrido desde un nuevo creciente al próximo es más o menos igual al que va de la invisibilidad a la invisibilidad, pero la Luna es invisible porque está cerca del Sol. Así, se mide un mes por el tiempo transcurrido desde una conjunción de la Luna con el Sol a la próxima. Durante este tiempo el Sol se ha desplazado 30° ; la Luna, sin embargo, no sólo se ha desplazado 30° sino que ha completado una rotación completa adicional de 360° . Así, ha cubierto 390° en treinta días, lo que muestra que por día debe cubrir unos 13° . Aquí comienza la dificultad real: para que el primer creciente sea visible, el Sol debe estar lo suficientemente bajo en el horizonte. La tarde antes la Luna estaba tan cercana a aquél que no podía verse, por lo que es necesario determinar la distancia requerida entre ellos para obtener visibilidad. La distancia entre ellos depende de sus velocidades relativas: hemos visto que la Luna se mueve 13° por día, y el Sol 1° , por lo que la distancia en cuestión, la elongación, aumenta 12° por día. Pero esta estimación no es lo suficientemente exacta para responder a la pregunta: ¿en qué momento se alcanza la elongación apropiada?. Ni el Sol ni la Luna se mueven con velocidad constante (de hecho, el Sol tarda seis días más en desplazarse del equinoccio de primavera al equinoccio de otoño que a la inversa), por lo que la elongación diaria podría variar entre 10° y 14° , lo que muestra que el problema que estamos considerando incluye el conocimiento detallado de la variación de las velocidades lunar y solar.

- b.2. Oblicuidad de la eclíptica. Como hemos visto, la eclíptica es el círculo que describe el Sol en la esfera celeste en el intervalo de un año y que está inclinado $23,5^\circ$ en relación con el ecuador celeste. Este círculo está jalonado por puntos de referencia tomados de las constelaciones próximas: el cinturón zodiacal, dividido en doce sectores de 30° cada uno definidos por dichas constelaciones. En los solsticios de invierno y de verano el Sol ocupa posiciones extremas que se sitúan, respectivamente, a $23,5^\circ$ por debajo y por encima del ecuador. Por tanto, si el principio del mes lunar está determinado por la primera aparición del cuarto creciente después de la luna nueva, hay que tener en cuenta tanto la velocidad relativa y variable de la Luna y el Sol como la altura de éste sobre el horizonte, al mediodía, que cambia con las estaciones.

Esto es, incluso si nos hemos formado una idea de la velocidad variable de ambos astros, no hemos resuelto el problema de la visibilidad. Para un lugar dado, todas las estrellas salen y se ponen en ángulos fijos determinados por la inclinación del ecuador y el horizonte. El movimiento relativo que discutíamos anteriormente es un movimiento en la eclíptica, que forma un ángulo de $23,5^\circ$ con el ecuador. Por tanto, debemos conocer *la variación de los ángulos entre la eclíptica y el horizonte*; en concreto entre éste y la longitud eclíptica del Sol, *la variación de su altura sobre el horizonte*. Para Babilonia hallamos una variación desde casi

primera vez después de la conjunción. Ahora bien, la previsión de ese valor x , sería fácil si ambos astros tuvieran una marcha regular, pero de hecho esa distancia angular varía diariamente de 10° a 14° , y la Luna gana cada veinticuatro horas una media de 12° de adelanto sobre el Sol. Por tanto, hay que establecer una tabla que dé la posición comparada del Sol y de la Luna en los diferentes momentos del año y examinar cada mes en qué punto se alcanza el valor.

Dicho de otro modo: en trescientos sesenta y cinco días el Sol se mueve de tal modo que en ese intervalo de tiempo vuelve a pasar por el fondo de una misma estrella, habiendo completado un gran círculo de 360° . Por tanto, su movimiento por día es cercano a 1° , y en un mes, 30° . El tiempo transcurrido desde un nuevo creciente al próximo es más o menos igual al que va de la invisibilidad a la invisibilidad, pero la Luna es invisible porque está cerca del Sol. Así, se mide un mes por el tiempo transcurrido desde una conjunción de la Luna con el Sol a la próxima. Durante este tiempo el Sol se ha desplazado 30° ; la Luna, sin embargo, no sólo se ha desplazado 30° sino que ha completado una rotación completa adicional de 360° . Así, ha cubierto 390° en treinta días, lo que muestra que por día debe cubrir unos 13° . Aquí comienza la dificultad real: para que el primer creciente sea visible, el Sol debe estar lo suficientemente bajo en el horizonte. La tarde antes la Luna estaba tan cercana a aquél que no podía verse, por lo que es necesario determinar la distancia requerida entre ellos para obtener visibilidad. La distancia entre ellos depende de sus velocidades relativas: hemos visto que la Luna se mueve 13° por día, y el Sol 1° , por lo que la distancia en cuestión, la elongación, aumenta 12° por día. Pero esta estimación no es lo suficientemente exacta para responder a la pregunta: ¿en qué momento se alcanza la elongación apropiada?. Ni el Sol ni la Luna se mueven con velocidad constante (de hecho, el Sol tarda seis días más en desplazarse del equinoccio de primavera al equinoccio de otoño que a la inversa), por lo que la elongación diaria podría variar entre 10° y 14° , lo que muestra que el problema que estamos considerando incluye el conocimiento detallado de la variación de las velocidades lunar y solar.

b.2. Oblicuidad de la eclíptica. Como hemos visto, la eclíptica es el círculo que describe el Sol en la esfera celeste en el intervalo de un año y que está inclinado $23,5^\circ$ en relación con el ecuador celeste. Este círculo está jalonado por puntos de referencia tomados de las constelaciones próximas: el cinturón zodiacal, dividido en doce sectores de 30° cada uno definidos por dichas constelaciones. En los solsticios de invierno y de verano el Sol ocupa posiciones extremas que se sitúan, respectivamente, a $23,5^\circ$ por debajo y por encima del ecuador. Por tanto, si el principio del mes lunar está determinado por la primera aparición del cuarto creciente después de la luna nueva, hay que tener en cuenta tanto la velocidad relativa y variable de la Luna y el Sol como la altura de éste sobre el horizonte, al mediodía, que cambia con las estaciones.

Esto es, incluso si nos hemos formado una idea de la velocidad variable de ambos astros, no hemos resuelto el problema de la visibilidad. Para un lugar dado, todas las estrellas salen y se ponen en ángulos fijos determinados por la inclinación del ecuador y el horizonte. El

movimiento relativo que discutíamos anteriormente es un movimiento en la eclíptica, que forma un ángulo de $23,5^\circ$ con el ecuador. Por tanto, debemos conocer la variación de los ángulos entre la eclíptica y el horizonte; en concreto entre éste y la longitud eclíptica del Sol, la variación de su altura sobre el horizonte. Para Babilonia hallamos una variación desde casi

30° a casi 80°, por lo que la misma elongación produce diferentes condiciones de visibilidad en diferentes momentos del año. Dicho de otro modo: la longitud eclíptica del Sol varía con las estaciones, y afecta por tanto a la visibilidad aunque se obtenga la misma elongación (entre Luna y Sol). La misma elongación produce diferentes momentos del año tomando como referencia el horizonte.

- b.3. Variación de la latitud lunar. Vamos a asumir que también respondemos satisfactoriamente a este problema de la variación de los ángulos entre la eclíptica y el horizonte. Debemos recordar entonces que sólo el Sol se mueve sobre la eclíptica sin alejarse de ella, mientras que la Luna se desvía periódicamente de ella entre unos límites de +5° ó -5° en latitud. Esta desviación se mide perpendicularmente a la eclíptica. Si ésta es casi vertical al horizonte, como sucede en verano, entonces la latitud tiene un efecto relativamente pequeño sobre la visibilidad. Sin embargo, en otoño el efecto de la latitud se deja sentir plenamente al traer a la Luna más cerca del horizonte o llevarla más lejos.

Todos estos aspectos o factores se contemplan, como hemos visto, en las efemérides lunares. La herramienta principal para el cómputo de las mismas son las progresiones aritméticas, aumentando y disminuyendo con una diferencia constante entre límites fijos.

ECLIPSES Y PLANETAS.

Finalmente, la determinación tanto de la primera como de la última visibilidad de la Luna requieren como paso preliminar el conocimiento de los momentos de conjunción y de oposición. Si combinamos este conocimiento con las reglas que determinan la latitud de aquella es posible contestar a la pregunta sobre el momento en que estará cercana a la eclíptica en conjunciones u oposiciones. En el primer caso podemos esperar un eclipse solar, en el segundo, uno lunar. Así, el cómputo de las lunas nuevas condujo a las tablas de eclipses que se derivan de las efemérides. Esto es, las efemérides lunares no sólo hacían posible el cálculo del mes lunar, sino también el de la ocurrencia y visibilidad de los eclipses, pues detallan los momentos de las conjunciones y oposiciones en relación con el Sol. De todos modos, parece posible que pudieran prever sin demasiado margen de error los eclipses, incluso antes de disponer de los datos sistematizados por las efemérides, porque los de Luna están relacionados con observaciones sencillas: ocurren siempre durante la luna llena, hacia la mitad del mes civil, y se observan sólo cuando la Luna corta la eclíptica, y ya hemos visto que los babilonios eran grandes observadores de esa región del cielo.

En relación con los eclipses, se atribuye a la astronomía babilonia el conocimiento de los saros. Los eclipses tienen lugar sólo cuando la Luna o el Sol están a algunos grados de los nodos, los puntos de intersección entre su órbita y la eclíptica. Periódicamente ambos planetas vuelven a la misma posición relativa de uno de los nodos, y como resultado de esto los eclipses se repiten a intervalos regulares. El tiempo de intervalo, al que se denomina saros, es de unos dieciocho años y once días aproximadamente más ocho horas, y se corresponde casi exactamente con diecinueve pasos del Sol por el mismo nodo, doscientos cuarenta y dos pasos de la Luna por el mismo nodo, y a doscientos veintitrés meses lunares. Durante un saros tienen lugar, aproximadamente, setenta eclipses, veintinueve de Luna y cuarenta y uno de Sol.

Respecto a los planetas, estaban interesados principalmente en la aparición y desaparición de los mismos (del mismo modo en que lo estaban en la primera y última visibilidad de la Luna, como hemos visto, y de las estrellas fijas). Lo que intentaron determinar principalmente fue la recurrencia periódica de esos fenómenos y sus fluctuaciones. Disponían, así, de efemérides para los planetas con las que intentaban calcular sus posiciones, tanto en su movimiento directo como en su movimiento retrógrado.

30o a casi 80o, por lo que la misma elongación produce diferentes condiciones de visibilidad en diferentes momentos del año. Dicho de otro modo: la longitud eclíptica del Sol varía con las estaciones, y afecta por tanto a la visibilidad aunque se obtenga la misma elongación (entre Luna y Sol). La misma elongación produce diferentes momentos del año tomando como referencia el horizonte. b.3. Variación de la latitud lunar. Vamos a asumir que también respondemos satisfactoriamente a este problema de la variación de los ángulos entre la eclíptica y el horizonte. Debemos recordar entonces que sólo el Sol se mueve sobre la eclíptica sin alejarse de ella, mientras que la Luna se desvía periódicamente de ella entre unos límites de +5o ó -5o en latitud. Esta desviación se mide perpendicularmente a la eclíptica. Si ésta es casi vertical al horizonte, como sucede en verano, entonces la latitud tiene un efecto relativamente pequeño sobre la visibilidad. Sin embargo, en otoño el efecto de la latitud se deja sentir plenamente al traer a la Luna más cerca del horizonte o llevarla más lejos.

Todos estos aspectos o factores se contemplan, como hemos visto, en las efemérides lunares. La herramienta principal para el cómputo de las mismas son las progresiones aritméticas, aumentando y disminuyendo con una diferencia constante entre límites fijos.

ECLIPSES Y PLANETAS.

Finalmente, la determinación tanto de la primera como de la última visibilidad de la Luna requieren como paso preliminar el conocimiento de los momentos de conjunción y de oposición. Si combinamos este conocimiento con las reglas que determinan la latitud de aquélla es posible contestar a la pregunta sobre el momento en que estará cercana a la eclíptica en conjunciones u oposiciones. En el primer caso podemos esperar un eclipse solar, en el segundo, uno lunar. Así, el cómputo de las lunas nuevas condujo a las tablas de eclipses que se derivan de las efemérides. Esto es, las efemérides lunares no sólo hacían posible el cálculo del mes lunar, sino también el de la ocurrencia y visibilidad de los eclipses, pues detallan los momentos de las conjunciones y oposiciones en relación con el Sol. De todos modos, parece posible que pudieran prever sin demasiado margen de error los eclipses, incluso antes de disponer de los datos sistematizados por las efemérides, porque los de Luna están relacionados con observaciones sencillas: ocurren siempre durante la luna llena, hacia la mitad del mes civil, y se observan sólo cuando la Luna corta la eclíptica, y ya hemos visto que los babilonios eran grandes observadores de esa región del cielo.

En relación con los eclipses, se atribuye a la astronomía babilonia el conocimiento de los saros.

Los eclipses tienen lugar sólo cuando la Luna o el Sol están a algunos grados de los nodos, los puntos de intersección entre su órbita y la eclíptica. Periódicamente ambos planetas vuelven a la misma posición relativa de uno de los nodos, y como resultado de esto los eclipses se repiten a intervalos regulares. El tiempo de intervalo, al que se denomina saros, es de unos dieciocho años y once días aproximadamente más ocho horas, y se corresponde casi exactamente con diecinueve pasos del Sol por el mismo nodo, doscientos cuarenta y dos pasos de la Luna por el mismo nodo,

y a doscientos veintitrés meses lunares. Durante un saros tienen lugar, aproximadamente, setenta eclipses, veintinueve de Luna y cuarenta y uno de Sol. Respecto a los planetas, estaban interesados principalmente en la aparición y desaparición de los mismos (del mismo modo en que lo estaban en la primera y última visibilidad de la Luna, como hemos visto, y de las estrellas fijas). Lo que intentaron determinar principalmente fue la recurrencia periódica de esos fenómenos y sus fluctuaciones. Disponían, así, de efemérides para los planetas con las que intentaban calcular sus posiciones, tanto en su movimiento directo como en su movimiento retrógrado.

La idea básica de las efemérides, tanto de las lunares como de las planetarias, es que consisten en un tratamiento *separado* de cada fenómeno, cada uno de los cuales es característico por sí mismo.

LA HISTORIA DE LA CIENCIA Y LA ASTRONOMÍA BABILONIA.

En la exposición precedente hemos señalado, en el marco de la introducción, la relación entre la astronomía babilonia y la astrología, y, en el marco del calendario, algunos de los elementos básicos de esta teoría astronómica ligados al perfeccionamiento del mismo. Ello podría sugerir que la caracterizamos en términos de su asociación aparentemente indisoluble con la religión o la magia, por un lado, y en términos de su naturaleza fundamentalmente práctica, por otro. La astronomía babilonia, por tanto, se presentaría como precientífica o como no-científica. El objetivo de este apartado es mostrar que esta conclusión no se sigue necesariamente de esas premisas, y que las premisas mismas están sujetas a revisión.

En *A consideration of babylonian astronomy within the historiography of science*⁹, Francesca Rochberg señala dos razones por las que esta astronomía no ha sido considerada en las historias generales de la ciencia: la idea, heredada de la filosofía de la ciencia positivista y sus criterios de demarcación, de que Grecia inventó la naturaleza, los principios y leyes naturales, y por tanto la ciencia, mientras que las culturas precedentes del Próximo Oriente sólo fueron capaces de desarrollar conocimiento práctico (técnicas) y religión (mitología), pero no ciencia; y una trayectoria historiográfica accidentada que comienza en el siglo XIX, motivada inicialmente por el desconocimiento de las fuentes, pero que no variará sustancialmente una vez que se han descifrado los textos cuneiformes debido al arraigo profundo de la idea anterior.

En 1817 se publica *Historie de l'astronomie ancienne* de Delambre. Se trata de una historia del desarrollo de modelos geométricos, en concreto esféricos, del movimiento de los cielos comenzando con Eudoxo y siguiendo con Hiparco, Ptolomeo, Copérnico, Kepler, hasta acabar en Newton. En este momento estaba comenzando el redescubrimiento de las culturas de Oriente Próximo y los textos cuneiformes estaban aún a varias décadas de su desciframiento, por lo que Babilonia no tenía ningún papel que jugar en esta reconstrucción. Por otra parte, Occidente asociaba a los caldeos (babilonios) con la práctica de la astrología¹⁰.

En 1821 había algunos elementos de esta astronomía incluidos en la astronomía europea: la división del círculo en 360°, la convención de medir el tiempo de acuerdo con el sistema sexagesimal, el zodiaco, y un número de parámetros tales como la duración de un mes sinódico; pero sus orígenes babilonios eran inmateriales, y nadie sabía cómo ubicarlos en ese contexto.

En la segunda mitad del siglo XIX los expertos se dedicaron más intensamente a la traducción y el análisis de las inscripciones cuneiformes. En las últimas dos décadas el asiriólogo J. Nepomuk Strassmaier, que trabajaba en el Museo Británico, copió las inscripciones de las últimas tablas babilónicas (datadas en la última mitad del primer milenio). Como muchas de ellas consistían principalmente de números, nombres de meses y términos técnicos desconocidos para él, pidió ayuda a J. Epping, profesor de matemáticas y astronomía. El resultado de esta colaboración, que se publicó en 1881, fue el descubrimiento de una astronomía matemática. Era una astronomía posicional (además de cuantitativa y predictiva) de un tipo completamente distinto a cualquier otra astronomía antigua conocida. Difería de la tradición del *Almagesto* de Ptolomeo y de sus descendientes en sus metas, métodos, y en la naturaleza de su teoría planetaria y lunar, y su análisis condujo al reconocimiento de su conexión con la astronomía griega y, por extensión, con la tradición de la astronomía europea. El legado de la astronomía babilonia en ambas era demostrable. Pero también era posible discernir las diferencias entre ellas.

La astronomía babilonia no se apoya ni depende de un marco cosmológico esférico, ni hace uso de modelos geométricos de los cuerpos celestes que se mueven alrededor de una

La idea básica de las efemérides, tanto de las lunares como de las planetarias, es que consisten en un tratamiento separado de cada fenómeno, cada uno de los cuales es característico por sí mismo.

LA HISTORIA DE LA CIENCIA Y LA ASTRONOMIA BABILONIA.

En la exposición precedente hemos señalado, en el marco de la introducción, la relación entre la astronomía babilonia y la astrología, y, en el marco del calendario, algunos de los elementos básicos de esta teoría astronómica ligados al perfeccionamiento del mismo. Ello podría sugerir que la caracterizamos en términos de su asociación aparentemente indisoluble con la religión o la magia, por un lado, y en términos de su naturaleza fundamentalmente práctica, por otro. La astronomía babilonia, por tanto, se presentaría como precientífica o como no-científica. El objetivo de este apartado es mostrar que esta conclusión no se sigue necesariamente de esas premisas, y que las premisas mismas están sujetas a revisión.

En *A consideration of babylonian astronomy within the historiography of science*⁹, Francesca Rochberg señala dos razones por las que esta astronomía no ha sido considerada en las historias generales de la ciencia: la idea, heredada de la filosofía de la ciencia positivista y sus criterios de demarcación, de que Grecia inventó la naturaleza, los principios y leyes naturales, y por tanto la ciencia, mientras que las culturas precedentes del Próximo Oriente sólo fueron capaces de desarrollar conocimiento práctico (técnicas) y religión (mitología), pero no ciencia; y una trayectoria historiográfica accidentada que comienza en el siglo XIX, motivada inicialmente por el desconocimiento de las fuentes, pero que no variará sustancialmente una vez que se han descifrado los textos cuneiformes debido al arraigo profundo de la idea anterior.

En 1817 se publica *Historie de l'astronomie ancienne* de Delambre. Se trata de una historia del desarrollo de modelos geométricos, en concreto esféricos, del movimiento de los cielos comenzando con Eudoxo y siguiendo con Hiparco, Ptolomeo, Copérnico, Kepler, hasta acabar en Newton. En este momento estaba comenzando el redescubrimiento de las culturas de Oriente Próximo y los textos cuneiformes estaban aún a varias décadas de su desciframiento, por lo que Babilonia no tenía ningún papel que jugar en esta reconstrucción. Por otra parte, Occidente asociaba a los caldeos (babilonios) con la práctica de la astrología¹⁰.

En 1821 había algunos elementos de esta astronomía incluidos en la astronomía europea: la división del círculo en 360°, la convención de medir el tiempo de acuerdo con el sistema sexagesimal, el zodiaco, y un número de parámetros tales como la duración de un mes sinódico; pero sus orígenes babilonios eran inmateriales, y nadie sabía cómo ubicarlos en ese contexto. En la segunda mitad del siglo XIX los expertos se dedicaron más intensamente a la traducción y el análisis de las inscripciones cuneiformes. En las últimas dos décadas el asiriólogo J. Nepomuk Strassmaier, que trabajaba en el Museo Británico, copió las inscripciones de las últimas tablas babilónicas (datadas en la última mitad del primer milenio). Como muchas de ellas consistían

principalmente de números, nombres de meses y términos técnicos desconocidos para él, pidió ayuda a J. Epping, profesor de matemáticas y astronomía. El resultado de esta colaboración, que se publicó en 1881, fue el descubrimiento de una astronomía matemática. Era una astronomía posicional (además de cuantitativa y predictiva) de un tipo completamente distinto a cualquier otra astronomía antigua conocida. Difería de la tradición del Almagesto de Ptolomeo y de sus descendientes en sus metas, métodos, y en la naturaleza de su teoría planetaria y lunar, y su análisis condujo al reconocimiento de su conexión con la astronomía griega y, por extensión, con la tradición de la astronomía europea. El legado de la astronomía babilonia en ambas era demostrable. Pero también era posible discernir las diferencias entre ellas.

La astronomía babilonia no se apoya ni depende de un marco cosmológico esférico, ni hace uso de modelos geométricos de los cuerpos celestes que se mueven alrededor de una

Tierra central, aunque si utilizaba las coordenadas celestes, principalmente grados de latitud y longitud eclíptica. Su meta no era diseñar o construir un modelo del movimiento planetario tal que pudieran derivarse secundariamente de él los fenómenos sinódicos visibles como las primeras y las últimas visibilidades, las retrogradaciones y los movimientos estacionarios. En su lugar, los movimientos sinódicos y en concreto los fenómenos horizontales de salidas y ocasos eran centrales, y cualquier posición de un cuerpo celeste en momentos arbitrarios entre las apariciones podía derivarse por interpolación. Su interés no era tanto por la posición (longitud eclíptica geocéntrica) de un cuerpo celeste en algún momento dado t , posteriormente desarrollado en una de las ramas de la astronomía griega, como por la posición de un cuerpo celeste cuando t es una de las apariciones (o desapariciones) sinódicas de dicho cuerpo.

Lo que subyace a esta astronomía es una comprensión y un control aritmético sobre «las velocidades» (progreso en longitud durante un cierto período) variables del Sol y los planetas en la teoría planetaria (o del Sol y la Luna en la teoría lunar), la inclinación variable entre la eclíptica y el horizonte a lo largo del año, y las condiciones de visibilidad cerca del horizonte, que es donde tenían lugar la mayoría de las apariciones sinódicas. El interés principal, por tanto, era «el arco sinódico», la distancia en grados de longitud que atraviesa un planeta (o la Luna) entre fenómenos consecutivos del mismo tipo. Este modelo matemático se fijaba a la eclíptica, y obtuvieron con ello valores excelentes de algunos periodos lunares y planetarios relevantes que le dieron una dimensión cuantitativa¹¹.

Las publicaciones de O. Neugebauer en los años 50¹² dieron a conocer a un público cada vez más amplio esta astronomía, pero la recepción de esas nuevas fuentes dentro de las historias generales de las ciencias no fue commensurable ni con su carácter ni con su significación. El argumento en este caso era que aunque la astronomía babilonia era técnicamente sofisticada, sus logros no habían tenido impacto alguno en el tipo de pensamiento asociado con la ciencia occidental: abstracción, axiomatización, demostración o prueba matemática.

Este nuevo argumento se sumaba a los anteriores, que no habían variado, y confluían en el mismo punto: la investigación natural de esta cultura fue incapaz de crear ciencia, primero, porque produjo conocimiento práctico (lo que se evidencia en la elaboración del calendario y en las listas de estrellas) y no una teoría astronómica; segundo, porque abordó el estudio de los fenómenos naturales como un medio a través del cual comunicarse con las divinidades (lo que se manifiesta en el predominio de la astrología sobre la astronomía). Para Rochberg se trata de dos objeciones de distinto tipo. La primera apuntaría hacia un problema epistemológico, el que se configura en torno a la dicotomía entre conocimiento teórico y práctico, y la segunda hacia un problema pragmático, de metas o fines, en el que la astronomía se ve comprometida por su asociación con la astrología. De ellas se deriva la consideración del pensamiento babilónico como no teórico (cognitivamente ordinario como opuesto a científico), y como no racional (lo religioso como opuesto, nuevamente, a científico). Parece entonces que la valoración que se hizo y se sigue haciendo de esta astronomía no ha sufrido ningún tipo de cambio pese a que actualmente disponemos de un conocimiento cada vez mayor y más exhaustivo de sus fuentes. Quizá el problema radique en la utilización anacrónica de conceptos como «ciencia» y «religión», en la retroproyección de nuestros propios esquemas conceptuales, valores, y criterios, a la hora de reconstruir y evaluar las culturas y teorías del pasado.

Finalmente, y volviendo a las premisas que figuran en el comienzo de este apartado y que hacían referencia a la estructura y organización del precedente, señalar sólo dos cuestiones. En primer lugar, puede afirmarse, como hemos hecho, el vínculo entre astronomía y astrología sin que ello suponga inferir las conclusiones anteriores. Disponemos en la cultura babilónica de mitos cosmogónicos, de listas de augurios o presagios, y de textos astronómicos. En concreto las listas indican que los fenómenos celestes fueron el objeto de una considera-

Tierra central, aunque sí utilizaba las coordenadas celestes, principalmente grados de latitud y longitud eclíptica. Su meta no era diseñar o construir un modelo del movimiento planetario tal que pudieran derivarse secundariamente de él los fenómenos sinódicos visibles como las primeras y las últimas visibilidades, las retrogradaciones y los movimientos estacionarios. En su lugar, los movimientos sinódicos y en concreto los fenómenos horizontales de salidas y ocaso eran centrales, y cualquier posición de un cuerpo celeste en momentos arbitrarios entre las apariciones podía derivarse por interpolación. Su interés no era tanto por la posición (longitud eclíptica geocéntrica) de un cuerpo celeste en algún momento dado t , posteriormente desarrollado en una de las ramas de la astronomía griega, como por la posición de un cuerpo celeste cuando t es una de las apariciones (o desapariciones) sinódicas de dicho cuerpo.

Lo que subyace a esta astronomía es una comprensión y un control aritmético sobre «las velocidades» (progreso en longitud durante un cierto período) variables del Sol y los planetas en la teoría planetaria (o del Sol y la Luna en la teoría lunar), la inclinación variable entre la eclíptica y el horizonte a lo largo del año, y las condiciones de visibilidad cerca del horizonte, que es donde tenían lugar la mayoría de las apariciones sinódicas. El interés principal, por tanto, era «el arco sinódico», la distancia en grados de longitud que atraviesa un planeta (o la Luna) entre fenómenos consecutivos del mismo tipo. Este modelo matemático se fijaba a la eclíptica, y obtuvieron con ello valores excelentes de algunos períodos lunares y planetarios relevantes que le dieron una dimensión cuantitativa¹¹.

Las publicaciones de O. Neugebauer en los años 50¹² dieron a conocer a un público cada vez más amplio esta astronomía, pero la recepción de esas nuevas fuentes dentro de las historias generales de las ciencias no fue conmensurable ni con su carácter ni con su significación. El argumento en este caso era que aunque la astronomía babilonia era técnicamente sofisticada, sus logros no habían tenido impacto alguno en el tipo de pensamiento asociado con la ciencia occidental: abstracción, axiomatización, demostración o prueba matemática.

Este nuevo argumento se sumaba a los anteriores, que no habían variado, y confluían en el mismo punto: la investigación natural de esta cultura fue incapaz de crear ciencia, primero, porque produjo conocimiento práctico (lo que se evidencia en la elaboración del calendario y en las listas de estrellas) y no una teoría astronómica; segundo, porque abordó el estudio de los fenómenos naturales como un medio a través del cual comunicarse con las divinidades (lo que se manifiesta en el predominio de la astrología sobre la astronomía). Para Rochberg se trata de dos objeciones de distinto tipo. La primera apuntaría hacia un problema epistemológico, el que se configura en torno a la dicotomía entre conocimiento teórico y práctico, y la segunda hacia un problema pragmático, de metas o fines, en el que la astronomía se ve comprometida por su asociación con la astrología. De ellas se deriva la consideración del pensamiento babilónico como no teórico (cognitivamente ordinario como opuesto a científico), y como no racional (lo religioso como opuesto, nuevamente, a científico). Parece entonces que la valoración que se hizo

y se sigue haciendo de esta astronomía no ha sufrido ningún tipo de cambio pese a que actualmente disponemos de un conocimiento cada vez mayor y más exhaustivo de sus fuentes.

Quizá el problema radique en la utilización anacrónica de conceptos como «ciencia» y «religión», en la retroproyección de nuestros propios esquemas conceptuales, valores, y criterios, a la hora de reconstruir y evaluar las culturas y teorías del pasado. Finalmente, y volviendo a las premisas que figuran en el comienzo de este apartado y que hacían referencia a la estructura y organización del precedente, señalar sólo dos cuestiones. En primer lugar, puede afirmarse, como hemos hecho, el vínculo entre astronomía y astrología sin que ello suponga inferir las conclusiones anteriores. Disponemos en la cultura babilónica de mitos cosmogónicos, de listas de augurios o presagios, y de textos astronómicos. En concreto las listas indican que los fenómenos celestes fueron el objeto de una considera-