

JOSÉ LOIS ESTEVÉZ

**EL MILAGRO DE ALEJANDRÍA
Y
OTROS ESTUDIOS**

SANTIAGO, 1997

El Milagro de Alejandría y otros Estudios
Por José Lois Estévez.
Es propiedad del autor.
Edita él mismo.
Imprime: El mismo.
Depósito legal: C009/97
I.S.B.N.: 978-84-609-9817-4

D e d i c a t o r i a

A la memoria de D. Ángel Bugallo Pita, en testimonio de admiración a su labor como médico y odontólogo, como humanista y como amigo... sin enemigos.

XII

UNA PRIMERA EXPLORACIÓN DEL CIELO

La vista al firmamento y el alma aun más allá, tras lo divino; el ser entero atento al indicio más fino que desfigure un astro o su camino...

Aquí, la Tierra hurtada a los mimos del Sol, como una esposa, reposa descuidada; allí, nada reposa: todo es fulgor y estela melodiosa.

Cesaron los sonrojos, besos y adioses de la despedida. Ya pueden ver los ojos la luz inadvertida que vende a cada estrella en su guarida...

J.L.E.

1. Visión sumaria de las constelaciones.

¡He ahí, por fin, el cielo estrellado, desplegado ante nuestros ojos atónitos! Hoy, como ayer, como mañana, como siempre, despertará en nuestro espíritu la emoción sobrecogedora de cuanto entraña la más honda sublimidad. ¡Vedlo bien! Estamos en una noche del otoño tardío, lejos de la ciudad y de sus luces perturbadoras, en pleno campo y con la sola mira de explorar los remotos destellos que nos evocan otros mundos. ¡Nosotros no necesitamos recurrir a esos complicados “planetarios” de que disfrutaban algunas grandes urbes para aprender la primera y más íntima lección de Astronomía! Nos basta con salir al aire libre, en un lugar donde altos árboles no se interpongan, establecernos cómodos para observar y escudriñar curiosos la bóveda celeste.

La suerte nos ha sido propicia. El tiempo es plácido y adecuado. La atmósfera, refrescada por las últimas lluvias, que ya nos fatigaban hace días, trasparece hasta para las estrellas más tenues. El aire está inmóvil, como testifica la fronda silenciosa, los arbustos y las yerbecillas inertes. Ni una nube, ni el más ligero vestigio de bruma vela el terso azul donde chisporrotean aglomerados los astros. Cerca del poniente, la luna, en la primera de sus fases, brilla nítida y candorosa. Pronto, transpuesto el horizonte, ni siquiera su luz amortiguada deslucirá el vacilante rutilar de los más humildes luminares del firmamento. Es, pues, ocasión promisoriosa para sondear las maravillas incontables que fulgen en lo alto.

¡Tratemos de orientarnos primero! Dirigiendo la vista hacia el cielo del norte, procuremos identificar la Osa Mayor, la constelación cuya porción más brillante se ha interpretado tradicionalmente como un carro. A la hora en que da comienzo nuestra investigación -las 21 de Greenwich: es decir, las diez de la noche según la hora oficial española- el llamativo grupo se divisa conspicuo sobre nosotros, hacia el noroeste. Las refulgentes siete estrellas del Carro -cuatro en el trapecio, tres en la lanza- se localizan casi sin esfuerzo. ¡He ahí su familiar figura bien a la vista! ¡Fijémonos en ella: será la inconfundible referencia para iniciar con seguridad la exploración del cielo! En adelante, habrá de servirnos una y otra vez, a modo de puntero, para ir localizando las más interesantes constelaciones. (Fig. 1).

A fin de saber orientarnos con precisión en lo sucesivo, vamos a comenzar nuestras pesquisas determinando la posición de la Estrella Polar. Esta es “actualmente” *Alfa Ursae Minoris*; es

decir, la estrella más brillante de la Osa Menor (⁵⁸). Se la encuentra sin dificultad, prolongando unas cinco veces la recta imaginaria que une las dos estrellas posteriores del Carro/ en la Osa Mayor. (Vid. Fig. 1).

Para no desconcertarse alguna vez por las sucesivas posiciones que en el curso de las horas y de los meses va tomando en el cielo *Hélice*, como llamaban los griegos al Gran Carro, conviene que nos habituemos ya desde el principio a su giro en torno al polo celeste,

A consecuencia de la rotación de la Tierra, todos los astros describen una circunferencia, con centro en el polo, completada en 24 horas (más exactamente, en 23h, 54m, 4s,091) (Vid. fig. 2). Pues bien, la Osa Mayor, estando naturalmente animada del mismo movimiento, cada doce horas ocupa en la bóveda celeste posiciones diametralmente opuestas y cada seis habrá descrito un ángulo de 90°. La figura 4 muestra esta diversidad de apariencias, sin cuyo conocimiento puede darse el caso de que un principiante busque la Polar en dirección contraria. Hay que cuidar de que el arranque de la visual se tome en la estrella Merak (beta U M.), la opuesta diagonalmente a la que une Lanza y Carro (llamada Megrez, delta U. M.).

Si más allá de la Polar prolongamos aún la visual que fija la posición de aquella, recaeremos en Pegaso, una constelación fácil de distinguir por su forma; un gran trapecio, del que arranca, hacia un extremo, la uve aguda e irregular de Andrómeda y hacia el otro un arco mal trazado; los rasgos de la uve apuntan: el más largo hacia Algol, una curiosa variable por eclipse (⁵⁹), de corto período, sita en Perseo; y el más corto en dirección a Casiopea, una hermosísima constelación circumpolar, opuesta al gran Carro, que se parece a una *W* alargada.

Para proseguir identificando las constelaciones, volvamos a la Osa Mayor, para nuevos rastreos. Trataremos de dar ahora con una de las más brillantes estrellas (la 2ª en luminosidad aparente del hemisferio boreal): *Arturo*, en la constelación del Boyero. A ella nos lleva la simple prolongación visual de la curva descrita imaginariamente por la Lanza del supuesto Carro (Fig. 1). Para encontrarla, hay que tener la precaución de observar en las primeras horas de la noche, pues en esta época del año se pone pronto. No sucedería lo mismo en el verano. Es más: a lo largo del estío podríamos continuar aún más allá los trazos virtuales de nuestra curva y tropezaríamos con *Spica*, la iridiscente estrella de la Virgen, próxima al ecuador celeste.

Señalaremos también, de pasada, aunque a estas horas no podamos verla, que el centro de la circunferencia descrita por nuestros ojos en su persecución de Arturo -e intencionalmente, también de Spica- se sitúa en la constelación del León, bien notoria por el misterioso interrogante con que se abre, puntuado por la esplendorosa *Regulo* (el “reyezuelo”, “la regla del cielo”, según Copérnico) y el triángulo con que se cierra, en cuyo vértice más agudo resplandece una estrella de segunda magnitud, *Denébola*.

Otras dos constelaciones, fácilmente localizables a partir del Carro, son el Auriga y los Gemelos. Una diagonal al trapecio, en opuesto sentido al de la Lanza, nos conducirá hasta *Pólux*, una estrella amarilla de primera magnitud, separada sólo 5 grados de *Castor*, también muy luminosa, blanca y con la particularidad de constituir un sistema muy complejo, con tres componentes dobles (sí bien sólo el telescopio desvela este secreto) (Vid. fig. 1).

⁵⁸ Los astrónomos han adoptado (desde Bayer, en 1603) para designar a las estrellas la convención de ordenarlas en función de su brillo, dentro de cada constelación, y asignarles letras del alfabeto griego o latino, y en ese mismo orden.

⁵⁹ Las estrellas llamadas “variables” muestran sensibles diferencias de brillo en períodos más o menos largos. Las causas de tales alternancias son diversas. En el caso particular de las “eclipsantes” las variaciones de luminosidad aparente se deben al hecho de ser “dobles” o “múltiples” esas estrellas, por lo cual, según que la posición en sus órbitas permita, o no, verlas simultáneamente, su brillo se sumará, restará o disminuirá (cuando la menos luminosa ocupe el primer término).

La otra diagonal, prolongada en el mismo sentido, nos transportará hasta **Capella**, la gema incomparable del Auriga, una estrella triple, que es la cuarta en brillo de las que lucen en nuestro cielo. (Fig. 5).

Contiguo al Auriga se ve al Toro, con **Aldebaran** y las **Híadas**. Aldebarán es una estrella doble, rojiza. que dista de nosotros más de 50 años luz. Las **Híadas** forman un cúmulo galáctico y pueden entrecruzarse a simple vista, pese a que su distancia de nosotros sobrepasa los cien años luz. Para terminar esta sumaria descripción del cielo en el otoño, debemos indicar todavía la posición de algunas otras estrellas que cuentan entre las más fúlgidas.

Abandonando, para eso, la Osa Mayor (no sin agradecerle sus buenos oficios), dediquemos, por un instante, nuestra solicitud a Casiopea. la majestuosa constelación que ronda la Polar en competencia con el Carro, y que por estas horas anda por las proximidades del cenit. Superando la incomodidad de mirarla, prolonguemos mentalmente, huyendo de Perseo, la directriz de sus tres estrellas centrales. Descubriremos a **Deneb**, en la constelación del Cisne: una especie de cruz irregular que parece señalar la zona donde se bifurca la Vía Láctea. Si tomamos a Deneb como vértice de un grandioso triángulo rectángulo, encontraremos sin esfuerzo las otras dos estrellas que contribuyen a formarlo: Son **Vega**, en la Lira, (la cruz del Cisne parece inclinársele, en homenaje a su magnificencia superior- Vega sólo cede a **Sirio y al Arturo, 5ª en brillo aparente en todo el cielo-** y **Altair**, cuya constelación -el Águila- aparenta volar en persecución del Cisne. Nos falta, por último, alcanzar **Fomalhaut**, en el Pez Austral, a estas horas arañando literalmente el horizonte con sus destellos; y a Orión, desde los Gemelos (Fig. 5 y 6), cuyo tahalí se asoma en estos momentos para delicia de nuestros ojos, ¡Observad con cuidado a Orión: es la joya del cielo! ¡No es extraño que haya prestado inspiración a muchos poetas! ⁽⁶⁰⁾, La rojiza estrella que le sirve de heraldo es **Betelgeuse**, una verdadera supergigante a 300 años luz de distancia. En el vértice que se le opone en el gran cuadrilátero está **Rigel**, brillantísima, blanquiazulada, doble, también supergigante; pero aún más lejana, a 540 años-luz y con una luminosidad que excede en más de veinte mil veces la del Sol. Sobre **Rigel**, frente a Betelgeuse se halla Bellatrix, con 1,70 de magnitud aparente. De seguir esperando vigilantes, veríamos despuntar a **Sirio**,

⁶⁰ En la **Odisea** V, 270-276 se lee:

“Alborozado. Ulises desplegó con presura las velas y sentándose a popa, sin que el sueño cerrara sus párpados., con mano maestra regía el timón de su nao, la mirada en las Pléyades., al Boyero de tardos ocasos, y en el Carro que ronda sin pausa su centro inmutable, al acecho de Orión, sin bañarse, ella sola, en los mares... En “**Los Trabajos y los Días**” Hesíodo testimonia cómo las faenas agrícolas iban ligadas a una especie de calendario celeste.

“Cuando las Pléyades, Las Hyadas y el poderoso Orión no estén visibles, recuerda que es el tiempo de preparar la sementera” (615-617).

“En cuanto el vigoroso Orión se haga presente, mezcla dos partes de agua y una de vino y mándale a tus jornaleros que majen el trigo bendito de Deméter en un lugar llano y descubierto (595-599).

“Cuando salen las Pléyades, hijas de Atlas, inicia la recolección. Y la labranza cuando se ponen (383-384).

“Sesenta días después de que el Sol se recobre, Zeus dispone que se acabe el invierno. Y entonces Arturo, desprendiéndose de su lecho sagrado en el océano, supera jubiloso las espesas tinieblas (564-567).

“Cuando Orión y Sirio lleguen a la mitad del Cielo y la aurora de rosados dedos contemple el Arturo, corta los racimos de uvas y llévalos a casa” (609-611).

“Cuando, huyendo del tremendo poder de Orión las Pléyades se precipiten en el negro mar, la época de navegar ha terminado” (619-620).

En la Biblia (Job, IX,9) se cita también Orión (aunque Schiaparelli no comparta la interpretación tradicional y crea que el nombre utilizado signifique realmente Aldebarán). El texto bíblico, según la traducción de Bover-Cantera, dice: “Ha creado la Osa y Orión, las Pléyades y las Cámaras del Sur”. Esta última lectura no parece convincente. Ciertamente podría ser la denominación perdida de una constelación incógnita; pero también -y lo creo más probable- una forma poética de aludir a las constelaciones australes “invisibles” en latitudes boreales. Así interpretan el texto, p. e., Shuster y Holzamier: **Historia Bíblica** (Riezu), Barcelona, 1934, nº marg. 760.

sucediendo a Orión y atando siempre nuestros ojos a sus cromáticas melodías incomparables. ¡Vale la pena contemplarla! ¡Ninguna otra estrella emula su luz ni sus candores! Su atractivo es irresistible y ha dejado huella en la literatura universal ⁽⁶¹⁾. Hemos perdido, en cambio, la oportunidad de contemplar *Antares*, en Scorpio, una supergigante roja, de primera magnitud, a 250 años-luz de nosotros - La encontraríamos en el Sur, a esta misma hora, un par de meses antes.

2. Movimiento aparente de los astros.

El hombre medio de nuestros días está informado desde la escuela sobre los movimientos “reales” más importantes que ocurren en la esfera celeste. En rigor, este conocimiento, puramente memorístico de los datos, enmascara las “apariencias”; es decir, los fenómenos observables; y hace prácticamente imposible para la mayoría de la gente entender de verdad lo que pasa en el Universo.

Un enfoque más adecuado para un auténtico aprendizaje exigiría seguir una táctica completamente distinta, haciendo notar primero lo que se ve, mostrando cómo puede verse y

61.

*“Como el astro que nace en el otoño
y el perro de Orión llaman los hombres,
brilla entre las estrellas, con sus rayos
a las demás en claridad venciendo,
en la profunda noche; y aunque sea
tan reluciente y bello, infausto anuncia
y acarrea a los míseros mortales
dolencias peligrosas...”*

Homero: *Iliada*, XXII, 25-30

(Cito según la traducción de Henosilla).

*También Virgilio tiene varias veces presente a Sirio en su obra. En *Geórgicas* (IV, 425), le llama “rápido” y dice de él que “ardiendo con fiereza tuesta a los indios sedientos”: en la *Eneida* (III, 141) le hace “abrasar los campos” y en (X, 270-275) escribe este fragmento inolvidable:*

*“Ardet apex capiti cristisque a vértice flamma
funditur et vastos umbo vomit aureus ignes:
non secus ac liquida si quando nocte cometae
sanguinel lúgubre rubent aut Sirius ardor;
ille sitim morbosque ferens mortalibus aegris
nascitur et laevo contristat lumine caelum”.*

Lorenzo Riber lo traduce así: “Arde el yelmo en la cabeza de Eneas, y de la alta cimera arroja llama, y el áureo escudo vomita grandes fuegos. Como tal vez en la noche serena, lúgubrementemente rojean los cometas sangrientos o enciende su llama Sirio, que al nacer denuncia a los tristes sed y pestilencias, y con su siniestra luz pone luto en el cielo”.

*Asimismo NICANDRO, en su *Zeríaca*, recuerda cómo “el admirable signo de Orión, el Cazador celeste, rutilando deslumbrante entre todas las Constelaciones, seduce a quienes lo contemplan”.*

Inspirándose también en Hornero y llamándole impropriamente “astro del Orión”, escribió Manuel de Cabanyes, uno de los más grandes poetas españoles del siglo XIX:

*“¡Astro del Orión., hermoso brillas
en las tardes de otoño, mas tu lumbre
nuncia de tempestades,
llena de luto el alma
del labrador que en torno al duro lecho
enjambre ve de nudos parvulillos!”*

M. de Cabanyes: “El Estío”. 355

justificando a continuación *por qué* se dan tales apariencias. Tal es la forma expositiva que se quiere adoptar aquí, pues, en fin de cuentas, *no hay otros hechos*, mientras que las explicaciones no son sino su descripción en términos de teorías científicas.

Cuando un observador carente de ideas preconcebidas dirige su atención a los cielos, se siente como instalado dentro de una bóveda semiesférica, seccionada por el disco abrupto de la tierra firme, en cuyo centro se figura estar. Si de día escudriña qué curso siga el Sol, comprobará sin trabajo cómo asoma por el Este, describe una órbita circular, con máxima altura en el Sur, declina y se pone por el Oeste. De proseguir sus observaciones durante días verificará también, con la misma facilidad, que los ortos y ocasos del Sol no se producen en posiciones invariables ni respecto al horizonte local ni con referencia al transfondo de las constelaciones. (Obsérvelo por sí mismo! Registre hoy, al alba y/o al ocaso, el punto exacto en que el Sol aparece o desaparece de su vista y fíjese en las constelaciones que, como escoltándolo, se desvanecen o se perciben tras él, según se muestre o se halle ausente. Asegúrese de cuáles son y anote la hora justa (lea, primero, en su reloj, los segundos, luego los minutos) en que el centro del Sol o uno de sus bordes raya el horizonte.

Observe de nuevo algunos días después: El Sol ya no se pone exactamente en el mismo sitio; tampoco serán las mismas las estrellas que le sirven de fondo.

Imaginemos -con toda malicia- que la primera de nuestras observaciones se haya efectuado el 21 de Marzo. El Sol habrá nacido ese día precisamente en el verdadero punto Este del horizonte y se habrá puesto en el Oeste mismo. Si la siguiente observación se retrasa, por ejemplo, hasta primeros de Abril, será visible en el naciente y en el poniente un corrimiento hacia el Norte y cada vez irá más alto, hacia el cenit, en el mediodía.

Supongamos trazada la *meridiana* en nuestro puesto de observación; es decir, la recta que une el Norte y el Sur verdaderos; la línea perpendicular a ella ilustra la posición del *primer vertical*, y fija la dirección Este-Oeste, Excepto el 21 de Marzo y el 23 de Septiembre los ortos y ocasos solares se desvían hacia el Norte o hacia el Sur del primer vertical. A la medida angular de estas desviaciones, que determinan una mayor o menor altura en las culminaciones meridianas del Sol, se la llama *amplitud ortiva* u *occidua*, la cual es mínima en los equinoccios y máxima en los solsticios. En cambio, la velocidad a la que se desplazan diariamente los ortos y ocasos solares en relación al primer vertical, tiene, a la inversa, su máximo en los equinoccios y su mínimo en los solsticios. De ahí esta denominación, pues “solsticio” significa etimológicamente “Sol estacionario”, en gracia de que, por estas fechas, nuestra estrella rectora parece haber formalizado su carrera y salir y ponerse en puntos fijos. ¡Vana esperanza, pues vuelve enseguida a sus malos hábitos!

La misma volubilidad muestra el Sol en sus culminaciones meridianas. Su distancia cenital es mínima el 21 de Junio; va creciendo paulatinamente hasta ser máxima, el 22 de Diciembre y nuevamente disminuye hasta el solsticio del estío. La altura media de culminación superior la alcanza en los días 21 de Marzo y 23 de Septiembre; por eso, en tales ocasiones son de igual duración el día y la noche -“equinoccios” = “noches iguales” (a los días)-; si bien, por raro que se juzgue, es entonces cuando la velocidad a que cambia la altura se hace máxima.

Volviendo una vez más a las constelaciones como puntos de referencia para percatarse del movimiento aparente del Sol, podremos comprobar, sin necesidad de esforzarnos, los siguientes hechos:

1º) Al revés que el Sol, las demás estrellas nacen y se ponen siempre por los mismos puntos del horizonte.

2º) Las diferencias de tiempo entre las puestas de Sol y de una estrella cualquiera determinada se acortan cada día; la estrella precipita su ocaso o el Sol retarda el suyo, ya que, tras algún tiempo, la estrella desaparece de la vista, atrapada por la luz monopolizadora del astro-rey.

3º) Si nuestras observaciones se realizan de madrugada, el resultado será que una estrella nacida hoy un poco antes que el Sol, parecerá huirle de día en día, teniendo su orto cada vez más temprano. El efecto es que *las constelaciones de poniente se corren hada el Sol y las del naciente parecen escaparle*.

4º) La aceleración diaria de los ortos y ocasos de las estrellas, computada con un reloj preciso, es de $31, 56'' .555$, lo que hace aproximadamente una hora cada 15 días. Con más exactitud, un día cada año, según aclararemos enseguida.

5º) Como consecuencia de tal disparidad en los movimientos aparentes del Sol y de las estrellas, las constelaciones visibles cambian con el tiempo: la luz solar, deslumbrante en la atmósfera, las encubre sucesivamente. De ahí que, salvo las constelaciones circumpolares, que en latitudes medias pueden verse perennes en el cielo, el paisaje estelar varíe de una estación a otra. Las figuras 8-11 muestran este cambio en latitudes similares a la nuestra.

6º) Supongamos ahora, para comprender a fondo el asunto, que tenemos ante nosotros un globo celeste (representado aquí en la figura 12) y que vamos a inscribir sobre él, según observaciones propias, las posiciones diarias del Sol en su paso por el meridiano. PP' son en nuestro globo los polos del movimiento diurno y EE' el ecuador celeste. Imaginemos que el primer día de observación, mediante un instrumento astronómico adecuado y a la hora exacta de la culminación superior del Sol, referida a su centro: medimos la distancia polar a que se produce, que es el complemento de su *declinación*. A los grados, minutos y segundos que hayamos obtenido, marcamos con un punto esa posición sobre nuestro globo y la subrayamos con un pequeño circulito (el procedimiento designativo es práctico, porque no es otro el signo astrológico del Sol). El mismo día, busquemos una estrella testigo cuyo paso meridiano coincida o difiera muy poco del solar. Démosla por hallada. Y sea * su signo, Seguimos día por día, con perseverancia infatigable realizando v anotando del mismo modo idénticas observaciones. Los resultados serán los que revela el diseño: El registro de las posiciones del Sol durante el año, a mediodía verdadero, en tiempo local, de la ver su órbita aparente, llamada *eclíptica*, la cual, como acredita la figura, interseca al ecuador en dos puntos (los equinocciales) y forma en conjunto con él un ángulo de $23^{\circ} 27' 8'' .26-0,4648$ (t-1900). Ni que decir tiene que cuando el centro solar está sobre el ecuador, su distancia angular al polo es de 90 grados.

En contraste con la variabilidad de las coordenadas solares, la *declinación* de las estrellas y su *ascensión recta* (pronto sabremos qué significa esta denominación) se mantienen prácticamente constantes: La órbita aparente de las estrellas es paralela al ecuador v descrita con movimiento uniforme; los ortos, ocasos v alturas de culminación tampoco varían en forma apreciable. ¿Cómo se explica entonces la aceleración diaria de $3 \setminus 56'' ,555$ a que nos hemos referido antes?

El problema no encierra dificultad. Cuando vigilábamos la marcha de una estrella comprobando la hora diaria de su orto, tránsito meridiano u ocaso, nos servíamos de un reloj corriente, ajustado a la hora "oficial"; es decir, *al tiempo (solar) medio* del meridiano fundamental (Greenwich), con cierto adelanto en España (una o dos horas). Pero es el caso que el día solar, que con sus divisores y múltiplos, vale como nuestra unidad básica de tiempo, no tiene una dimensión uniforme, ni es igual al *día sidéreo*.

En efecto, el día sidéreo es la fracción de tiempo comprendida entre dos culminaciones del verdadero punto equinoccial de primavera, o de Aries (no de cualquier estrella en particular). Un reloj sidéreo marcará $0^h, 0^m, 0^s$ en el instante del tránsito superior del punto vernal (mediodía sidéreo). Tal *locus* es, así, como la gran aguja invisible de nuestro maravilloso reloj celeste. La distancia angular o *ángulo horario (H)* que en un momento dado existe entre el equinoccio vernal y el meridano determina la hora, en tiempo sidéreo, en ese meridiano. Como la *ascensión recta (AR)* de cualquier estrella es precisamente la diferencia, en más o en menos, que hay entre su tránsito y el de Aries, *para saber la hora sidérea en cualquier instante basta observar*

cuándo pasa el meridiano alguna estrella de ascensión recta conocida, pues en esa circunstancia, al ser nulo entonces el ángulo horario, tal ascensión recta será la expresión pura y simple del *tiempo sidéreo (T)*, a tenor de la importantísima igualdad:

$$T = AR + H$$

y, siendo en el meridiano,

$$H = 0 ; T = AR$$

De ahí también que con un reloj, con hora sidérea exacta, se puede “apuntar” el telescopio a cualquier estrella de ascensión recta y declinación conocidas, pues la anterior fórmula nos permite evaluar el ángulo horario, para lo que basta restar AR de T. Pues depejando H en la fórmula precedente, tendremos:

$$H = T - AR$$

Pero volvamos al tema principal, sin más digresiones- El día sidéreo y el día solar no tienen duraciones idénticas; el último es más largo. ¿Por qué? Porque el Sol parece gozar de un movimiento propio en opuesta dirección a ese que diariamente acusa toda la esfera celeste (movimiento diurno). Es obvio que el movimiento aparente, propio del Sol, haya de operar como un sustraendo angular con relación al otro movimiento, con el efecto de retrasar cada día el instante en que nuestra estrella pase por el meridiano local. ¿Cuánto será el retraso? Por lo que antes hemos dicho, un día en el año. Pero un día tiene 24 horas o 1440 minutos u 86400 segundos. O sea, dividiendo entre 365 tendremos como cociente 236,71233 o, reduciendo a minutos, 3,9452055 (en décimas de minuto), que se convierten en los 3', 56,5", en unidades sexagesimales.

Hay otra manera equivalente de llegar al mismo resultado. El año de nuestros calendarlos, el llamado *año trópico* por los astrónomos, se considera transcurrido cuando el Sol ha retornado (tropos = retorno) al equinoccio vernal medio (no haga mucho caso el lector de esta palabreja por ahora); en ese instante, cerrado el ciclo o iniciándose un período nuevo, habrán podido contarse 365,24222 días solares “medios”. Hemos de reconocer que sea una lástima que el año no contenga un número exacto de días; pero es inútil dolerse, y a lo hecho, pecho. Ahora bien, ¿qué pasa si contamos ese mismo intervalo en días sidéreos? ¿Cuántos días sidéreos hay en un año trópico? Lo sabremos sin mucha reflexión. *El retraso diario del Sol respecto a las estrellas es debido* cabalmente, como acabamos de aclarar, *a la fracción de su órbita aparente recorrida en un día*. Por supuesto, *la suma de todas las fracciones de vuelta totalizadas en el año* habrán de completar o consumir un giro: ***Luego el Sol se habrá retrasado una vuelta entera, en total***. Y, en consecuencia, habrá dado respecto a las estrellas una vuelta más que las contadas por nosotros. Luego si el año trópico tiene 365,24222 días medios, tendrá 366,24222 días sidéreos. En el curso del año habrá podido computar Vd. solamente 365 auroras o 365 puestas de Sol. En cambio, el punto vernal habrá pasado sobre nosotros 366 veces. Si ahora, tras esta información, divide Vd. el tiempo representado por ese día extra entre los otros 365 días restantes, verá, como antes, que lo que se rezaga el Sol por día roza muy aproximadamente los cuatro minutos.

Las apariencias en los movimientos solares son simples, si se las compara con las que afectan a los planetas. Observemos, p. e., a Venus. Venus anda siempre enzarzada en los crepúsculos. Hay que verla o bien preluando, o bien despidiéndose de la noche. Nunca se anticipa o se retrasa respecto al Sol en más de cuatro horas y media, pues su *máxima elongación* (la mayor desviación angular que la separa del Sol, vista desde la Tierra) no sobrepasa los 48 grados. Por eso, sólo gracias a la refracción, que adelanta los ortos y retarda los ocasos, conseguimos tenerla

tanto tiempo a la vista; en cambio, sus tránsitos meridianos delante o a la zaga del Sol presentan intervalos máximos de unas tres horas.

Que Venus ronda en torno al Sol, es evidente. Si, provistos de un telescopio, la observamos con paciencia durante largos días, podremos percatarnos pronto de la incuestionabilidad de este hecho. Imaginemos, v. g., que esta misma noche, apuntando a Venus nuestro ecuatorial, la sorprendemos al oriente del Sol, casi a su lado. Reiterando las observaciones en días sucesivos, advertiremos que nuestro lucero se corre hacia levante, como el Sol, sobre el fondo de las estrellas; pero lo hace más deprisa, de modo que aumenta su distancia del astro-rey. Tiempo más tarde, la velocidad de Venus disminuye, se iguala a la del Sol primero, se hace más lenta aún después, con lo que la separación entre ambos astros se va reduciendo. Luego Venus comienza a retrogradar, a moverse en sentido opuesto al que traía. Al fin se pierde entre los rayos del Sol, hasta que reaparece al occidente del mismo.

Los movimientos de vaivén que ocasionalmente efectúan los planetas, describiendo caprichosos bucles, fueron la tortura de los antiguos astrónomos, pues parecían resistirse a una explicación razonable. El esfuerzo combinado de Copérnico, Galileo, Kepler y Newton ha hecho de una simplicidad asombrosa el entender hoy a qué obedece ese andar y desandar en que parecen entretenerse. Pero esto es saltar de las apariencias a las explicaciones y debe ser aplazado por ahora. Nos contentaremos con ofrecer a la curiosidad del lector algunos gráficos representativos de las evoluciones planetarias (Figs. 13-14).

Venus, como Mercurio, es un planeta “interior”; es decir, su órbita queda contenida en la de la Tierra: Está más próximo al Sol que nosotros. Por esta razón, si se lo observa con perseverancia y con algún aumento (incluso con unos prismáticos) se descubre que presenta fases, como la Luna. Fue Galileo quien las vio por primera vez cuando, descubierto el telescopio, tuvo la ocurrencia de dirigirlo al cielo y pudo comprobar así que Venus, desmintiendo, al menos en parte, a Ptolomeo, giraba en torno al Sol.

Por extraño que pueda parecer, el máximo brillo de Venus no corresponde a su plenitud, ya que en ese momento se halla el planeta a su mayor distancia de la Tierra, sino que se produce antes y después de su total obscurecimiento, cuando es sólo como un paréntesis de luz, abriéndose o cerrándose (Fig. 15), con la noche en medio.

Las deferencias entre Mercurio y Venus con los planetas “exteriores”, cuyas órbitas envuelven a la Tierra, son, en cuanto a sus movimientos aparentes, de poca importancia. En primer lugar, no dan la impresión estos últimos de andar encadenados al Sol, sino que pueden verse en el cielo durante toda la noche y ni presentan fases. En segundo lugar, vienen afectados también de un movimiento retrógrado, que tiene lugar, tras un remansamiento y pausa, cuando el planeta entra en *oposición*; es decir, a 180º de distancia al Sol.

Por paradójico que resulte a los novicios, de todos los cuerpos que periódicamente hacen su aparente ronda en torno a la Tierra, la Luna, nuestro familiar satélite, es el que menos se pliega a nuestros cálculos. Su posición en la esfera celeste no puede ser predicha con el grado de rigor que impone la precisión de las medidas astronómicas. Sabemos muchas cosas, es verdad, sobre la Luna... ¡Está tan a nuestro alcance! Conocemos su distancia de la Tierra por determinaciones trigonométricas muy precisas; tenemos mapas y fotografías tan perfectos, que ya las quisiéramos equivalentes para ciertas regiones de nuestro planeta; hemos llegado, incluso, a fotografiar desde satélites artificiales la cara que se había empeñado en ocultarnos ⁽⁶²⁾. Y, sin embargo, si

⁶² Esta conferencia data de 1966; es decir, es anterior a la expedición del Apolo y llegada a la Luna de los astronautas Armstrong, Aldrin, Collins. Cuando la escribí tenía, en cambio, presente la obra “*The Moon*”, editada por Zdeněk Kopal & Zdenka Kadla Mikhailov, 1962; cuyas fotografías de la cara lunar invisible eran aún bastante precarias.

queremos hacer pronósticos sobre sus posiciones orbitales en tiempos determinados, no podrá satisfacernos la exactitud de nuestras profecías. Nuestros pronósticos valen sólo dentro de unos límites que nos humillan. La teoría del movimiento lunar se ha hecho tan complicada matemáticamente; obliga a tomar en cuenta tantas irregularidades y correcciones que el hábito generalizador del matemático se subleva por fuerza. Hoy por hoy, la teoría matemática del movimiento lunar para lograr únicamente aproximaciones insatisfactorias, precisa llevar en cuenta centenares, mejor dicho, más de un millar de irregularidades, -Dejando a los matemáticos el torturante rompecabezas, vamos a limitarnos aquí a consignar los hechos principales que una asidua observación del cielo puede brindarnos.

Señalemos, en primer término, como lo hemos hecho con el Sol, los puntos del horizonte en que tienen lugar los ortos y ocasos lunares. La experiencia nos demostrará enseguida que también la Luna se trae el mismo juego que aquél en torno a la dirección Este-Oeste. La diferencia estriba en que la Luna alcanza sus máximas amplitudes ortiva y occidua en un tiempo mucho más corto, pues en una semana logra su máxima desviación (oriental, por ejemplo), en otra retorna a su posición media; siete días más tarde ha alcanzado su más remoto punto occidental y en otros siete consume el ciclo. Si nuestra observación se prolongase por años, tendríamos ocasión de comprobar que cada nueve y unos cuatro meses más se produce otra oscilación de amplitudes; la Luna sobrepasa sus marcas anteriores, ya corriéndose al Norte ya hacia el Sur.

Como acontecía con el Sol, las amplitudes ortiva y occidua de la Luna determinan su altura de culminación. En el máximo de su corrimiento hacia el Norte, es igualmente máxima su altura meridiana y su arco sobre el horizonte. Cuando extrema su desviación hacia el Sur, su altura de culminación es mínima y mínima también su permanencia sobre nuestro cielo.

Si tuviéramos la curiosidad de comparar asiduamente las alturas meridianas del Sol y de la Luna podríamos llegar fácilmente a la conclusión de que nuestro satélite no puede sobrepasar la de aquél en más de 5°, 8', y algunos segundos. Por ello, siendo la declinación máxima solar igual a la **oblicuidad de la eclíptica**; es decir, 23°, 27', es claro que la de la luna tendrá como uno de sus valores extremos 289, 35', lo que significa que en nuestras latitudes su mayor altura sobre el horizonte anda próxima a los 70° (a pesar de las caprichosas descripciones de poetas, novelistas y pintores, obstinados, a veces, en elevarla hasta el cenit) ⁽⁶³⁾

La órbita de la Luna interseca a la eclíptica en dos puntos, llamados **nodos**, que retrogradan sin

uniformidad respecto al movimiento orbital del satélite, completando su giro en 18 años y 2/3. De entre los cambios aparentes sufridos por la Luna, el más conocido y engañoso es el de sus fases. Conocido, porque quizás nadie haya dejado de observarlo. Engañoso, porque, pese a ser una mera apariencia réquetesabida, la malcomprendemos muy a menudo y le adjudicamos efectos que de ninguna manera puede producir. Veamos un ejemplo.

No hace mucho (¡recuérdese que hablaba en 1966!) fui consultado por un médico acerca del método adecuado para investigar la posible influencia lunar en la cronología de los partos humanos. Con este motivo tuve ocasión de advertir, con la más viva sorpresa e incredulidad por mi parte, cómo la casi totalidad de la bibliografía especializada, consagrada al tema, se preocupaba de indagar supuestas conexiones entre las fases de la Luna y el momento del alumbramiento; He ahí una prueba más de la cultura astronómica de la gente! Aunque parezca ocioso repetirlo, tanto al novilunio como al creciente o menguante, la Luna está “entera” ante nosotros, por más que no la veamos así. y ejerce toda su acción gravitatoria sobre nuestro

⁶³ ROSSEAU, PIERRE en “**Nuestra amiga la Luna**” (Aylat), Barcelona, 1951, págs. 25 y ss. refiere errores las divertidos: pintores que, p. e., colocan estrellas en su concavidad (durante el creciente o el menguante) “¡como si el globo lunar fuese transparente!*”

Planeta. Los cambios gravídicos son puramente locales, con su máximo en la culminación superior y su mínimo en la inferior. Ante tan pronunciada disparidad de influjo, las diferencias ocasionadas por la excentricidad de la órbita lunar, especialmente entre apogeo y perigeo, tienen muy escasa importancia práctica.

De todos modos, ni siquiera se pudo descubrir el menor asomo de correlación entre la culminación superior de la Luna y la hora de los nacimientos; pero en un punto ha quedado insatisfecha mi curiosidad: ¿Serán siquiera más fáciles y felices los partos cuando la Luna pasa por el meridiano?

Otra cuestión sencilla y malcomprendida, como lo evidencian las descripciones literarias, es el horario de la Luna en sus diversas fases. Hay autores que, pretendiendo fidelidad a la naturaleza, manifiestan deficientes hábitos de observación, o, si se prefiere, falta de reflexión sobre el significado real de fenómenos muy familiares.

Nadie ignora, por ejemplo, que el plenilunio se produce cuando, situada la Tierra entre el Sol y la Luna, los tres astros se encuentran casi en línea recta. Por tanto, a efectos del movimiento diurno, la diferencia angular entre el Sol y la Luna es de unos 180° ; es decir, unas doce horas. En consecuencia, la Luna tendrá su orto próximo a la puesta del Sol. Análogamente, el novilunio significa que nuestro satélite no es visible, porque su porción iluminada es el hemisferio oculto perpetuamente a nuestros ojos; la luz solar incide sobre ella por detrás y queda, por consiguiente, opacada por la parte delantera en tinieblas. Al mismo tiempo, el brillo deslumbrante del monarca del día, rechazando nuestras miradas, consume el incógnito de Selene, que anda a la par de Febo en ese entonces, pues prácticamente con él nace, pasa el meridiano y se pone. Ni que decir tiene que el movimiento propio de nuestro satélite hará pronto que ambos astros se vayan distanciando; la Luna se rezaga y comienza a ser visible poco después del crepúsculo vespertino. Está al oriente del Sol y se va alejando de él. Cuando el creciente alcanza su mitad (la media Luna), el tránsito meridiano selenita ocurre seis horas después que el del Sol; es decir, sobre las seis de la tarde locales y por supuesto el mismo intervalo de tiempo separa sus respectivos ortos y ocasos. Cuando la Luna está en su menguante, habrá pasado ya al Oeste del Sol, de modo que da la impresión de irle al encuentro. Acaba de ser el plenilunio y a partir de él la Luna, que salía a la puesta de Sol y pasaba el meridiano a la medianoche, se hace cada vez más trasnochadora hasta que en el cuarto menguante sale a la misma medianoche, pasa el meridiano a las seis de la madrugada y se pone al filo del mediodía.

3. Localización aproximada de los astros.

Un famoso dístico de Ausonio sirvió por mucho tiempo de mnemotecnia rítmica para facilitar la evocación de las constelaciones zodiacales. Decía:

Sunt: *Aries, Tauros, Gemini, Cáncer, Leo, Virgo, Libraque Scorpio, Arcitenens, Caper, Amphora, Piscis.*

¿Por qué mostró la humanidad tanto empeño en recordar particularmente tales constelaciones y justo en este orden? ¿Porque marcan el recorrido anual aparente del Sol, la Luna y los planetas! Probablemente fue la trayectoria lunar, como más directamente visible, la primera que se trató de registrar en el cielo. Por eso, en muchos pueblos antiguos la eclíptica -el llamado después zodiaco- se dividió en 28 o, con menos frecuencia, 27 constelaciones, que se corresponden con los días requeridos por la Luna para completar su órbita.

En efecto; como indicamos ya, la Luna se desplaza cada día hacia el este algo más de 12° , que hacen cosa de 50 minutos en tiempo. Tarda, en promedio, 27 días y unas 8 horas más en volver

al punto de partida (⁶⁴), fijado con relación a las estrellas.

Más tarde, cuando se supo que el Sol seguía casi la misma ruta y con mayor puntualidad, se prefirió dividir en doce las constelaciones zodiacales y acotarlas de tal modo que cada una se correspondiera con el curso mensual del astro-rey. La idea motivadora consistía en proporcionar un calendario celeste que permitiera saber por inspección de las estrellas la estación y mes del año en que se estaba y cuándo -asunto trascendental- había que realizar las labores agrícolas. Hoy pueden servir los signos zodiacales para determinar las estrellas visibles en el mes al que se emparejan. Ahora bien, para no errar en los cálculos, hay que dar de lado la tradición astrológica, que sigue siendo aún la de los *Anuarios astronómicos*. Si uno se atiene a lo que una y otros nos dicen, el Sol entra el 21 de Marzo en el signo de Aries, que se supone fecha inicial de la primavera. La realidad es otra. Al equinoccio de primavera, que correspondía entonces al primer grado de dicha constelación, llegaba el Sol ese día en el tiempo en que Hiparco hizo esa observación en el año 146 a. C.

Han pasado, pues, dos mil ciento y pico de años. Como cada año, el equinoccio retrograda unos 50", según el asombroso descubrimiento hecho por aquél, en los 21 siglos transcurridos desde entonces habrá retrocedido unos 30°; o sea, todo un mes. Luego actualmente se encontrará en *Piscis*, hasta el año 2000, en que comenzará a coincidir con Acuario (⁶⁵). Esto significa que al presente -entiéndase, hasta el principio del próximo milenio- la eclíptica (⁶⁶) corta en *Piscis* al Ecuador (equinoccio vernal) y vuelve a cortarlo en *Virgo* (equinoccio de otoño). Una recta ideal que une Piscis con el Polo celeste es el arranque de las ascensiones rectas; lo que quiere decir

⁶⁴ Este intervalo forma el *mes sidéreo*. Obsérvese que se dice "promedio", porque, en los movimientos de la Luna las perturbaciones son numerosas. Consecuentemente las variaciones en su duración pueden llegar a siete horas. El *mes sinódico* -de fase a fase- es, en cambio, de unos 29 días y medio; pero también con oscilaciones de hasta 13 horas. El mes lunar puede computarse también por referencia a dos tránsitos consecutivos de nuestro satélite por un mismo "nodo" (o intersección de la órbita de la Luna con la eclíptica, que es *ascendente* o *descendente* según se produzca por el paso de Sur a Norte o en sentido inverso); se le llama *mes draconítico*. La diferencia entre los meses sidéreo y draconítico obedecen a una causa similar a la que determina la existencia del año trópico frente al sidéreo. Por si tres diferentes meses supieran a poco, se ha recurrido también al *mes anolalístico* -de 27 días, 13 horas y 18 minutos- medido por el retorno al *perigeo* (posición de mayor proximidad a la Tierra).

⁶⁵ La gente se informa tardíamente de los fenómenos astronómicos, La SOLEDAD PRIMERA de Góngora comienza, por ejemplo, así:

*"Era del año la estación florida
en que el mentido robador de Europa
-media luna las armas de su frente
y sol todos los rayos de su pelo-
luciente honor del cielo,
en campos de zafiro pasce estrellas..."*

Y Camoens (LUSIADAS, II, 72):

*"Era no tempo alegre quando entrava
do roubador de Europa a luz Febeia,
quando um e o outro corno lhe aquentava,
e Flora derramava o de Analteia..."* 1

Ambos poetas -seguramente siguiendo a Virgilio: "Candidus auratis aperit cum cornibus annun Taurus" -aluden a la Constelación del Toro, pues Júpiter asumió la forma de tal al raptar a Europa. Pero el equinoccio vernal tenía lugar en Tauro entre -2300 y -3380 (¡!).

⁶⁶ La eclíptica -así llamada, porque en ella ocurren los eclipses-es la proyección sobre la esfera celeste de la órbita solar aparente; es decir, la verdadera trayectoria de nuestra Tierra en su movimiento de traslación.

que los astros que pudieran hallarse en esa línea cruzarían el meridiano el 21 de Marzo en el mismo instante que el Sol. Naturalmente, invisibles en este hemisferio. Los diametralmente opuestos a ellos, teniendo que pasar por él doce horas más tarde, comenzarán a ser visibles en cuanto se haga de noche. Dada una latitud, habrá estrellas que permanecerán siempre sobre el horizonte local -se las denomina **circumpolares**- y, mostrándose como “...las dos Osas/ de bañarse en el mar siempre medrosas”, podrán verse durante todos los meses del año.

Aparte de las circumpolares, reconocibles **a-priori**, porque su declinación es mayor que su colatitud (⁶⁷), habrán de verse sobre el cielo nocturno las constelaciones simétricas a las que cubre el Sol en esas fechas. Por tanto, entre 21 de Marzo y 20 de Abril, con Sol en Piscis, pasará por el meridiano a medianoche **Virgo** y en el mes anterior **Leo**. En Junio, **Escorpio**. En Julio, **Sagitario**, etc. Si dibuja Vd. el zodíaco y sitúa al Sol en la casilla en que se encuentra realmente -no en la que le atribuye la astrología- la que se le enfrenta en el cielo será la visible. La figura 18 explica suficientemente lo que acontece.

¿Cómo localizar los planetas? Esta pregunta se la formulan a menudo los aficionados. ¿Cómo contestaría? Según nos consta ya, recorren la eclíptica; es decir, una franja, de unos 202 de anchura, en torno a esa sección esférica ideal que forma con el ecuador celeste un ángulo de 23° y medio. Al igual que la Tierra, todos los planetas rondan en torno al Sol; pero, si uno se atiene a las apariencias, van tras él alrededor de nosotros. Mercurio y Venus -más cercanos al Sol que la Tierra- son vistos desde aquí siempre en su vecindad. Mercurio, a lo sumo, llega a distanciársele 28°; Venus, 47. Son las que se llaman sus **máximas elongaciones**, que pueden ser **orientales** u **occidentales**. Si expresamos en tiempo estas distancias, (sabiendo que 15° = una hora, pues 360/24 = 15) resultará que Mercurio sólo se podrá ver en los crepúsculos durante menos de dos horas antes del naciente o después del poniente; y Venus durante poco más de tres horas. La altura que alcanzan sobre el horizonte, por la misma razón, es, en esos momentos, muy pequeña. De ahí que Mercurio se observe muy raras veces, pese a competir en brillo con las estrellas de primera magnitud y a rivalizar con Sirio. Y si Venus se contempla sin dificultad, pues resplandece tanto que, sabiendo donde se encuentra, se la puede ver en pleno día; nunca, bien entrada la noche.

Marte, Júpiter y Saturno, cuyas órbitas envuelven a la Tierra, no presentan fases y, formando cualquier ángulo respecto al Sol, podrían verse a cualquier hora de la noche. Sus ortos y ocasos oscilan también en torno al Este y Oeste verdaderos, con amplitudes que no difieren mucho de la solar.

Las fechas óptimas para observar un planeta exterior son las de su **oposición**; es decir, cuando su longitud y la del Sol difieren en 180° (cuando difieren en 90° están en **cuadratura** y en **conjunción** cuando sus longitudes coinciden). Un planeta en conjunción pasa el meridiano a mediodía -por tanto no es visible-; en cuadratura, su desviación del Sol es de seis horas: pasa, pues, el meridiano a las seis de la mañana o de la tarde. En oposición, en cambio, a medianoche, La **revolución sinódica** de un planeta es el Intervalo entre dos oposiciones o conjunciones consecutivas; y en promedio dura -en días medios- 115,88 para Mercurio; 583,90 para Venus; 779,98 para Marte; 398,90 para Júpiter y 378,10 para Saturno- El recíproco del período sinódico de revolución de un planeta es igual al recíproco de su período sidéreo menos el recíproco del de la Tierra. O sea, según se trate de un planeta inferior o superior:

$$1/S = 1/S' - 1/S'(T).$$

⁶⁷ La **declinación** de una estrella es el ángulo esférico que mide su distancia con el ecuador o, lo que resulta equivalente, el ángulo que forman las visuales dirigidas desde el ojo del observador a la estrella y a su proyección sobre el ecuador celeste. La **colatitud** es la distancia cenital del Polo o, lo que es lo mismo, el complemento de la **latitud**.

$$1/S = 1/S'(T) - 1/S'$$

Con estas fórmulas y los elementos orbitales del cuadro siguiente se puede colegir la posición que los planetas visibles ocupan en el cielo y cuándo se los podría observar.

ELEMENTOS ORBITALES

(Referidos a 1955)

	<i>long.</i>	<i>Inclin.</i>	<i>long.</i>	<i>excent.</i>	<i>semi-revol.</i>	<i>nodo</i>	<i>perih.</i>	<i>eje ></i>
Mercurio	47°48'	+0.7	7°	76°45'	+0.9	0.205	0.387	87.97
Venus	76°16'	+0.3	3°24'	130°50'	+0.8	0.006	0.723	224.7
Marte	49°13'	+0.5	1°51'	335°14'	+1.1	0.093	1.523	686.98
Júpiter	100°	+0.6	1°18'	13°36'	+1	0.048	5.202	4332.59
Saturno	113°16'	+0.5	2°29'	92°10'	+1.2	0,055	9.538	10759.20

Veamos cómo proceder prácticamente, con un ejemplo:

Representémonos, primero, aproximadamente, por donde va la eclíptica. Pasa entre Aldebarán (AR 4,33; D +16,24) y Pólux (AR 7,42; D +28,8), casi exactamente sobre Regulo (AR 10,5; D +12,12) y Spica (AR 13,22; D -10,54), no muy lejos de Antares (AR 16,26; D -26,19 y a unos 20° por encima de Fomalhaut (AR 22,54; D -29,53). Expresando en grados las ascensiones rectas de las estrellas citadas (que se dan en tiempo), podremos calcular con suficiente aproximación longitudes eclípticas, con sólo recordar que cada hora equivale a 15°. Por tanto, Aldebarán está a unos 68°; Pólux a unos 110; Regulo a cosa de 150; Spica a poco más de 200; Antares a casi 250 y Fomalhaut a más de 340°.

Con tal esquema presente, tratemos de localizar a Saturno en una fecha determinada. Nos preguntamos, por ejemplo, ¿dónde se encuentra hoy? Para despejar esta incógnita, ¿qué datos o informaciones necesitamos conocer? Sabemos que la longitud del nodo referida a 1955 era de unos 113°⁽⁶⁸⁾. Sabemos también cuanto tarda el planeta en completar su órbita en días medios: unos 10 759 días. Como la Tierra hace la suya en poco más de 365, hay entre los dos períodos una relación de 29 a 1.

Dibujemos un “mapa” estelar que vaya siguiendo la eclíptica. Y tratemos de situar en él, para una fecha determinada, a Saturno -y a los demás planetas perceptibles a simple vista. Nos consta, pongamos por caso, gracias a un Anuario como el del Observatorio de Madrid, que en Mayo de 1955 Saturno se hallaba *en oposición*, es decir, en las mejores condiciones para observarlo. La longitud celeste del planeta era, en esas fechas, de 228Q, aproximadamente. Es decir, como muestra el mapa, hay que buscarlo entre Spica y Antares. Como la órbita de Saturno tiene sólo una inclinación de dos grados y medio respecto a la eclíptica y el planeta brilla como una estrella de primera magnitud, casi lo mismo que Proción, se le encontrará por aquellas vecindades sin ningún esfuerzo, pues Spica y Antares son un poco más débiles.

¿Dónde buscaremos a Saturno en los años siguientes? ¿Cuánto se mueve sobre la eclíptica cada mes? Si retornar al mismo nodo le cuesta 378 días, podremos observarlo de nuevo en oposición un año y dieciocho días más tarde, pues mientras la Tierra, completando su órbita en 365 días, alcanza la misma posición que ocupaba el año anterior, Saturno se le habrá escapado, precediéndola, el trayecto que recorre en un año; vale decir, un poco más de 12 grados. Como para salvar esta distancia, la Tierra necesita, por su parte, cosa de un mes, no se yerra demasiado suponiendo que la oposición de Saturno se produce con un intervalo anual de doce o trece meses.

⁶⁸ Tal vez «avenga recordar aquí que cuando se habla simplemente de “nodo”, se da por supuesto que se trata del nodo ascendente. o sea, el punto en que, siguiendo su órbita, el planeta corta la eclíptica de Sur a Norte,

Y en cuanto a longitud eclíptica si era en Mayo de 1955 228°, será hacia la misma época en 1956, 240°; en 1957, 250° (13 meses más); en 1960, 285°; en 1961, 297°, ya en Julio (entre la oposición de 1957 y 1961 han de transcurrir 49 meses). En 1965 se produce la oposición hacia los 343° de longitud y en el mes de Septiembre, Y como en 1967 se cierra la órbita entre Febrero y Marzo (360°), la nueva oposición tiene lugar en Octubre, a la longitud de 8°. Y en 1970 en Noviembre, a la de 48°, Estas aproximaciones, como demasiado groseras astronómicamente hablando valen sólo para el observador a simple vista. Pero siendo Saturno inconfundible entre las estrellas por su luz más plácida no es probable que sabiendo. aun con algunos grados de error, dónde buscarlo, no lo encuentre, incluso, un principiante.

Razonamientos similares podrían hacerse respecto a los demás planetas. La posición de cada uno se indica en el mapa.

4. La explicación de los fenómenos observables.

Una observación minuciosa y constante de los movimientos que cabe detectar en los astros suscita una porción de intrigantes problemas, tan difíciles que su resolución ha costado siglos de esfuerzos a los más grandes talentos de la humanidad.

Con el fin de hacer más intuitivos los problemas y las principales soluciones propuestas, vamos a exponer lo que pensaban sobre el asunto tanto el hombre común como los más significados sustentadores de cada hipótesis memorable.

Comencemos entrevistando a un hombre primitivo, supuestamente tomado al azar. Le preguntamos cómo se imagina él que son la Tierra y el Cielo. Su respuesta -todo lo ingenua que cabría esperar -demuestra que concibe la Tierra como un disco circular, substancialmente plano, pese a montañas y depresiones. que sirve de apoyo a la bóveda celeste. -¿Cómo, entonces, -objetamos- puede el Sol y los demás astros salir y ponerse? Se muestra perplejo unos momentos y luego responde: -:El Cielo es transparente y los astros ruedan por encima! -¿No es mucho peso el que tiene así. Que soportar la Tierra? ¿En qué se apoya ésta?- Ahora nuestro interlocutor queda francamente desconcertado. ¿Qué forma te parece que tenga? Nosotros estamos sobre ella; pero ¿acaba en alguna parte por debajo?

La idea de que la Tierra tenga un límite inferior le parece imposible; y absurda la pregunta misma: porque ¿cómo se sostendría en el aire?

No es dudoso que esta imagen del mundo haya prevalecido por milenios. Pero, dejando insatisfecha la curiosidad humana en cuestiones fundamentales, no podía resistir indefinidamente al espíritu crítico. Y al fin algunos hombres ingeniosos y perspicaces se persuadieron de que la explicación de los fenómenos cósmicos observables habría de ser otra. Y se aventuraron valientemente a buscarla. Huelga señalar que sólo con esto rendían ya un servicio trascendental al género humano.

Prescindiendo aquí de interpretaciones menos relevantes, cedamos la palabra a Platón, cuyas ideas tuvieron la virtud de estimular a otros investigadores a replantearse con escrupulosidad ese gran problema.

*Lo que voy a exponer -podría decirnos- tiene más de *cosmogonía* que de *cosmología*, puesto que habré de hablar más como *filósofo* que como *astrónomo*. Voy a preguntarme, pues, de qué manera se originó el Universo, si es que tuvo principio. Para hacer esta investigación es necesario pasar más allá de la sensación y de la mera opinión, encandiladas en las apariencias, y, sirviéndose de la inteligencia y del raciocinio, procurar captar el fondo inmutable de la naturaleza, (O sea, no el devenir heraclitano, sino el ser parmenídico).

Partamos de un axioma indudable: Todo lo que comienza tiene una causa, ¿Ha comenzado el cosmos? Si ha comenzado, ¿cómo ha sido su origen y cuál su explicación? Que existe es obvio,

puesto que es visible y tangible; pero ¿a qué se debe y con qué intención fue modelado: ¿para permanecer eternamente igual a sí mismo en lo esencial o para degradarse y perecer un día? Concibámoslo como la obra de un Demiurgo inteligente que, actuando con afán de perfección, pretendía que fuese bello y bueno, como evidentemente ha resultado. Tendremos, pues, que representárnoslo como una imagen fiel del modelo sapientísimo, eterno, que acariciaba su autor al construirlo.

¿Cómo podría ser este modelo? La figura que, como más propia, debe atribuírsele es la que, sobre ser más perfecta y homogénea, contiene, además, todas las posibles: es decir, la esfera. Hizo también que se moviera con movimiento circular, uniforme; pero le negó las otras seis especies de traslaciones para evitar que errara sin concierto. Esparció, en cambio, desde su centro un alma, que, recubriéndolo, lo animara en todas sus partes. Y así formó un cielo circular, único, capaz de sostenerse por sí mismo. Junto con el cielo surgió el tiempo, pues ni los días ni las noches, ni los meses ni las estaciones son independientes del movimiento de aquél. Y así el Sol, la Luna y las cinco estrellas a las que llamamos “errantes” fueron ordenados para definir y preservar los números del tiempo y están colocadas en siete órbitas: La Luna en la primera, más próxima a la Tierra. Luego el Sol, en la segunda; el lucero matutino y la de Hermes a continuación, para que hagan sus recorridos con la velocidad de Hellos, pero viajando también en dirección contraria. Por eso el Sol, la estrella mañanera y Hermes concurren o se alejan alternativamente según leyes constantes. En cuanto a los otros planetas, es difícil explicar aquí dónde están y por qué razones ⁽⁶⁹⁾.

Platón, siempre poco proclive a dogmatismos, nunca se mostró satisfecho con su sistema del mundo -y tampoco, probablemente, con su filosofía. Por desgracia, otorgando en sus lecciones crédito excesivo a la evidencia sensorial y no aceptando las revolucionarias doctrinas de Filolao, que conoció, según se dice, por audición directa, indujo a sus discípulos a persistir en su tentativa de explicar los fenómenos observables desde la hipótesis de una Tierra inmóvil ⁽⁷⁰⁾. Y así, aun progresando algunos en esa línea, como Eudoxio de Cnido y Aristóteles, cuanto más ajustaban la teoría a los hechos, hacían tanto más difícil dar con la perspectiva correcta.

Eudoxio siguió la inspiración platónica y aplicó la geometría al Universo. Supuso también que el movimiento de los astros se realizaba según órbitas circulares e ideó para explicarlo “esferas homocéntricas”, concéntricas y simétricas respecto a la Tierra. Para dar cuenta de las apariencias necesitaba nada menos que 27 esferas; a razón de cuatro para cada cual en los casos de Saturno, Júpiter, Marte, Venus y Mercurio; tres para el Sol; otras tantas para la Luna y la última -sola- para las estrellas fijas. “Schlaparelli demuestra cómo un punto a consecuencia del movimiento combinado de las cuatro esferas homocéntricas describe una curva a la cual, por su forma, da el nombre de “lemniscata esférica”. A la curva recorrida por el punto, es decir, por el planeta, como consecuencia de su movimiento simultáneo sobre la tercera y la cuarta esfera, Eudoxio le dio el nombre de *hipopeda*, por la semejanza que tiene con el recorrido que se obliga a hacer a los caballos en los ejercicios de equitación, y que tiene la forma y las propiedades de la lemniscata

⁶⁹ Se ha resumido así lo que parece más representativo en la doctrina expuesta en el *Timeo*. Probablemente, si nos merece confianza el testimonio de Plutarco, las concepciones astronómicas de Platón cambiaron en los últimos años de su vida, quizá tras su estancia en Sicilla, donde pudo haber tenido conocimiento de las teorías heliocéntricas de algunos pitagóricos.

⁷⁰ No cabe desconocer, sin embargo, lo que Aristóteles testimonia en su *Del Cielo*: “Otros autores dicen que la Tierra, fija en el centro, gira sobre sí misma, y se mueve en torno al mismo polo a través del universo extenso, como se halla escrito en el *Timeo*” [ARISTÓTELES: *Obras* (Samaranch), Madrid, 1973, 748].

esférica” (71).

¡Era enojosa complicación -¡demasiada!- tener que recurrir a 27 esferas! Y, sin embargo, no mucho después de introducidas, un observador minucioso, Calipo, por seguir detectando irregularidades, necesitaba para corregirlas postular tres más: dos para salvar las desviaciones en longitud del Sol y una tercera para las “escapadas” de Marte, Venus y Mercurio.

Cuando el genio aristotélico se planteó los grandes problemas cosmológicos, tenía ya virtualmente ante sí todos los estímulos necesarios para vacilar ante una hipótesis geocéntrica. Conocía perfectamente las doctrinas de los pitagóricos e, incluso, una más precisa hipótesis heliocéntrica (vid. nota 12), tal vez la expuesta por Heráclides de Ponto. Ahora bien, Aristóteles la rechaza por una razón que va muy bien con sus propensiones empiristas. *Si la Tierra se moviera -dice-, tanto si estuviera en el centro como descentrada, tendría que hacerlo con dos tipos de traslación. Pero, de ser así, habrían de observarse cambios en las posiciones de las estrellas fijas. Como esto no sucede, hay que inferir necesariamente la inmovilidad de la Tierra* (72). ¡El estagirita no se atrevía, con la audacia que después demostró Aristarco, a imaginar que la distancia de las estrellas hacía indiscernibles a simple vista sus desplazamientos paralácticos! Para él, -y a falta de otras pruebas con absoluta lógica-, inobservabilidad e inexistencia debían tratarse como iguales.

Aristóteles arguyó también sobre la esfericidad e, incluso, la pequenez de la Tierra. Se fundaba no sólo en la circularidad de la sombra proyectada sobre la Luna durante los eclipses, sino que añadía también: “Según lo que la vista nos enseña de las estrellas, es evidente que (la Tierra) no sólo es esférica, sino que además su volumen o su mole no es muy grande. Pues si se produce una ligera desviación hacia el mediodía o el Sur y hacia la Osa, el límite de la órbita se manifiesta distinto: de manera que las estrellas que tenemos encima de la cabeza sufren un gran cambio y no parecen las mismas yendo hacia el mediodía que yendo hacia la Osa, En efecto, algunas estrellas se ven en Egipto y cerca de Chipre, mientras que en los lugares que están hacia las Osas no se ven; y las estrellas que se ven siempre en lugares cercanos o hacia la parte de la Osa, se ponen en Egipto y Chipre. Por consiguiente, es por todo ello evidente que no sólo es esférica la Tierra, sino también que su mole esférica no es muy grande. Porque no tendría lugar tan rápidamente este cambio con solo haber efectuado una desviación o desplazamiento tan breve” (73).

Lo que asiduas observaciones y meticulosos registros permiten percibir en los cielos resulta mucho más embrollado de lo que nos atreveríamos a imaginar. La sencillez del movimiento diurno de las estrellas deja de serlo para el Sol, para los planetas y ya no se diga para la Luna. El Sol describe aparentemente una órbita circular; pero variable y, además, se desplaza, como ya indicamos, hacia el Este. ¿Cómo conciliar tan encontradas apariencias? Los movimientos planetarios, tan poco coherentes entre sí, dan la impresión de una algarabía. Marte, por ejemplo, recorre la eclíptica durante meses según una línea próxima a la recta; de pronto se detiene, cambia su trayectoria y retrograda con lentitud para reemprender casi la misma ruta meses más tarde.

¿Cómo veían los antiguos estas evoluciones? Gemino Rodio, por ejemplo, un científico poco conocido, discípulo de Posidonio, que vivió, en el siglo 1Q a. C. planteaba este gran problema en los siguientes términos:

⁷¹ G. ABETTI: *Historia de la Astronomía* (Rossi), Mexico, 1956, 47.

⁷² ARISTÓTELES: *Del Cielo.*, en *Obras*, cit. 752.

⁷³ *Op. Cit.* 754.

“¿Cómo explicar el hecho de que Sol, Luna y planetas se muevan aparentemente de un modo irregular? Podemos responder a esto que las órbitas irregulares de los astros son excéntricas o describen epiciclos, con lo cual se explican las irregularidades aparentes de sus movimientos. Esto, sin embargo, no basta, pues subsiste la cuestión de averiguar si los fenómenos observados podrían explicarse de otras maneras diferentes y de cuántas en total, ya que sólo así la teoría quedaría justificada en sus causas” (74). En otras cosas se mostraba mucho más preciso, seguramente por exponer las doctrinas de Hiparco. Decía, por ejemplo:

“Los tiempos entre los trópicos y los equinoccios se dividen así: Desde el equinoccio de primavera hasta el trópico de verano, 94 días y medio, que son los que tarda el Sol en recorrer Aries, Tauro y Géminis, pues el primer grado de Libra señala el equinoccio de Otoño. Desde el equinoccio de otoño hasta el trópico de invierno pasan 88 días y 1/8, tiempo que invierte el Sol en atravesar Libra, Escorpio y Sagitario, Cuando alcanza el primer grado de Capricornio marca el trópico de invierno. Y desde aquí hasta el equinoccio de primavera transcurren 90 días y 1/8, que son los que le lleva al Sol andar los tres últimos signos zodiacales: Capricornio, Acuario y Piscis. Estos cuatro períodos juntos suman 365 días, que son el número que compone el año” (75) Tras haber consignado los datos anteriores, se preguntaba Gemino cómo cabría explicar que, moviéndose el Sol con velocidad uniforme y siendo iguales las cuatro partes del zodiaco arcos iguales resulten recorridos aparentemente en tiempos desiguales. Su respuesta -mejor: la de Hiparco- es la siguiente: “Al moverse con velocidad uniforme, el Sol debería recorrer arcos iguales en tiempos iguales... Pero, en realidad, el Sol no se mueve en un círculo inferior concéntrico a la circunferencia zodiacal, sino en uno excéntrico, desplazado hacia el cuadrante entre Aries y Cáncer. A causa de esta excentricidad orbital el curso del Sol parece dividido en 4 partes desiguales... de ahí que, pese a su velocidad uniforme, los tiempos invertidos en los trayectos observables sean también desiguales” (76),

Otro pasaje de Gemino tiene interés enorme para nosotros, por las consideraciones que habremos de hacer más adelante.

“En la esfera superior, que contiene todos los signos zodiacales, están las estrellas fijas, aunque no al mismo nivel, sino unas más altas y otras más bajas. Por debajo de la esfera anterior se halla Saturno, que recorre el zodiaco en aproximadamente 30 años, a razón de dos y medio por signo. Inmediatamente inferior se encuentra Júpiter, que por andar anualmente un signo, tarda doce en completar toda su carrera. Le sigue, por debajo, Marte, que, moviéndose a razón de un signo

⁷⁴ Debo la cita a TOULMIN, STEPHEN & GOODFIELD, JUNE; *La trama de los cielos* (Míguez), Buenos Aires, 1963, 151 s.

⁷⁵ GEMINO escribió unos *Elementos de Astronomía*., que durante muchísimo tiempo no me fue posible consultar. Por eso., el texto transcrito es un resumen de la cita literal consignada por FARRINGTON en *Ciencia Griega* (Molina & Rodríguez), Buenos Aires, 1957, 281 ss. Últimamente, un golpe de buena fortuna, debido a la curiosidad que en raíz despertó un título, me permitió localizar en nuestra mismísima Biblioteca universitaria Compostelana, no sólo la *Isagoge* de Gemino, sino, además, otras obras astronómicas de gran interés, (al menos para mí). En efecto; bajo el título *VRANOLOGION, sive systema variorum avthorva, qui de sphaera, ac sideribvs, eorumque motibus Graece comentari sunt*, me di con una serie de textos grecolatinos, publicados en París en 1630 por el P. Dionysio Petavio, S. J. La colección contenía, además de la *Isagoge*, de GEMINO, el *Comentario* de Hiparco sobre la obra de Arato y Eudoxio; la obra de Ptolomeo sobre *Apariencias inerrantes* y la de Aquilas Tacio sobre los *Fenómenos* de Arato, amén de otros opúsculos de menor interés. Para que mi sorpresa y satisfacción fueran aún mayores, esta obra no la he visto citada por nadie.

⁷⁶ *Op. cit.* pág. 3.

cada 75 días, hace todo el trayecto en dos años y medio” (77).

Para contraste, en un pasaje relativamente breve de su “*Arquitectura*” nos ofrece Vitruvio bien diferente descripción. Dice en substancia que todo el cielo gira en torno a dos polos, uno en la región septentrional, muy elevado en altura (78); otro, en la meridional, oculto por la propia Tierra. Entre ambos pasa una franja circular inclinada hacia el mediodía en su parte media, que se divide en doce partes, correspondientes a los doce signos. Seis giran en el cielo sobre el horizonte; los otros seles, interceptados por la Tierra, se mantienen temporalmente invisibles. Los doce signos, ocupando cada uno igual parte del cielo, se mueven de Este a Oeste con regularidad y más acá de los mismos y en sentido inversor pero cada uno en sus órbitas y en gradual ascensión, la Luna, Mercurio, Venus, el Sol y luego Marte, Júpiter y Saturno.

La Luna para retornar, recorrida su órbita, hasta su misma posición en un signo, tarda aproximadamente 28 días y casi una hora más. El Sol anda un signo por mes y por tanto en un año da una vuelta completa al zodiaco.

“Mercurio y Venus, caminando alrededor del Sol, y circuyéndole como centro, ya retroceden, ya se retardan, ya también se paran en los intervalos de los signos, por la observancia de sus giros. Nótase esto principalmente en Venus, que siguiendo al Sol, se deja ver muchas veces muy rutilante después de puesto éste; y entonces le llamamos véspero: otras se adelantan, saliendo antes que amanezca; y entonces se llaman lucero. Así que muchas veces se detienen algunos días más en un signo, y otras corren más veloces al otro. Por lo cual, no empleando igual número de días en cada signo, lo que se detienen primero lo adelantan después acelerando la carrera; pues sin embargo de su detención en algunos signos, luego que salen de la demora, corren más veloces a terminar su giro.

“Mercurio, pues, hace su camino en el cielo de manera, que corriendo los espacios de los doce signos en 30 días, vuelve al signo de quien empezó su carrera y primer giro: viniendo por tanto a gastar poco menos de 30 días en cada signo.

“Y Venus, luego que sale del embarazo de los rayos solares, corre en 30 días el espacio de cada signo; y los días menos de 40 que gasta en cada uno de ellos los suple después en sus demoras, deteniéndose más en otro signo. Por lo cual, dando el entero giro en 485 días, vuelve al signo donde principió.

“Marte caminando en 683 días, con poca diferencia, los signos, se restituye a aquel de quien empezó su carrera, supliendo la demasada velocidad con que pasa unos signos, deteniéndose en otros.

“Júpiter, subiendo con movimiento más tarde de occidente a oriente, corre cada signo en poco menos de 365 días: y concluyendo su giro en once años y 363 días, vuelve finalmente al signo en que estaba doce años atrás.

“Y Saturno, corriendo el espacio de cada signo en 29 meses y algunos días más, en 29 años y unos 160 días se restituye al signo donde estaba 30 años antes: así que cuando más cerca está de la circunferencia del universo, tanto mayor es el círculo que hace, y por eso parece más lento” (79).

La digresión astronómica de Vitruvio, demostrativa de su afición por el tema y en gran medida

⁷⁷ *Op. cit.* 4.

⁷⁸ La frase, bien significativa, hace pensar que Vitruvio estaba evocando así un paisaje celeste por encima de los 45S de latitud, lo que le vincula a localidades muy al norte de Italia, como podría ser Verona.

⁷⁹ M. VITRUVIO POLION: *Arquitectura* (Ortiz y Sanz), 1787, 216 ss. Vitruvio, aunque se mostrase a menudo aquejado de un eclecticismo vacilante, incapaz de superar algunas contradicciones, no estaba, por lo general, mal informado de los conocimientos astronómicos contemporáneos. Por eso, cuando nos dice en IX, 5 que el equinoccio de primavera tenía lugar -hay que sobreentender, en su tiempo- cuando el Sol había recorrido una octava parte de Aries, puede estar fechando rigurosamente su obra. No cabría, pues, error, pese a las indecisiones de sus biógrafos, para determinar aproximadamente en qué época pudo haber vivido, un octavo de Aries son 3,75°. Y el Sol alcanzaba esta posición unos 269 años después de la observación que en -146 había hecho Hiparco; es decir, unos 123 años d. C. Así, habría vivido probablemente bajo los emperadores Trajano, Adriano, Antonino Pío y acaso también Marco Aurelio. Sería, pues, posible coetáneo de Ptolomeo y de Frontón. Esta tesis tropieza, sin embargo, con alguna objeción seria, pues, como acredita Jean SOUBIRAN en su magnífica edición de *L'Architecture*, Livre IX., París, 1969, pág. 131 ss. (III, 1, 3., de su Comentario) “una tradición más antigua, debida a Meton, situaba arbitrariamente (los puntos equinocciales y solsticiales) en el octavo grado de estos signos”. Vid. también en el mismo autor y obra IX, 6,3). E igualmente la edición, también admirable, que de Plinio el Viejo ha realizado J. BEAUJEU (París, 1950), pág. 169, n. 2, (Cita de SOUBIRAN).

desconcertante, suscita numerosas incógnitas. El dice que ha expuesto en esta parte de su obra “cuanto le han enseñado sus preceptores sobre los doce signos y los siete planetas... y de qué modo y en cuanto tiempo pasan de un signo a otro y completan su órbita”.

¿Se refiere con estas palabras a maestros cuyas enseñanzas hubiera recibido directamente o a su propio aprendizaje en los libros de que pudiera haber dispuesto?

No resulta fácil conjeturarlo. Lo que sí parece probable es que su mentor astronómico fuera *ecléctico*, o que lo fuera él mismo.

En todo caso, y sea cualquiera la época en que vivió Vitruvio ⁽⁸⁰⁾, revela gran audacia e independencia de criterio al haber aceptado, como parece, la revolucionaria doctrina de Heráclides de Ponto, quien, tras preconizar la rotación de la Tierra, y hacer girar a los planetas exteriores en torno a la misma, suponía que Mercurio y Venus orbitaban alrededor del Sol.

Lo más notable de las informaciones que brinda el autor latino es la referente a la duración de las órbitas planetarias. Los errores que comete Vitruvio son de seis horas en cuanto a la Luna, pues el mes sidéreo excede, como vimos, en unas 8 horas los 27 días; en cuanto a Mercurio y Venus, que cumplen órbitas sidéreas en torno al Sol en 88 y 225 días, respectivamente (las sinódicas requieren, en cambio, 116 y 584 días); sus retornos a la misma posición superestelar en la eclíptica, por hacerse *aparentemente* con el Sol, insumen también cosa de un año. La incertidumbre proviene de la dimensión visual que ofrecen sus órbitas. Mercurio, visto desde la Tierra, no se separa del Sol más de 28'; Venus, 48'; pero, siendo en realidad las órbitas elípticas y el astro-rey hallándose en un foco, el centro de las circunferencias orbitales no vale como promedio exacto en el caso de Mercurio, cuya excentricidad es relativamente importante (0.2056); sí, en la práctica, para Venus, de órbita casi circular (excentricidad: 0.006-8).

Los autores más lúcidos, Hiparco de Nicia y Claudio Tolomeo, fundándose en sugerencias geométricas de Apolonio de Perga ⁽⁸¹⁾, consiguieron en buena medida explicar los fenómenos respetando los datos de observación. Idearon para eso los “*epiciclos*”, la “*deferente*” y el “*ecuante*”. El epiciclo era una subórbita del planeta en torno a su deferente u órbita principal. El ecuante, el lugar geométrico con respecto al cual era uniforme el movimiento de los planetas. Gracias al concurso de epiciclos y deferentes (fig. 20), se conseguía esclarecer las extrañas peregrinaciones de los planetas: sus retrogradaciones, detenciones y bucles. El ecuante daba respuesta a otra cuestión: ¿por qué variaba la velocidad de los planetas? Y prueba la genialidad de Hiparco, pues el ecuante es ni más ni menos que el equivalente geoestático a la ley de las áreas kepleriana: Desde él, y bajo el mismo ángulo, se recorren arcos desiguales en tiempos iguales ⁽⁸²⁾.

⁸⁰ La opinión más general sitúa a Vitruvio en el siglo de Augusto, con poco más fundamento que la Dedicatoria de su obra.

⁸¹ No deja de ser curioso que las concepciones geométricas de Apolonio, que sirvieron para fundar la teoría geoestática del Universo, proporcionaran también la incitación a Kepler para superarla definitivamente, pues sin las órbitas elípticas la teoría heliocéntrica no se ajustaba a las observaciones. Por eso, el gran observador Tycho Brahe, no pudiendo aceptarla, retoió en cierto modo el sistema de Heráclides.

⁸² BERNARD COHÉN: “*El Nacimiento de una nueva Física*, (Fabricant) Buenos Aires. 1961, pág. 168 ys. dice: “Kepler obraba ... en forma totalmente anticopernicana al no suponer que las órbitas planetarias eran círculos*; además, había llegado a esta conclusión, en parte, volviendo a introducir ese aspecto de la astronomía tolemaica que Copérnico más objetara, el ecuante. Así decía que una línea trazada desde un planeta cualquiera hasta el foco de su eclipse no ocupado por el Sol describe un movimiento de rotación uniforme, o sea que esta recta describirá ángulos iguales en intervalos iguales de tiempo, pues ese foco es el ecuante. (Observemos, de paso, que este último *descubrimiento* de Kepler no es correcto)”. No; me permitiré añadir; pero revela la enorme influencia que sobre todos los astrónomos ejercía aún Tolomeo.

“Los epiciclos -escribe Tolomeo- no tienen sus centros descansando sobre los círculos excéntricos cuyos centros son aquellos con respecto a los cuales los centros de los epiciclos giran en un movimiento regular hacia el Este y cortan ángulos iguales en tiempos iguales, sino que los apogeos de las excéntricas se desvían ligeramente hacia el Este desde los puntos del trópico en torno al centro de la eclíptica y tanto aproximadamente para cada planeta como para la esfera de las estrellas fijas; es decir, un grado por siglo, en la medida en que es posible determinarlo desde los datos disponibles”⁽⁸³⁾.

Aunque no es raro tratar con cierto desdén a Tolomeo, por haber sostenido la teoría geostática, su obra es digna del nombre que lleva y ha tenido importancia fundamental para la Ciencia de los astros. El mismo Copérnico tributó, por eso, a su predecesor, con la mayor nobleza, merecidos elogios⁽⁸⁴⁾.

El sistema heliocéntrico propuesto por el sabio polaco, no dejaba de presentar dificultades y no era mucho más simple que el ptolemaico⁽⁸⁵⁾; pero vislumbraba la verdad y la buena pista para hallarla. Como escribe Abetti: “... Copérnico, repudiando el ecuante como *indigno* de los cuerpos celestes, adoptó un complicado sistema de epiciclos y supuso que la órbita de cada planeta estaba inclinada sobre la eclíptica en un pequeño ángulo, distinto para cada planeta. En total, usaba 34 círculos, cuatro para la Luna, tres para la Tierra, siete para Mercurio, cuyo movimiento es notablemente irregular, y cinco para cada uno de los demás planetas. Este número es siempre menor al usado por Tolomeo; recordemos que Fracastoro admitía 79 esferas.”

“El sistema de Copérnico no representaba por tanto el sistema heliocéntrico hoy conocido, especialmente después de los descubrimientos de Kepler y Newton, y conservaba el defecto de los epiciclos, que no podían explicar los movimientos aparentes de los planetas, unas veces en sentido directo y otras en sentido retrógrado, como consecuencia de su movimiento elíptico alrededor del Sol; de ahí que hubiera errores en los cálculos de las posiciones planetarias”⁽⁸⁶⁾. La explicación definitiva de los movimientos observables se logró desde que Kepler enunció sus famosas tres leyes:

1ª) Las órbitas de los planetas describen una elipse, con el Sol en uno de los focos.

2ª) El radio vector que une al Sol el planeta barre áreas iguales en tiempos iguales.

3ª) Los cuadrados de los tiempos en que cada planeta recorre su órbita son proporcionales a los cubos de sus distancia al Sol.

Newton demostró más tarde que las tres leyes de Kepler eran consecuencia esperadas de cierta gravitación universal que se acusa en razón directa con las masas coactuantes e inversa con el cuadrado de sus distancia.

Pues como dice Whitehead: “Esta ley general absoluta, unida a las tres leyes de movimiento a las que dio forma final, demostró ser apropiada para explicar todos los fenómenos astronómicos, incluso las leyes de Kepler, y ha sido la base de la Física moderna”⁽⁸⁷⁾.

⁸³ *PTOLOMEO: Almagesto* (Tallaferro), Chicago, 1952, 291.

⁸⁴ *COPÉRNICO en DE REVOLUTIONIBUS ORBIUM COELESTIUM*, Introducción, dice de él que destaca entre todos los astrónomos por su escrupulosidad e ingenio.

⁸⁵ *BERNARD COHÉN Op. cit* pág. 65 dice que los sistemas ptolemaico y copernicano “presentan prácticamente igual complejidad” y lo demuestra en sendos diagramas que los resumen. A la verdad, sólo después de Kepler, Galileo y Newton las nuevas concepciones ganaron en simplicidad y se mostraron bien fundadas.

⁸⁶ *ABETTI: Op. cit.* 98.

⁸⁷ *WHITEHEAD: Introducción a las Matemáticas* (Ceci), Buenos Aires, 1944, 147 s.

Más recientemente, a partir de las teorías de Einstein, se ha demostrado que las cosas no eran tan simples como las presentaba Newton: Su fórmula para la gravitación se convierte en otra mucho más complicada, que sería impropio reproducir aquí; pero que contiene a la de Newton como un caso particular y la supera en aquellas raras ocasiones en que se manifiesta insuficiente⁽⁸⁸⁾. Dado que la fórmula de Newton deja de ser aplicable en contadísimos supuestos, parece inútil advertir que sigue utilizándose con preferencia y en forma casi exclusiva en los cálculos astronómicos donde la gravitación interviene⁽⁸⁹⁾, precisamente por ser mucho más fácil aplicarla.

⁸⁸ EINSTEIN: *El significado de la relatividad* (Prélat), Madrid, 1948, 73 y ss. Y, más especialmente, 108 y ss. BARRE, E.: *Exposé general du principe de relativité et des Théories d'Einstein*, París, s. f. 92 ss. LANGEVIN, PAOL: *Introducción a la relatividad* (Warshaver), Buenos Aires, 1956, 149 ss. WEYL, HERMANN: *Space-Time-Mater* (Brose), 1952, 218 ss. (Para el que quiera conocer las memorias originales de los principales teóricos relativistas, con introducción y valiosísimas anotaciones, vid. GARCÍA BACCA, DAVID: *Filosofía de las Ciencias. Teoría de la relatividad*, México, 1941).

⁸⁹ Escribe WHIPPLE, FRED J.: *Tierra, Luna y Planetas* (Otero), Buenos Aires, 1944, 40: "Esta ley de la gravitación universal explica todos los complicados movimientos del sistema solar con el mayor grado de exactitud posible en las mediciones astronómicas (o sea con un error de uno en un millón o, como también suele decirse, con siete cifras exactas). El solo error es un avance del perihelio de Mercurio, que asciende a 50" poco más o menos en un siglo, y que se explica por una leve corrección a la ley de Newton, predicha por la teoría de la relatividad de Einstein. Un ángulo de 50" vendría a ser el subtendido por el iris del ojo a la distancia de unos 46 m."