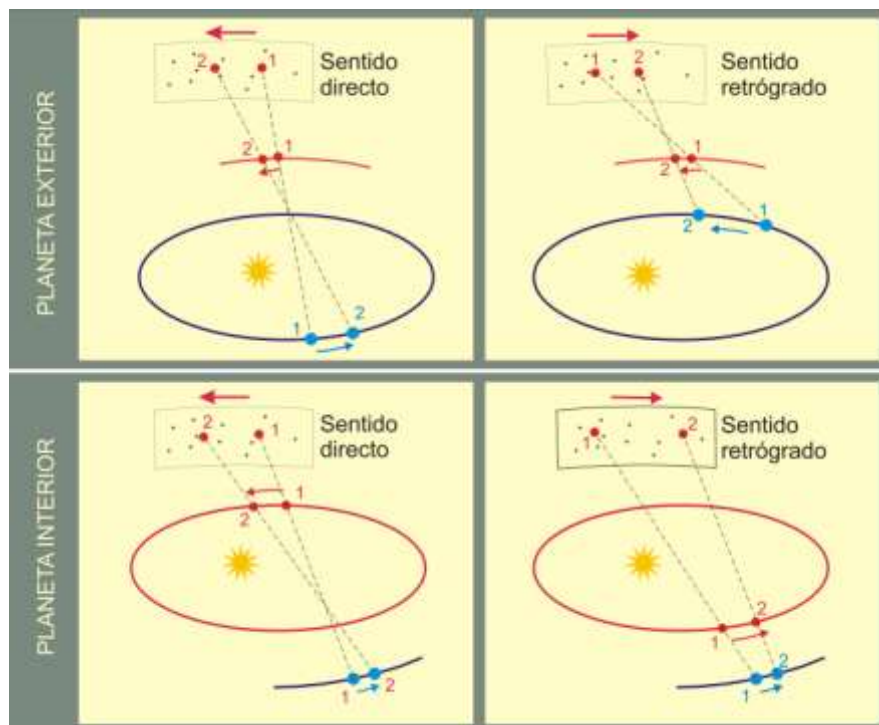


LAS RETROGRADACIONES DE LOS PLANETAS

Antonio Bernal González

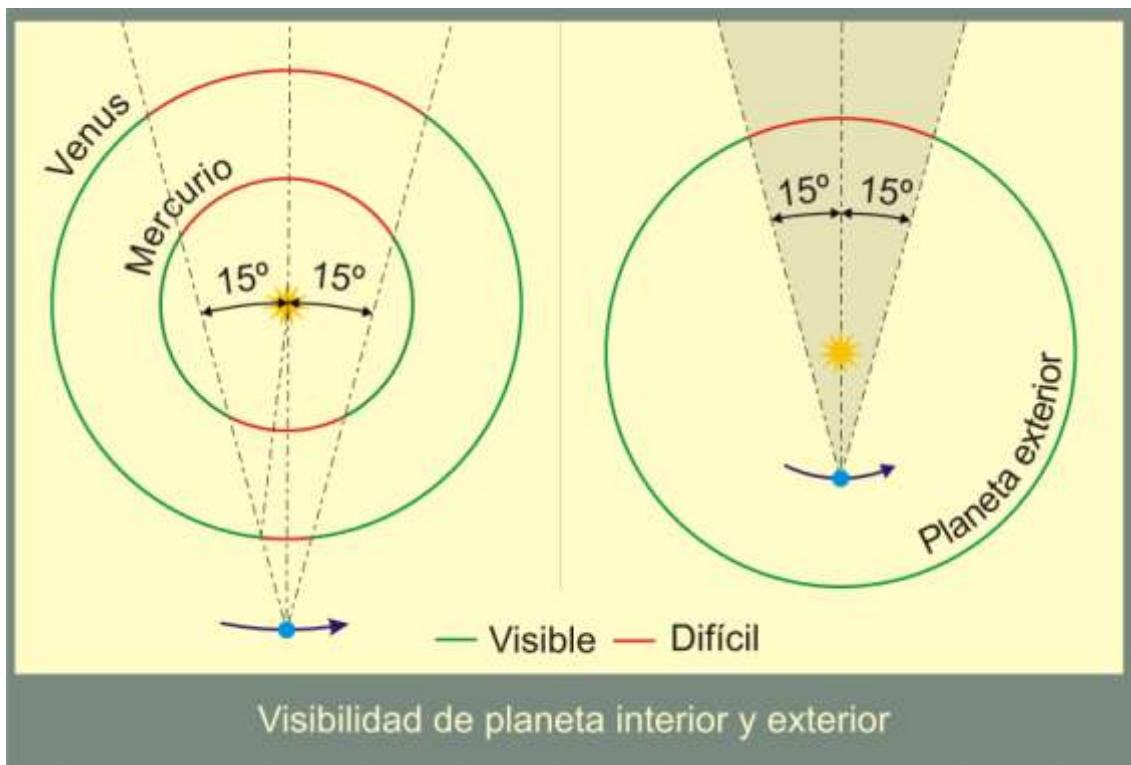
Las estrellas salen por el este y se ocultan por el oeste –todos lo saben– y con ellas el Sol, la Luna y los planetas. Pero, mientras que las estrellas van todas al unísono, conservando sus posiciones, como un ejército en formación, los planetas son como los centuriones de los ejércitos romanos que avanzaban con sus soldados, pero se movían entre ellos adelante y atrás. Es quizás esa metáfora la que originó la idea de los antiguos de pensar que los planetas eran superiores a las estrellas en jerarquía, y los llevó a deificarlos. Precisamente la palabra *planeta* quiere decir errante, por esa manía que tienen de ir y venir por entre las estrellas. El ejército del cielo tiene una particularidad y es que la cabeza o vanguardia, se une con la retaguardia, en un gran círculo en lugar de ir en una formación lineal. Los planetas o centuriones avanzan con todos sus soldados, pero a un paso más lento, de manera que se van quedando rezagados y después de un tiempo habrán recorrido todo el pelotón. Los antiguos midieron el tiempo que tarda un planeta desde que pasa por una estrella hasta que vuelve a ella después de dar toda la vuelta al cielo. Supieron, por ejemplo, que Saturno lo hace en treinta años y Júpiter en doce y sacaron la audaz conclusión de que los que tardan más es porque están más lejos de nosotros. Hoy sabemos que esos tiempos son los períodos de revolución de cada planeta alrededor del Sol.



Retrogradación de un planeta exterior (arriba) y de uno interior. Tanto la Tierra, como el planeta, como la proyección de éste en el cielo pasan del punto 1 al 2 en un cierto período de tiempo

Volviendo a la metáfora del ejército, de vez en cuando el centurión tiene que adelantarse a socorrer o a reprender a un soldado pero luego retoma su velocidad más baja que la del avance general. En el cielo, ese adelanto de un planeta –movimiento de este a oeste– tiene nombre: *retrogradar*, mientras que cuando va a la velocidad normal, un poco más baja que la del movimiento de la escuadra, se dice que va en sentido directo.

El avanzar y retroceder sin causa aparente fue un problema espinoso para los antiguos que nunca entendieron su razón de ser. Hicieron modelos que imitaban los movimientos con un error razonablemente bajo y a corto o mediano plazo, pero inapropiados para predecir las posiciones de los planetas en un futuro lejano. Filósofos como Platón y sus discípulos Eudoxo y Calipo, y posteriormente Aristóteles, inventaron uno de esos modelos, consistente en un complejo sistema de esferas contenidas unas entre las otras como una matrioska, que giraban como engranajes a diferentes velocidades y con distintos diámetros. Otro modelo del cosmos fue el de los epiciclos y deferentes, heredado de astrónomos más antiguos por Tolomeo y reformado por él mismo en el siglo segundo de nuestra era. Durante más de mil años no se tuvo nada más exacto que ese sistema, dado de baja durante la revolución científica iniciada por Copérnico.



Períodos de visibilidad (en verde) de los planetas. Para una elongación –ángulo Sol-Tierra-planeta– menor de 15°, el planeta es difícil de ver

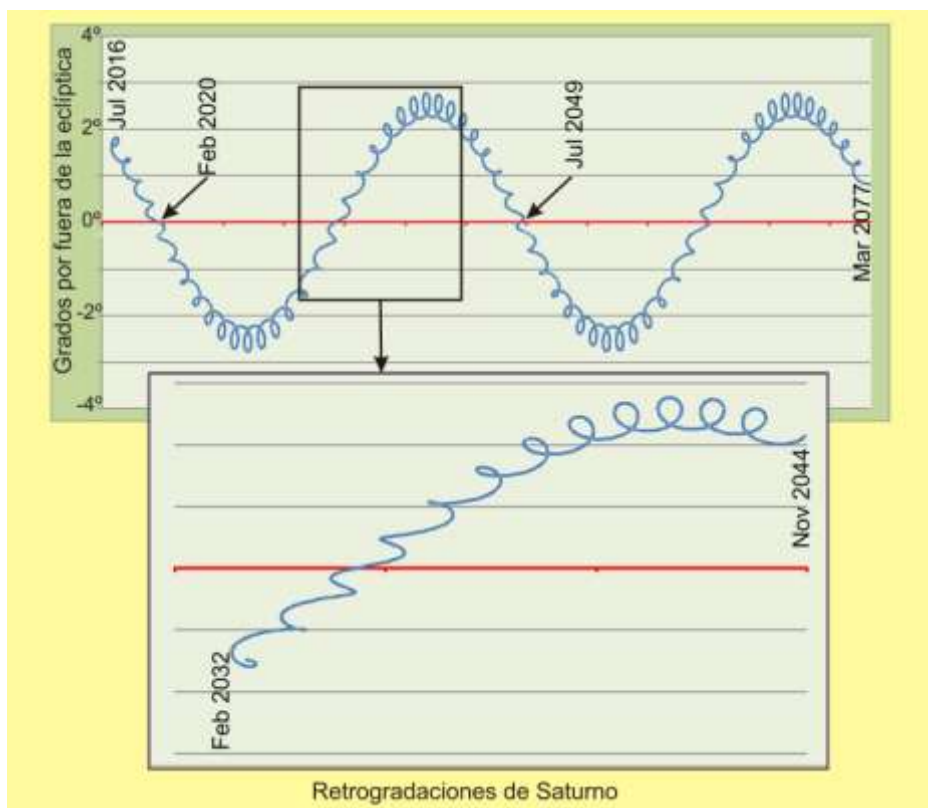
Hoy sabemos que el retrogradar y luego retornar al sentido directo obedece a un efecto de perspectiva motivado por el hecho de que observamos desde una Tierra en movimiento, no estática como se pensaba antes de Copérnico. En la figura 1, se aprecian las órbitas de un planeta (en rojo) y de la Tierra (azul) y la proyección del planeta sobre la esfera celeste, visto desde la Tierra. Los dos dibujos superiores son para un planeta exterior, cuya órbita es más grande que la de la Tierra, por ejemplo Marte. Tanto la Tierra, como el planeta, como la proyección de éste en el firmamento, pasan en un cierto lapso de tiempo, del punto 1 al 2. Dependiendo de la posición de la Tierra en su órbita, el planeta se verá mover en el cielo de derecha a izquierda – sentido directo– o retrogradar en sentido contrario. Se observa que el movimiento de la Tierra es más rápido por estar más cerca del Sol, como lo exigen las leyes de Kepler, y que el movimiento retrógrado se da cuando la Tierra está más cerca del planeta (en oposición). Los dos dibujos de abajo son para un planeta inferior –Mercurio o Venus– y se ve también que la retrogradación ocurre cuando el planeta está más cerca de la Tierra (en conjunción inferior). Aquí la Tierra viaja más lentamente que el planeta por estar más alejada del Sol.

También se puede apreciar cómo en tres de los cuatro dibujos el Sol está en la dirección aproximada de la línea visual, por lo cual se podría pensar que su luz impide que se pueda observar el planeta. Pero no, porque el alineamiento no es exacto y el planeta se ve un poco alejado del Sol, un cierto ángulo que se llama *elongación*. Cuando la elongación es menor de 15° el planeta es muy difícil de observar, de manera que para verlo hay que buscar ángulos mayores. La figura 2 ilustra cómo un planeta exterior (a la derecha) es observable durante casi toda su órbita (parte coloreada de verde), mientras que uno interior tiene zonas muy amplias de difícil visibilidad (parte coloreada de rojo). Venus es fácil de ver durante más de las tres cuartas partes de su órbita, mientras que mercurio lo es apenas durante un poco más de la mitad.

El Sol, y los planetas se mueven contra el telón de fondo de las estrellas a lo largo de una banda de cielo llamada Zodíaco, un cinturón que da una vuelta completa al firmamento y toca total o parcialmente 28 de las 88 constelaciones. El Sol va siempre por la línea media de esa franja sin apartarse nunca de ella, con un movimiento que conserva el sentido de oeste a este de manera permanente. Los planetas, en cambio, se apartan de la línea central, unas veces a un lado y otras veces al otro y pueden ir en sentido directo, de oeste a este, o retrogradar en sentido contrario, como se explicó en la entrega pasada de Astronomía. A la línea central se la llama la eclíptica, porque es en ella donde ocurren los eclipses, razón de Perogrullo, puesto que el Sol, que es uno de los responsables de estos fenómenos, se encuentra siempre pisando esa línea. En realidad la eclíptica es la proyección del plano de la órbita terrestre contra el firmamento y los planetas se apartan de ella a lado y lado debido a que sus órbitas no están en el mismo plano que la terrestre. El que más puede apartarse de la eclíptica es Venus, que llega a estar a 8,5 grados de ella, como ocurrirá en marzo del 2017, por lo

que el ancho de la franja es 17° que corresponden a 8,5 a cada lado de la eclíptica. Marte se separará $6,9^\circ$ de la eclíptica en agosto de 2050 y ese será su récord en los próximos 50 años.

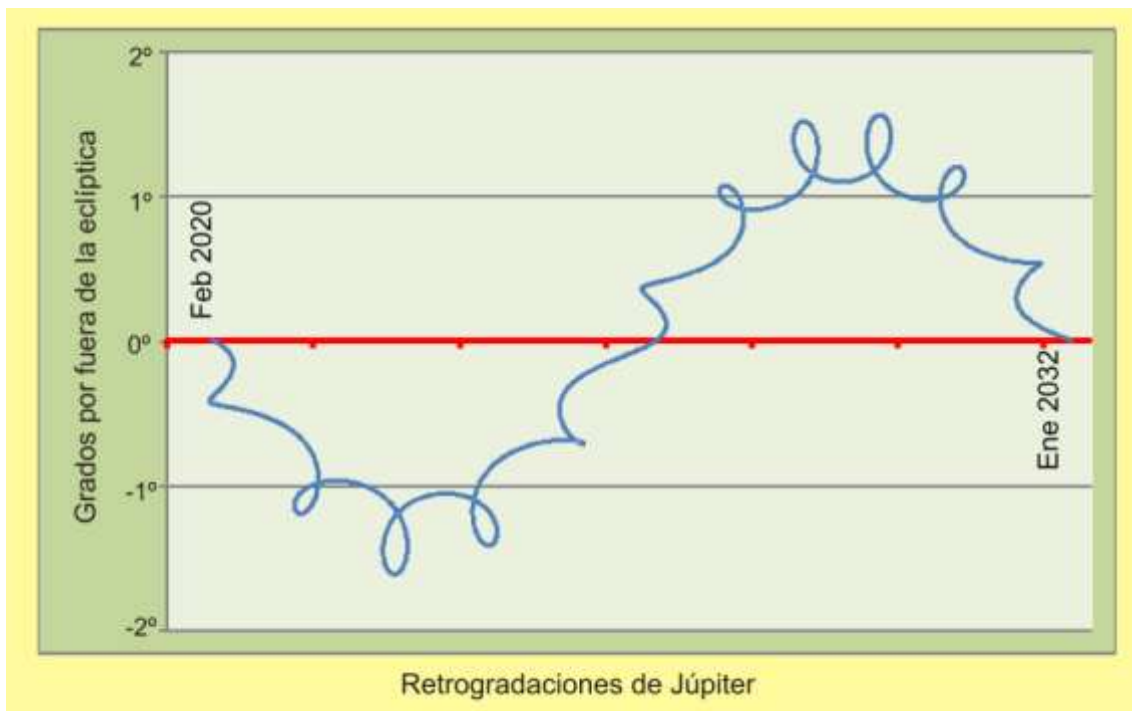
Como explicamos arriba, el instante central del período de retrogradación de un planeta ocurre cuando éste y la Tierra están en su punto más cercano, que para los planetas exteriores se llama *oposición* porque observados desde la Tierra, el planeta y el Sol se ven en direcciones opuestas. Cabría preguntarse, entonces, cuánto tiempo dura la retrogradación desde el día en que el planeta reversa la dirección de su movimiento hasta cuando retorna al sentido directo. Eso depende de la distancia entre la Tierra y el planeta, que es variable puesto que las órbitas son elípticas, y como consecuencia también cambia la duración de los períodos de retrogradación. Pero en general, los planetas más lejanos retrogradan durante más tiempo, como Urano y Neptuno cuya retrogradación puede llegar a prolongarse durante casi media órbita de la tierra, o sea unos 180 días. Saturno fue el planeta más lejano que conocieron los antiguos cuando no se habían inventado los telescopios, y sus retrogradaciones se prolongan durante unos 130 o 140 días; las de Júpiter, en cambio tardan alrededor de 120. Marte es capítulo aparte porque tiene unas variaciones muy grandes a causa de la gran excentricidad de su órbita. En el 2018, por ejemplo, retrogradará durante 63 días, mientras que en el 2052 lo hará durante 78.



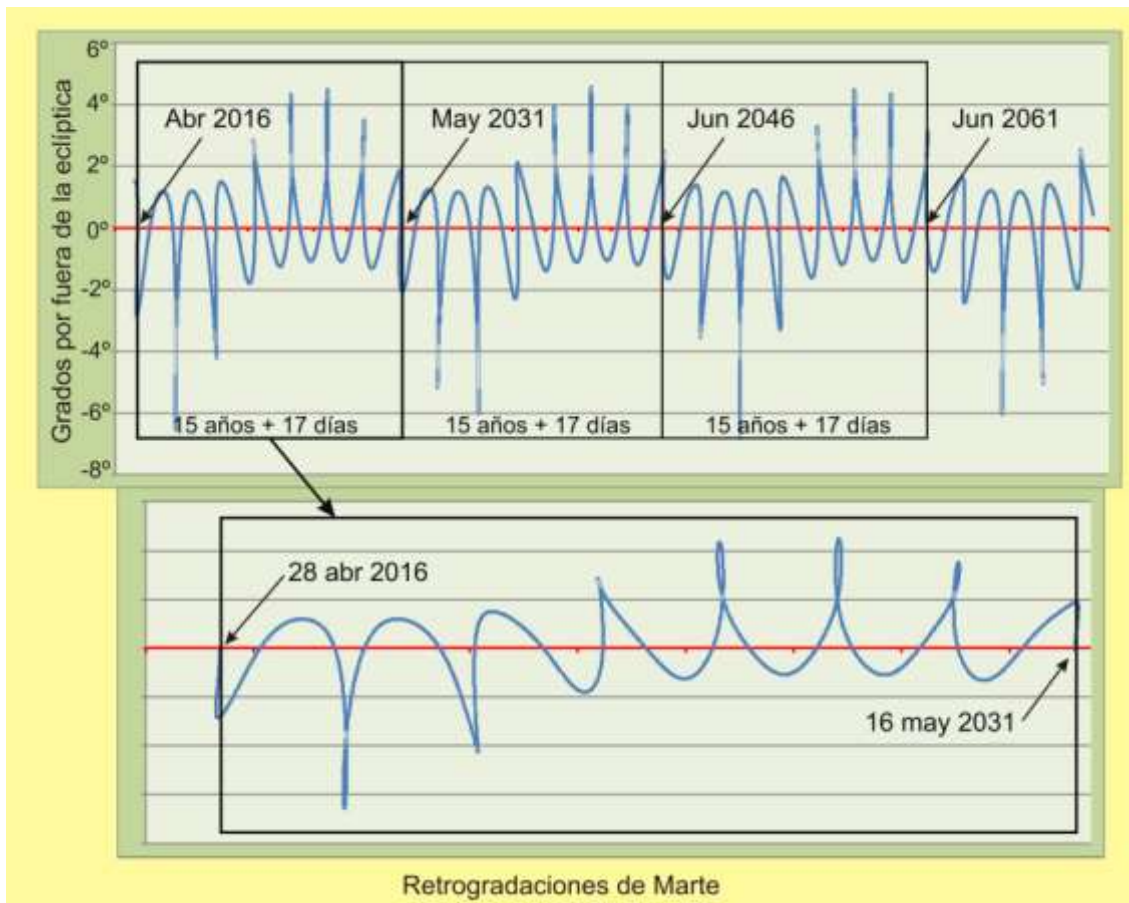
Movimientos de Saturno a lo largo del Zodíaco durante un período de más de 50 años. La curva sinusoidal está formada por bucles, todos diferentes, que se muestran mejor en la ampliación del recuadro

Fueron estas irregularidades en los movimientos las que pusieron en jaque a los pensadores antiguos, porque, si las variaciones fueran constantes, habrían encontrado una fórmula sencilla para reproducirlas; pero, si hay cambios en los cambios, el análisis se vuelve poco menos que enloquecedor, a menos que se tengan observaciones precisas y completas, durante un tiempo suficiente para implementar un modelo que permita hacer predicciones.

Miremos, por ejemplo, el caso de Saturno en la figura correspondiente. En ella se muestran los movimientos del planeta durante más de cincuenta años en los que da casi dos vueltas a lo largo de la banda del zodiaco. La línea roja es la eclíptica y la escala vertical representa la separación del planeta de esa línea, que para Saturno nunca llega a los tres grados a un lado o al otro. En la parte superior se ve cómo el planeta sube y baja apartándose a lado y lado de la línea central, en un movimiento que recuerda la oscilación de una onda sonora o de una corriente eléctrica. La repetición (longitud de la onda) es cada 29 años y medio, como se aprecia en las dos fechas de cruce con la línea roja que se señalan: febrero de 2020 y julio de 2049. El trazo en vaivén está formado por una secuencia de pequeños bucles, todos diferentes, que se ven mejor en el recuadro, y que parecen no tener un patrón de comportamiento a corto plazo. El trazo de Júpiter es parecido, con bucles también todos distintos, que se calcan casi exactamente cada doce años.



El patrón de movimientos de Júpiter que se muestra en la figura se calca casi exactamente cada doce años

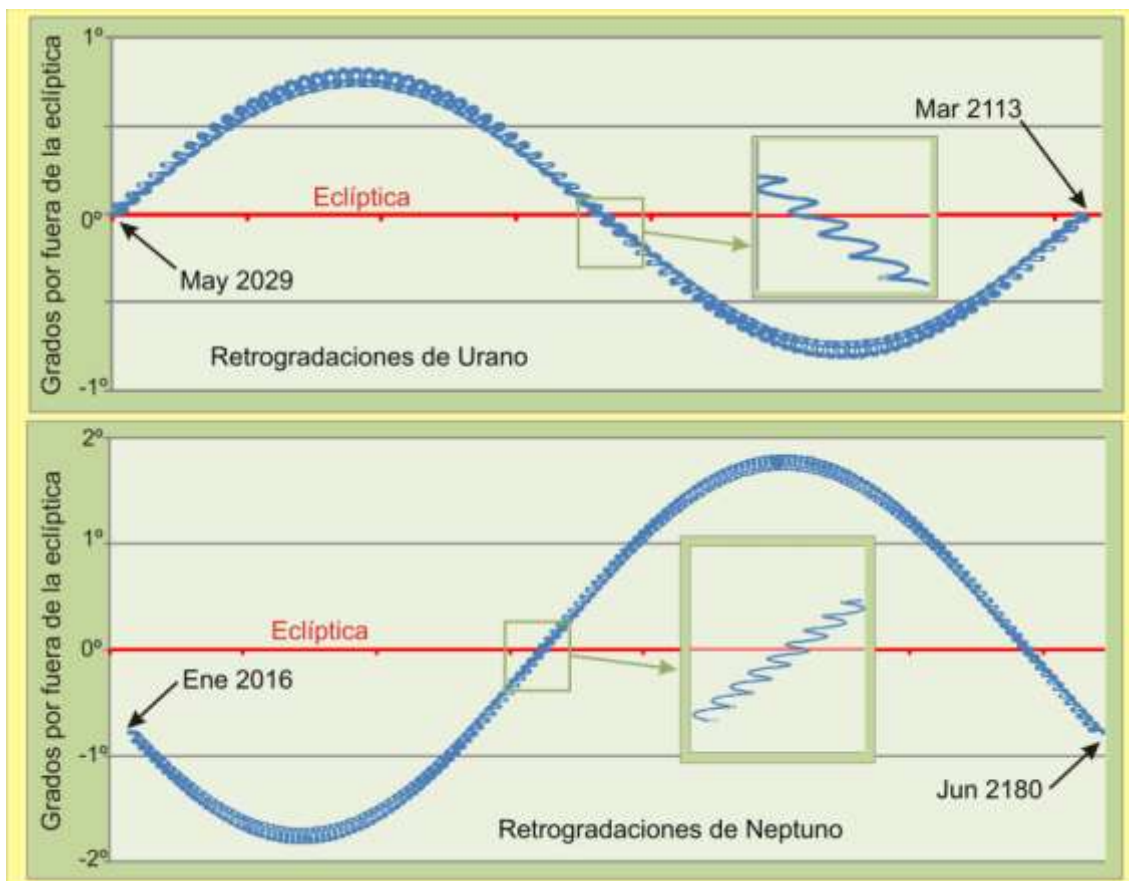


Movimientos de Marte en el cielo durante un período de más de 50 años. El cuasi patrón que se da cada 15 años largos, se ve mejor en la ampliación del recuadro

Marte es un caso especial que, aunque aparenta repetir sus trazos cada cierto tiempo, si se mira en detalle se ve que la repetición dista mucho de ser un clon. En la figura se marcan con cuadros negros períodos de 15 años y 17 días que forman patrones muy similares porque equivalen a ocho vueltas de Marte alrededor del Sol. ¿Porqué no son exactamente iguales esos patrones? Precisamente por esos 17 días extras que hacen que la Tierra avance un poco más en su órbita cuando Marte ha completado su octava vuelta. Si queremos buscar coincidencias más exactas, tendremos que esperar 646 años y dos días que equivalen a 344 años marcianos. En el recuadro de la figura hemos ampliado el primer período de 15 años y 17 días, exagerando la escala horizontal para poder apreciar cómo son esos avances y retrocesos del planeta a lo largo de la banda del zodiaco.

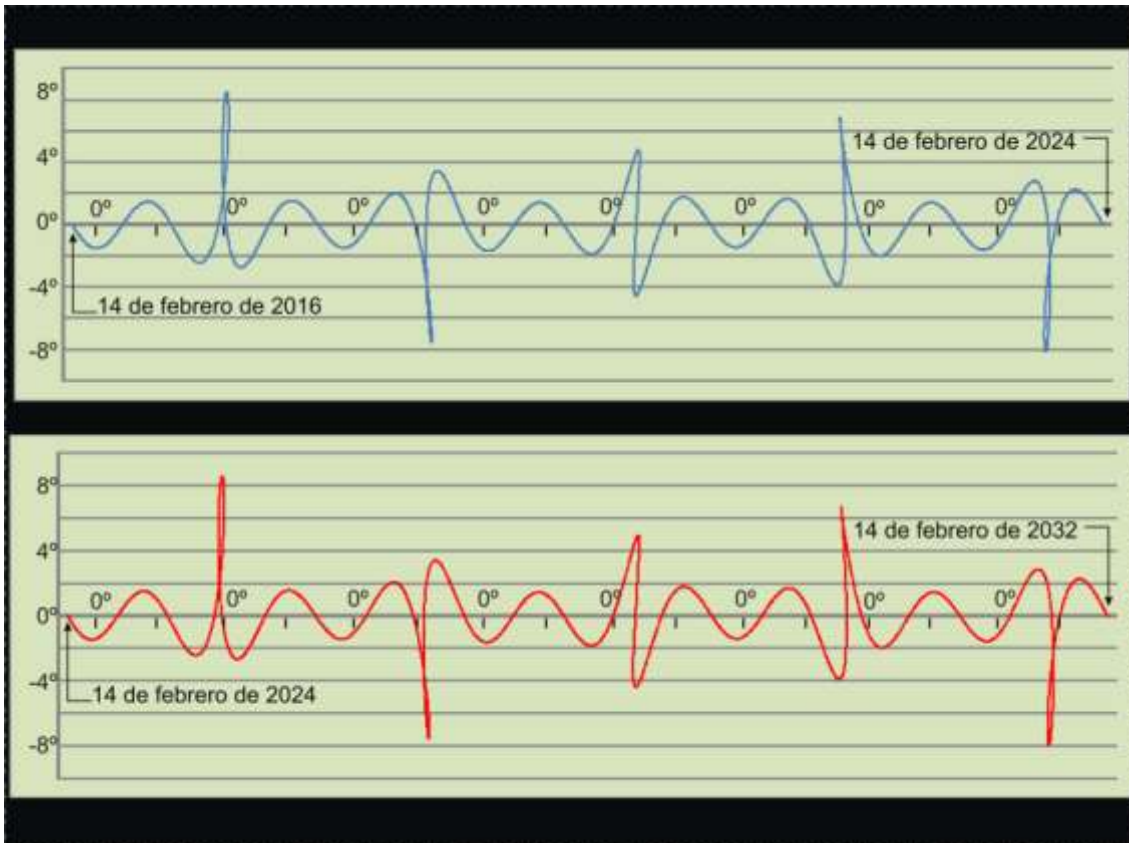
Sin leyes de Kepler y con el paradigma de la Tierra quieta en el centro del Universo, ¡qué misterio representaba para los antiguos esta armoniosa irregularidad de movimientos! Con razón tardaron milenios en interpretarla.

Por curiosidad, insertamos los gráficos de movimiento de los planetas lejanos Urano y Neptuno que, como se ve, tienen retrogradaciones muy pequeñas con relación a unos períodos muy largos de repetición.



Retrogradaciones de Urano y Neptuno. En los recuadros se ve el detalle de los movimientos.

Los planetas más difíciles de seguir para los antiguos fueron los interiores, Mercurio y Venus. Como ya lo dijimos, por estar más cerca del Sol que la Tierra, cuando miramos hacia ellos el Sol nos deslumbra y nos dificulta su observación y la de las estrellas vecinas con lo cual se complica la ubicación del planeta en el cielo por falta de puntos de referencia. Estos inconvenientes produjeron tal confusión entre los observadores, que los griegos en un período de su historia llamaron al planeta Venus Phosphorus – portador de luz–, cuando aparecía como estrella matutina y Hesperus cuando era vespertina. Seguramente durante un tiempo pensaron que se trataba de dos astros diferentes como lo insinúa el hecho de que en algunos escritos, como las Etimologías de Isidoro de Sevilla, aparecen con períodos distintos para dar su vuelta completa al firmamento: nueve años para el primero y quince para el segundo. Es cierto que el autor debió copiar de una fuente ya caduca, puesto que mucho antes de Isidoro ya se sabía que se trata del mismo planeta en sus apariciones matutina o vespertina, como se puede comprobar leyendo a Cicerón: " El más bajo de los cinco planetas y el más cercano a la tierra es la estrella de Venus, llamada en griego *Fósforos* y en latín *Lucifer* cuando precede al sol, y *Hésperos* cuando le sigue". Pero el hecho de que los primeros observadores se confundieran es un indicativo de la dificultad para seguir sus movimientos.

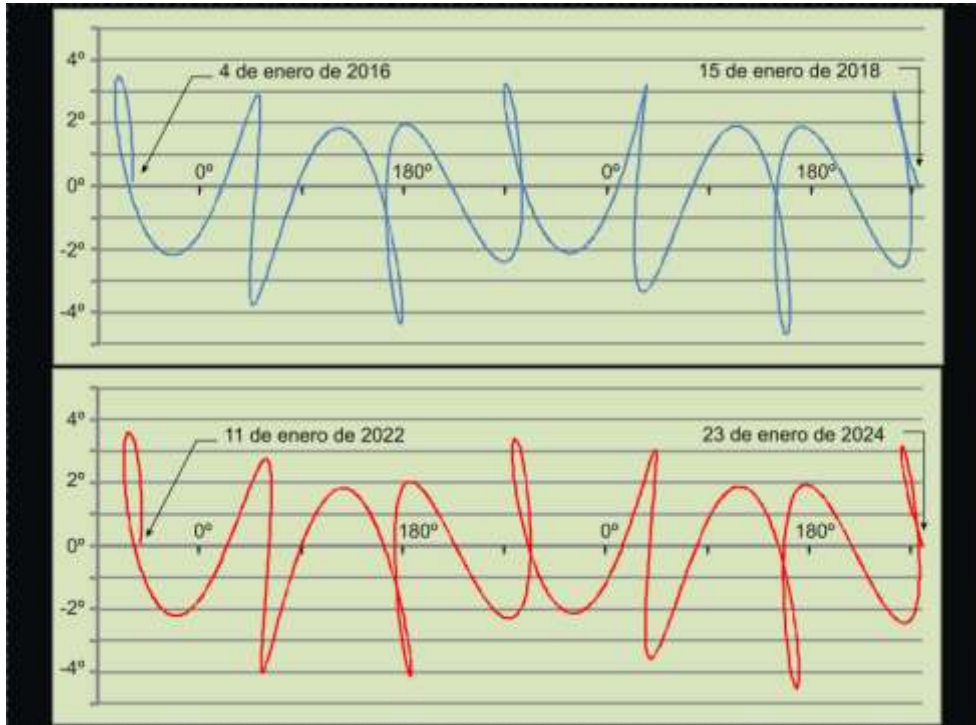


Los movimientos de Venus en la banda del zodíaco se repiten casi exactamente cada 2922 días (8 años). El eje horizontal representa los grados sobre la eclíptica y el vertical, la desviación a lado y lado de la misma

Si Venus presentaba confusiones como ésta, siendo como es un astro fácil de observar, incluso de día, imaginemos lo que pasaría con el planeta Mercurio que es difícil de ver tanto para novatos como para observadores expertos. La frase de Copérnico en *De Revolutionibus* es indicativa de cuán difícil es observar esta estrella: "Mercurio nos extorsionó con muchos rodeos y trabajos para investigar sus movimientos". Él mismo no pudo jamás observar este planeta esquivo y atribuye la razón a la gran latitud de su sitio de observación y a los vapores del río Vístula que no permiten que haya un aire tranquilo. Quizás estas afirmaciones del sabio polaco sean el origen de la anécdota tan conocida, aunque seguramente apócrifa, que dice que él se lamentó en su lecho de muerte por no haber podido observar nunca el planeta Mercurio. El caso es que sus cálculos sobre el planeta se basan en sólo 10 observaciones, siete hechas en el siglo II de nuestra era por Tolomeo y por Theon, una de 1491 hecha por Bernhard Walther y dos de 1504, hechas por Johannes Schöner.

Hoy no necesitamos observar el planeta para conocer sus movimientos porque tenemos las matemáticas de la órbita tan bien definidas, que un programa de ordenador nos permite visualizar la posición en el momento que queramos del pasado

o del futuro. Fue lo que hicimos con los planetas exteriores en la entrega pasada de Astronomía y que ahora podemos hacer para Venus y Mercurio. Si calculamos las posiciones sobre la Eclíptica para un período largo de tiempo, por ejemplo cincuenta años, nos damos cuenta de que Venus tiene un patrón de comportamiento que parece repetirse con precisión cada 2922 días que son ocho años mas unas pocas horas. Esta duplicación obedece al hecho de que ocho años terrestres equivalen a trece revoluciones de Venus alrededor del Sol con una precisión casi matemática. Por ejemplo, las posiciones del planeta en el cielo el 31 de diciembre de 2064 y ocho años después, en la misma fecha del 2072, difieren sólo en seis centésimas de grado. Como ejercicio, trate el lector de encontrar diferencia entre las dos gráficas de la primera imagen de este escrito, que entre ambas cubren los dieciséis años que van entre febrero de 2016 y febrero de 2032. A escala tan pequeña será casi imposible hallarlas. Lo mismo que en las gráficas de los planetas exteriores publicadas hace un mes, la línea central representa la Eclíptica y los números que aparecen sobre ella son los grados a partir del primer punto de Aries. Entre un cero y el siguiente hay una vuelta completa a la esfera celeste y se puede ver que hay ocho. Por su parte, la curva que representa los movimientos del planeta debe cruzar la Eclíptica una vez hacia arriba y una en sentido contrario por cada revolución del planeta. Si se cuentan los cruces hacia arriba, se comprobará que son trece: son las trece vueltas de Venus alrededor del Sol.



Para Mercurio, el valor de repetición de las posiciones eclípticas es cada 742 días. La escala vertical es menor que para Venus porque la inclinación de la órbita es también menor

Mercurio también tiene su propio período de repetición de posiciones en la banda del Zodíaco, cada dos años y un poco más de once días, pero no lo hace con tanta precisión como el planeta Venus. Si se observan detenidamente las dos gráficas de la segunda imagen, se podrán notar pequeñas diferencias de posición, en especial en el ancho de los bucles. Sin embargo no hay duda de que los rasgos generales son los mismos e identifican al planeta de igual manera como dos firmas hechas por la misma persona tienen pequeñas diferencias pero no dejan duda acerca de quién es el autor de las mismas.

Así pues que estos movimientos de Mercurio y Venus, lo mismo que los de los planetas exteriores, son las rúbricas de cada uno de ellos. Hoy, cuando la identificación de las personas se hace cada vez menos por medio de su firma y cada vez más por algunos distintivos físicos, podríamos decir que los planetas también tienen su propia huella digital o, mejor aún, su propio ADN.