

revista
NaDiR

Nº 50

III-2022



**EL PLANETARIO DE SERÓN
LOS PUNTOS DE LAGRANGE
EL PASO DEL COMETA HALLEY EN EL AÑO 837 D.C.
ASTRONOMY EDUCATIONAL JOURNAL (IAU)
REUNIÓN DE JUNTA DIRECTIVA DE ApEA**

**REVISTA DE LA ASOCIACIÓN PARA LA
ENSEÑANZA DE LA ASTRONOMÍA (ApEA)**



**ASOCIACIÓN
PARA LA ENSEÑANZA
DE LA ASTRONOMÍA**

ApEA

NaDiR es una revista de la Asociación para la Enseñanza de la Astronomía (ApEA)
www.apea.es

Presidente:

Carolina Clavijo Aumont

Vicepresidente:

Sebastián Cardenete García

Secretario:

Fernando Sánchez Gil

Tesorero:

Xavier Benlliure i Perales

Vocal de Publicaciones:

Ricardo Moreno Luquero

Vocal página web:

Eva Dominique Ibarra

Vocal FAAE:

Ángel Gómez Roldán

Vocales de Encuentros:

M. Carmen Botella

Fernando Ordóñez

Vocales:

Esteban Esteban Peñalba

Sensi Pastor Rodríguez

Manu Arregi Biziola

Edición de la revista Nadir:

Ricardo Moreno Luquero

rmluquero@gmail.com

Comité de Redacción:

Manu Arregi y Joaquín Álvaro

Depósito Legal: Z-2513-98

ISSN: 1575-7528

Marzo 2022

Foto de portada: James Webb Space
Telescope. (c) NASA-ESA-CSA.

SUMARIO

CENTROS

EL PLANETARIO DE SERÓN

Raúl Martínez Morales

3

DIDÁCTICA

LOS PUNTOS DE LAGRANGE

Esteban Esteban Peñalba

7

HISTORIA

EL PASO DEL COMETA HALLEY EN EL AÑO 837 D.C.

Juan Carlos Terradillos Jiménez

19

RECURSOS

ASTRONOMY EDUCATIONAL JOURNAL (IAU)

Ricardo Moreno Luquero

29

JUNTA DIRECTIVA

REUNIÓN DE LA JUNTA DIRECTIVA DE ApEA el 20-I-2022

Fernando Sánchez Gil

32

NaDiR no se hace responsable de las opiniones expresadas en los artículos. Si no se indica otra cosa, las imágenes son propiedad de los autores de los artículos.

La distribución de NaDiR es gratuita entre los socios de ApEA, y se puede descargar de su web.

Se autoriza la difusión del contenido de la revista, citando la fuente.

PLANETARIO DE SERÓN: UN PLANETARIO, UN OBSERVATORIO Y UNA ESCUELA DE ASTRONOMÍA

Raúl Martínez Morales, www.PlanetariodeSeron.com



El Planetario de Serón está situado en la provincia de Almería, en la cara norte de la Sierra de los Filabres, al pie del Observatorio de Calar Alto. Es un proyecto muy reciente, que ya está dando sus frutos, aunque tiene un gran potencial para crecer más y consolidarse como un espacio cultural de difusión científica.

El Planetario de Serón (Almería) es un pequeño complejo astronómico que consta de un planetario con una cúpula de 6 metros de diámetro, y un sistema digital que proyecta 1600x1600. Además tiene un pequeño observatorio fijo desde el que, entre otras cosas,

se hace fotometría de estrellas y asteroides. Contamos también con varios telescopios portátiles y prismáticos para la observación del cielo en visual, y una sala que, poco a poco, vamos convirtiendo en un pequeño Museo del Espacio Tiempo, y en el que realizamos talleres. En

nuestras instalaciones atendemos colegios, familias y personas que desean conocer el universo.

Empezó a construirse en el verano de 2017, y fue inaugurado en mayo de 2018. El municipio de Serón está en la cara norte de la Sierra de los Filabres, al pie del Observatorio de Calar Alto, y el ayuntamiento apostó por este recurso astro-turístico para dotar al municipio de nuevos incentivos y contrarrestar la despoblación de las zonas del interior. La construcción está realizada completamente con madera. Fue la primera adaptación de una vivienda ecológica *Xiglú* en un planetario, por eso presumimos de tener un *planetario ecológico*.



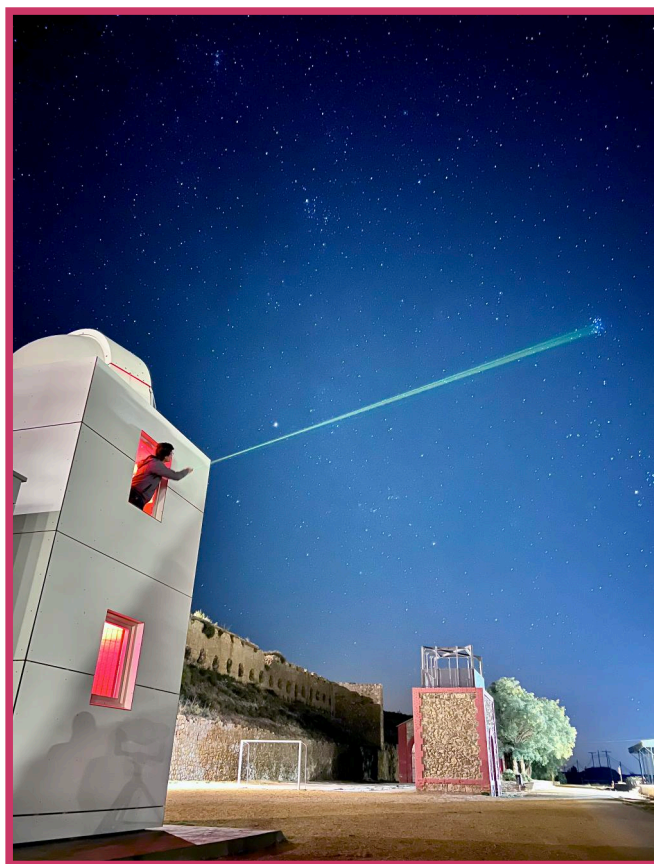
Llegué a Serón como planetarista y representante de la marca comercial *Digitarium*. Durante los primeros años tuve que realizar las sesiones con mi proyector propio, ya que el planetario solo contaba con la cúpula y los asientos.

Durante la pandemia de 2020, nos planteamos seriamente en mi familia hacer un cambio de vida. Después de varias décadas en Canarias (Lanzarote y Tenerife), suponía un cambio importante: nos ofrecía unas instalaciones fijas y muy buena calidad del cielo. En septiembre de 2020, ya estábamos en Serón.

Podemos decir que todavía estamos en los comienzos, y máxime con la situación sanitaria tan delicada, pero es cierto que, gracias a los medios materiales con que contamos, y sobre todo con la larga andadura de más de 25 años en enseñanza y divulgación de la Astronomía, hemos realizado ya un importante camino en la provincia de Almería y limítrofes. Me parece que el planetario de Serón será el lugar donde finalmente *ponga el huevo y me asiente*, como digo, después de décadas de vida de *astrónomo ambulante*.

Volvamos a las instalaciones. En nuestro logo versa la frase Planetario de Serón *espacio-tiempo natural* ¿Por qué?

Serón destaca por ser un pequeño municipio de Almería situado en el alto Almanzora, con una dilatada trayectoria en innovación turística: tener el único planetario de la provincia es un ejemplo de ello. El pueblo tiene su propio logo turístico con el eslogan *Espacio Natural Sabor Propio*,



haciendo referencia a los dos “platos” fuertes de la localidad: el entorno súper natural donde se encuentra, y la fama por su embutido y su jamón. Así que inspirándonos en ello, y queriendo seguir la misma línea que *Turismo Serón*, se nos ocurrió nuestra frase eslogan de *espacio-tiempo natural*.



Espacio-Tiempo es una palabra compuesta, que tiene varios significados. Por una parte está el concepto de espacio-tiempo de la Física, bien conocido por todos nuestros lectores, y que al visitante conocedor de la Física le indica que aquí hay *sustancia*. Pero por otra, podemos tomar ambas palabras por separado, y quedarnos con el espacio y con el tiempo. No cabe duda que nuestro espacio, el entorno donde está ubicado Serón, es Natural. De ahí lo de Espacio natural con sabor propio, que invita a los visitantes a hacer turismo por el pueblo, como se menciona más arriba.

Pero ¿y el tiempo? ¿se puedo hablar de *tiempo natural*? Pues bien, creemos que sí, que el tiempo también es natural en Serón. Aquí vivimos con un ritmo mucho menos frenético que en las ciudades, y seguro que miramos menos veces al día la hora que marcan nuestras manecillas... ¿nuestras manecillas?, ¡pero si ya nadie usa relojes así, ya todo es digital!

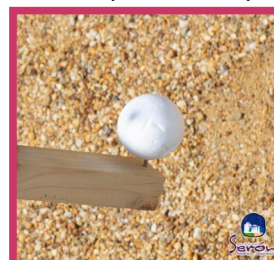
En el Planetario de Serón estamos desarrollando artilugios que marcan la hora de la forma más natural y tradicional posible, más aún que las manecillas de los relojes mecánicos, miles de años antes de su invención. Esto se

consigue con el Sol. Como amantes que somos de los artilugios astronómicos, contamos con algunos prototipos de relojes de sol, con la firme idea de inmortalizarlos en monumentos fijos en el exterior, que inviten a los transeúntes a medir el tiempo de *forma natural*.

Durante el día ofrecemos observaciones directas del Sol. Contamos con filtros para la fotosfera y cromosfera, además de las clásicas gafas de eclipses que tanto impresiona a la gente, pues no se esperan ver el Sol así (*parece la luna* es la expresión más habitual). En general gustan mucho las observaciones solares, a pesar de seguir siendo el gran desconocido de la Astronomía. Explicar que es la única estrella que podemos ver con detalle, ayuda a que la gente se anime a contratar la actividad de observación diurna. Acompañamos la actividad con el planetario y con la construcción de un reloj de sol de cartón que pueden llevar a casa, del que hemos explicado su funcionamiento.



También realizamos una simulación de las fases de la luna y de los eclipses, con un sencillo simulador formado por una varilla de madera de poco más de un metro y con dos pelotitas que forman el sistema Tierra Luna a escala. Sin duda, otro recurso exquisito, tanto a nivel educativo como para curiosos del saber, será el modelo de la





Tierra paralela, que pronto tendremos listo. Y es que la Astronomía diurna da mucho juego, es divertida, entretenida y nos enseña muchas cosas nuevas e interesantes.

Por la noche, montamos los telescopios portátiles en el exterior. También contamos con un observatorio completamente robotizado: es una gozada ver como capta una galaxia o cualquier objeto de cielo profundo, aunque opino que no hay nada como verlo a través del ocular. Por eso las grandes aberturas son fundamentales si se quiere tener una buena experiencia detrás del ocular.

Las instalaciones se encuentran en plena Vía Verde, un lugar muy transitado por caminantes y amantes de la bicicleta. Es un camino que nos invita a convertirlo en *La Vía Verde Láctea*. La realización de un modelo de Sistema Solar a escala puede suponer volver a conectar y unir la comarca del Almanzora mediante un camino que antiguamente ya los unía. Un común denominador, el astroturismo, fusionado con el arte y con otros ingredientes como es la actividad física.

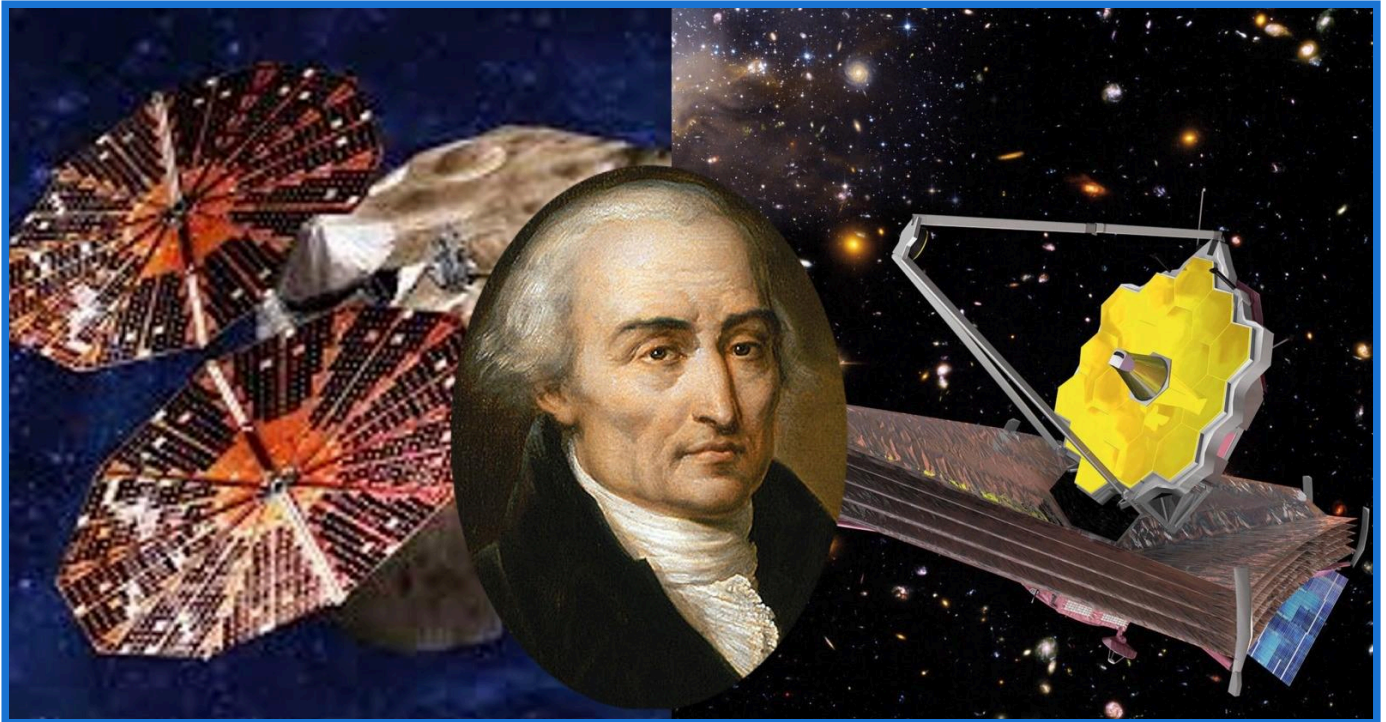
Sin embargo, *no todo el monte es orégano*. La contaminación lumínica en el bajo Almanzora es notable, tirando a sobresaliente, y este caballo de batalla es duro. Su disminución es un precioso objetivo para ir meditándolo y poco a poco materializando.

El Planetario de Serón es un proyecto nuevo, que ya da sus frutos y satisfacciones, pero que consta de un potencial para crecer más y consolidarse como un espacio cultural de difusión científica. El *espacio-tiempo natural* se ha convertido en el eje conductor que nos inspira y guía para seguir creciendo, poco a poco. El Planetario de Serón es una iniciativa privada, con la colaboración del ayuntamiento, pero que no consta con presupuesto externo ni subvenciones. El planetario de Serón es quizás, la culminación y la materialización de una vida dedicada a esta fabulosa labor que es la enseñanza y divulgación de la Astronomía. Es un coletazo de resistencia por seguir adelante y crear algo que no existe más que en nuestros sueños más profundos.



LOS PUNTOS DE LAGRANGE

Esteban Esteban Peñalba



Durante el último trimestre de 2021 se produjo el lanzamiento de dos misiones espaciales cuyos destinos han sido unos lugares muy peculiares del Sistema solar: los denominados puntos de Lagrange. En este artículo se estudian estos puntos, sus ventajas para situar observatorios, y donde se sitúan los asterooides troyanos. Se termina con un interesante Apéndice sobre la nomenclatura de estos cuerpos.

El telescopio espacial James Webb

Fue muy mediático el lanzamiento, el día de Navidad de 2021, y después de numerosos retrasos, del nuevo telescopio espacial James Webb Space Telescope (JWST), un proyecto de NASA, ESA y CSA, según muchos el sustituto del

Hubble. Este nuevo ingenio, mucho más eficiente, no se ha quedado orbitando la Tierra como su predecesor, sino que ha viajado más de 2000 veces más lejos, a un lugar donde apenas necesitará propulsión para mantenerse estacionario, y a donde llegó el 24 de enero de 2022.

Con el gran despliegue informativo que llevó consigo salieron a la luz, y seguro que llegaron a gran parte del público, algunos datos técnicos extraños como el lugar donde se iba a colocar para realizar las observaciones: el punto L2 del sistema Tierra-Luna, uno de los mencionados 5 puntos de Lagrange de equilibrio gravitatorio, el cual está situado en dirección opuesta al Sol.



Fig. 1: Ilustración del JWST (plegado) en un lanzador Ariana 5. ESA-D.Ducros

No se ha quedado exactamente en L2 porque ese lugar no es totalmente estable, sino que lo orbita según una trayectoria contenida en un plano inclinado respecto a la eclíptica en lo que se denomina una órbita de halo, y que requiere muy poca energía para su mantenimiento.

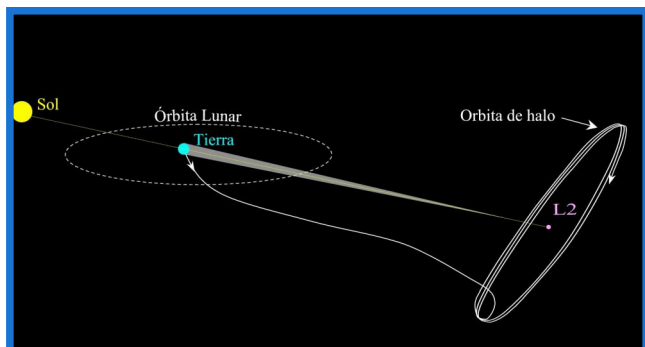


Fig. 2: Tras un mes, durante el cual desplegó su escudo térmico, el JWST llegó a su destino: una órbita de halo alrededor de L2.

La sonda Lucy

Aunque no tuvo tanta repercusión mediática, el 13 de octubre la NASA había lanzado otro ingenio espacial denominado Lucy, cuyo objetivo es visitar 6 asteroides (dos de ellos binarios) y 5 de los cuales son muy especiales:



Fig. 3: Lanzamiento de Lucy y recreación de su llegada a uno de los asteroides binarios (NASA).

Por un lado parece que la mayoría no son rocosos o metálicos como los del cinturón principal de asteroides, sino cuerpos helados posiblemente cometoides procedentes del lejano cinturón de Kuiper. Por otra parte su ubicación también es relevante, en torno a dos puntos de equilibrio gravitatorio a causa de lo cual se les llama troyanos, como luego se verá.

Se trata de unos asteroides que se encuentran en la misma órbita de Júpiter, moviéndose casi al unísono con el quinto planeta, aproximadamente 60° por delante y por detrás de él formando triángulos equiláteros con el Sol y Júpiter, en las cercanías de los puntos de Lagrange L4 y L5.

Se podría aprovechar la curiosidad que pueden suscitar esas dos misiones para hablar en clase de los 5 puntos de estabilidad gravitatoria de Lagrange, y aunque el desarrollo físico-matemático del tema excede los niveles de secundaria, siempre es posible utilizar razonamientos lógicos sencillos para al menos intuir las razones de las aparentemente extrañas circunstancias gravitatorias que en ellos confluyen.

Lucy tiene un itinerario mucho más largo y complicado que James Webb. Antes de dirigirse hacia los asteroides situados a la distancia de Júpiter deberá tomar impulso robándole energía a la Tierra en dos flyby o asistencias gravitatorias consecutivas y luego ya de camino hacia la órbita del planeta gigante visitará el asteroide Donaldjohanson del cinturón principal que le pilla de camino, aprovechando la circunstancia para realizar algunos ajustes, y luego se encontrará con los asteroides Eurybates, Polymele, Leucus y Orus

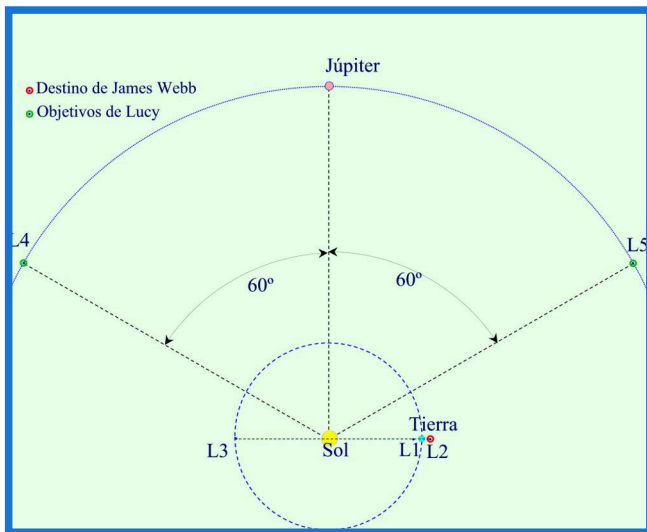


Fig. 4: Situación esquemática de los lugares a los que viajan las dos sondas. No está proporcionado y la órbita de Júpiter debería tener un tamaño casi doble al representado. L1 y L3 que todavía no se han descrito porque no van a ser visitados por estas misiones, están en la recta que pasa por el Sol y el planeta: L1 en la dirección hacia el Sol y L3 en la parte opuesta de la órbita del planeta.

en las cercanías de L4 durante 2027 y 2028, volverá después a la órbita terrestre y en 2033 seguirá un camino similar al anterior para encontrarse con Patroclo en L5.

A pesar de que los dos grupos de asteroides están separados por 120° , debido al intervalo de 5 años entre las dos visitas Patroclo que está en las cercanías de L5 ocupará, cuando sea visitado, la misma zona en que estaban antes los otros en L4, y en ambos viajes Lucy se dirigirá a la misma

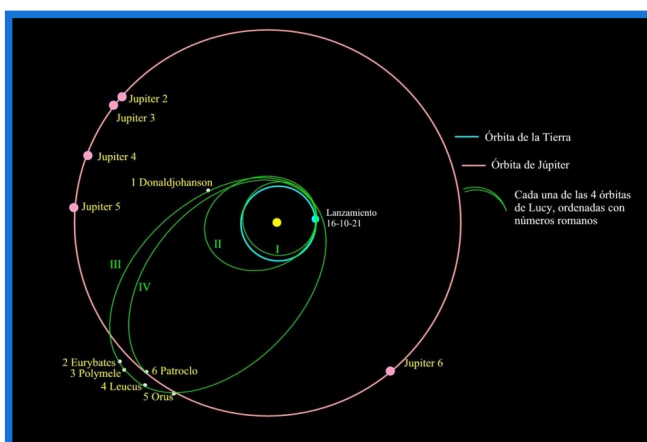


Fig. 5: Recorrido de Lucy en su visita a los asteroides troyanos. Las diversas posiciones de Júpiter corresponden a la situación del planeta cuando Lucy llega a cada uno de ellos.

zona. Es imposible, pero si pudiera quedarse allí esperando, se ahorraría mucho camino.

Puntos de equilibrio de Lagrange

Dados dos astros, el de menor masa girará alrededor del mayor siguiendo una elipse o, mejor dicho, ambos girarán alrededor del centro de masas. Pero si hay más de dos que interaccionen gravitatoriamente la órbita es muy complicada y el problema solo está resuelto en casos concretos como los estudiados por los matemáticos Euler y Lagrange que obtuvieron como soluciones los mencionados 5 puntos de estabilidad gravitatoria:

En el caso de que sus masas sean muy diferentes y las órbitas casi circulares, existen 5 puntos donde se compensaban las atracciones de los dos mayores sobre el tercero, con la fuerza centrífuga de éste de manera que se moverá alrededor del primero (el mayor) con la misma velocidad angular que el segundo, solidariamente con él. Por ello, visto desde el segundo, el más pequeño parecerá estático.

En concreto, esos 5 puntos, de L1 a L5 están representados en la Figura 6 todos en un mismo sistema genérico Sol-Planeta y si en uno de ellos se coloca un objeto de masa mucho menor, se moverá alrededor del Sol a la par que el planeta manteniendo la configuración.

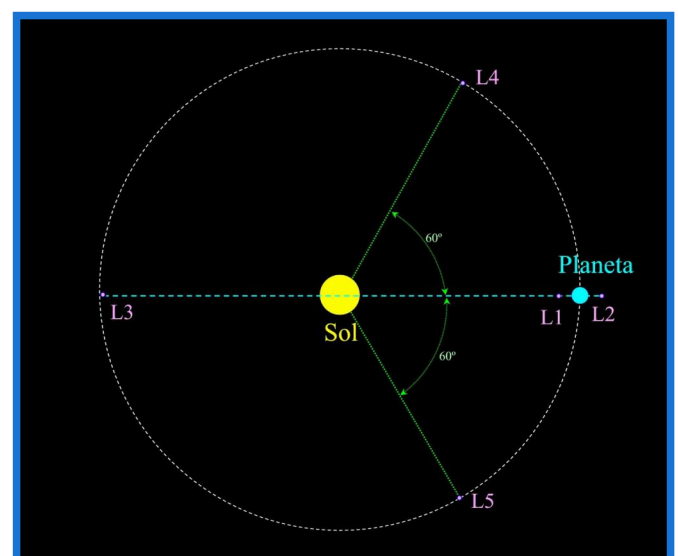


Fig. 6. Los 5 puntos de Lagrange

Para entender más fácilmente la mecánica de los 3 primeros puntos, por ejemplo en el sistema Sol-Tierra conviene recordar que **prescindiendo de la atracción de la Tierra**:

- Un objeto situado en órbita alrededor del Sol a una distancia del mismo igual a la de la Tierra, se movería a su misma velocidad.
- Si estuviera en una órbita más externa se movería más despacio, y si se ubicara en una órbita más interna lo haría más deprisa (Figura 7).

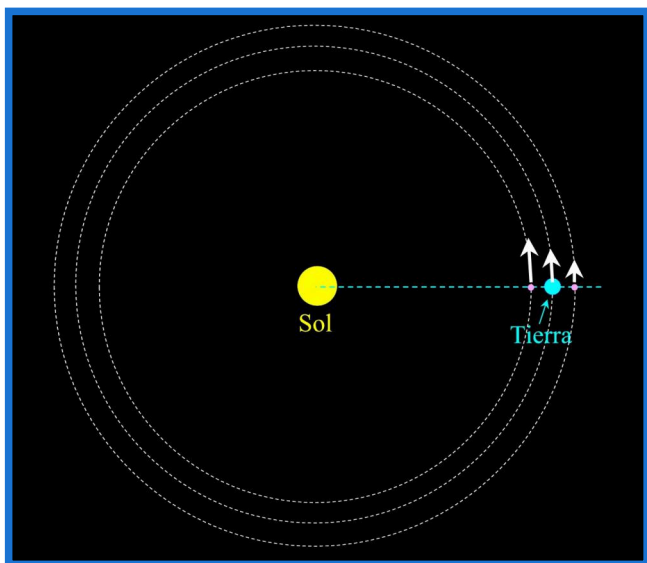


Fig. 7. Comparación de velocidades según la distancia al Sol. Es solo un esquema.

Prescindiendo de la atracción de la Tierra:

- Para que un objeto situado en una órbita más externa que la Tierra se moviese a su misma velocidad angular, y por tanto su mismo periodo, la masa del Sol debería ser mayor; y si está en

una órbita más interna la masa debería ser menor (figura 8).

Sin embargo, un objeto situado en los puntos L1, L2 o L3 se moverá alrededor del Sol a la misma velocidad angular que la Tierra, a pesar de que están a distinta distancia de la estrella que nuestro planeta, porque influye también la atracción de la Tierra.

¿Por qué se equilibran las fuerzas? Todo es cuestión de la atracción gravitatoria conjunta del Sol y de la Tierra y la fuerza centrífuga del objeto, pero para no utilizar una terminología rigurosa y complicada, de una manera coloquial puede decirse que (Figura 9):

- Un objeto situado en L1 debería moverse alrededor del Sol más deprisa que la Tierra por tener una órbita más interna. Pero, se movería a esa velocidad si el Sol tuviese menos masa, y por ello su fuerza de atracción fuese menor. Al estar situada la Tierra en la parte opuesta, realiza una atracción al objeto que contrarresta parte de la fuerza que realiza el Sol, como si éste tuviera menos masa. La distancia desde la Tierra para que eso ocurra es de 1.48 millones de km.

- Un objeto situado en L2 se debería mover más lento que la Tierra, a no ser que la masa del Sol fuera mayor. En este caso la atracción de la Tierra se suma a la del Sol porque están en la misma dirección y el efecto es como si el Sol tuviera más masa. Dicho punto está a 1.51 millones de km de la Tierra, y alrededor suyo orbita el telescopio James Webb.

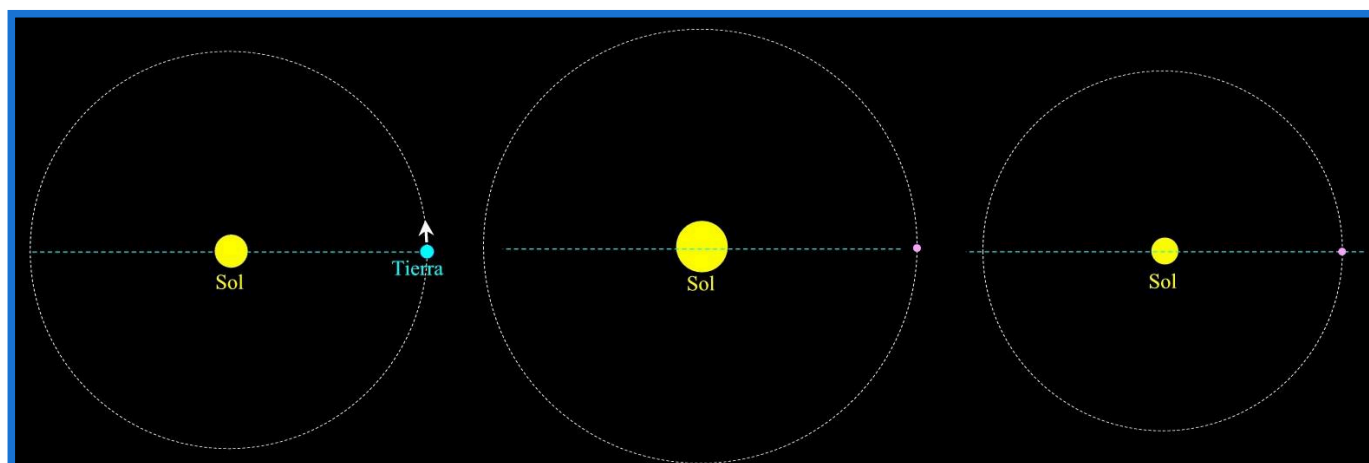


Fig. 8. En los tres casos, el astro que gira entorno al Sol tendrá el mismo periodo.

Estos puntos de Lagrange, o mejor dicho sus proximidades, son adecuados para colocar satélites artificiales, y actualmente ya hay varios funcionando por allí. Entre otros en las cercanías de L1 fueron colocados el SOHO y Génesis y en L2 WMAP o GAIA, además del citado JWST.

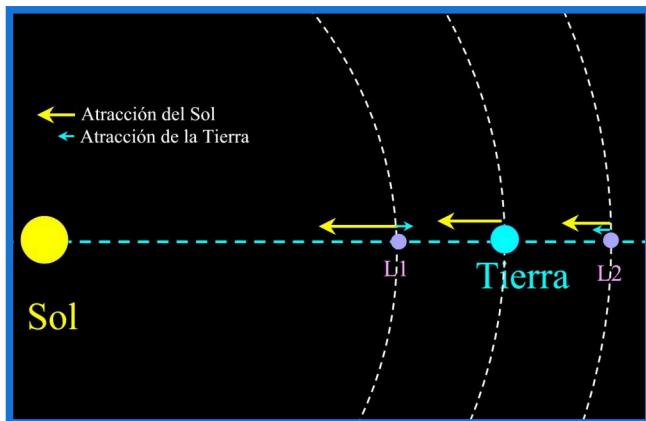


Fig 9.

- Teóricamente un objeto en L3 soportaría una situación similar a L2, ya que también aquí la atracción del Sol y de la Tierra tienen la misma dirección, pero hay una diferencia, y es que la Tierra está mucho más lejos y apenas aporta casi nada a la suma con la atracción del Sol. Eso lo mantendría prácticamente en la misma órbita terrestre, pero en realidad el objeto se mueve no alrededor del centro del Sol, sino del centro de masas del sistema Tierra-Sol por lo que está ligerísimamente más cerca del Sol que la Tierra, a 1.495 millones de km.

El punto L3 en el sistema Sol-Tierra fue un lugar popular utilizado para ubicar una "Contra-Tierra", en libros de ciencia ficción. Si allí hubiera algo, no podríamos verlo desde aquí.

Estos 3 puntos son inestables, de manera que aunque en teoría un objeto colocado allí se mantendría teniendo en cuenta solo la atracción de la Tierra y del Sol, con una mínima perturbación producida por la atracción de otro astro saldría de ese lugar definitivamente. Por eso el telescopio James Webb no quedará exactamente en L2, sino que se moverá a su alrededor

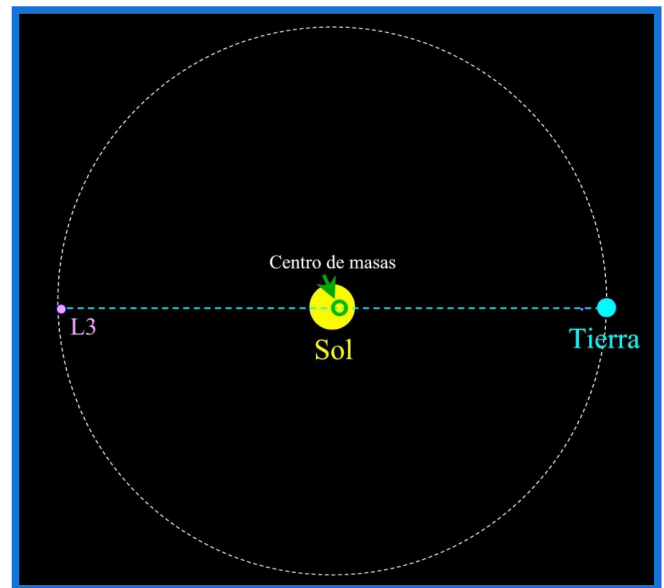


Fig. 10: El centro de la órbita es el centro de masas del Sol y la Tierra y el punto L3 está un poco más cerca del centro del Sol que del centro de la órbita de la Tierra.

en una órbita de halo como otros ingenios astronómicos, tal como se ha dicho.

Si se coloca una nave en órbita alrededor del Sol más lejos que L2 (en A de la Figura 11) se moverá más lenta que nuestro planeta (hacia atrás respecto a L2) y curiosamente si se coloca en B más cerca del Sol que L2 aunque esté en una órbita más grande que la de la Tierra en principio se movería más rápida que ella, ya que si en L2 hay estabilidad por sumarse la atracción de los dos astros, en este punto B esa atracción será mayor. Esto puede ser utilizado para describir órbitas alrededor de L2, como lo hace el JWST, aunque requiera un pequeño gasto de energía.

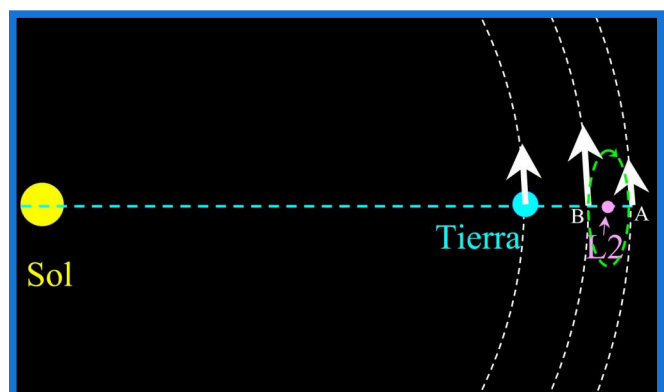


Fig. 11: Gráfico esquemático.

Los puntos L4 y L5, objetivo de Lucy

Una explicación similar de L4 y L5 se me resistía, hasta que lo comenté con mi buen amigo Ricardo Moreno, quien, utilizando un enfoque geométrico, y aprovechando las características del triángulo equilátero y del centro de masas de J y S, ¡lo consiguió! El contenido de su trabajo se recoge en esta página, con un añadido final mío.

Fijémonos en la fig. 12. Para razonar más fácilmente, vamos a suponer que la masa de S es 10 veces la masa de J, la masa del asteroide, despreciable y el radio de la órbita es 10.

Todo el sistema (S, J, asteroides) gira alrededor de G, baricentro de S y J. La situación del baricentro G está a una distancia que es inversamente proporcional a las masas de S y J: en nuestro ejemplo, el baricentro estaría 10 veces más lejos de J que de S.

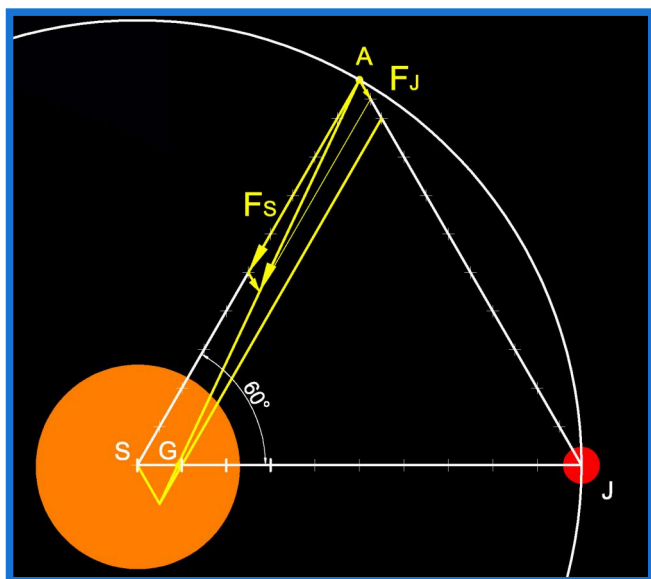


Fig. 12: En nuestro ejemplo, en la posición L4, la fuerza de atracción de S sobre el asteroide A es 10 veces la fuerza de atracción de J, ya que sus distancias son iguales. La resultante pasa por el baricentro G, y su órbita es estable.

El asteroide A está atraído por S y también por J. Cuando el asteroide A está en la posición de la fig. 12, que forma 60° con la línea SJ, las distancias de A a S y de A a J son iguales, por tanto, la atracción de S es 10 veces la atracción de J, pues las distancias son iguales. Eso hace que la suma de las dos fuerzas de atracción pase por el baricentro G, y que su órbita sea estable.

En otra posición cualquiera (fig. 13), la fuerza de atracción de S no es 10 veces la de J, pues intervienen las distancias, que no son iguales. Eso hace que la resultante de las dos fuerzas no pase por G, y su órbita no sea estable.

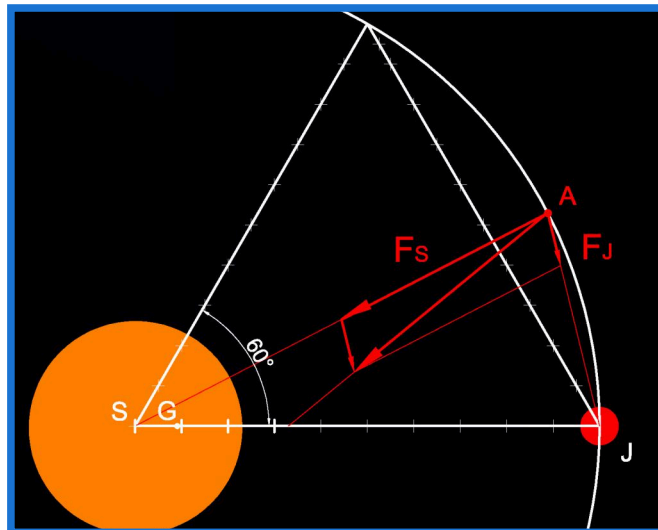


Fig. 13: En una posición cualquiera, las fuerzas de atracción no están en la relación de masa de S y J, pues intervienen las distancias, que no son iguales. La resultante no pasa por el baricentro G, y la órbita no es estable.

Pero, ¿por qué es G el centro de masas? En la fig 14, hemos añadido un triángulo SBC de lado 1. Los triángulos ASG y ABC son semejantes, por lo que $SG/10 = BC/11$. Por tanto, como $BC=1$, $SG=10/11$. Por tanto $JG = 10 - 10/11 = 100/11$. Luego $JG = 10 SG$, que es la condición para que G sea el centro de masas. Se podría demostrar que el razonamiento vale para cualquier relación de las masas.

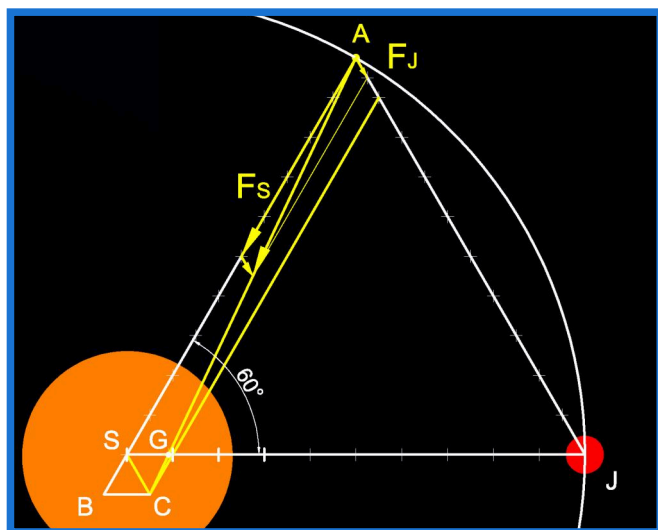


Fig. 14: El baricentro G está a $1/11$ de S, y a $10/11$ de J.

Un razonamiento similar valdría para L5. Por tanto, estos dos puntos, también son lugares de estabilidad gravitatoria, de manera que un objeto o astro pequeño que se ubique allí, permanecerá en ese mismo lugar debido a la atracción gravitatoria conjunta del Sol y del planeta. Pero a diferencia de los otros 3 puntos de Lagrange, si por cualquier otra interacción se desplazase de ese punto, no se alejará demasiado y quedará en sus inmediaciones circunvalándolo.

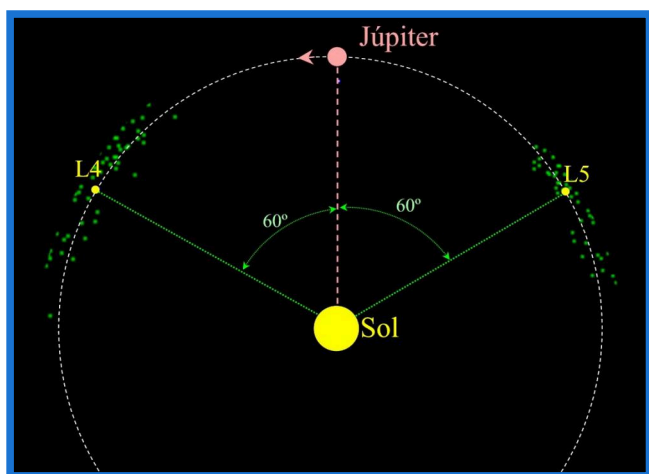


Fig. 15: Situación de los puntos de Lagrange L4 y L5 del sistema Sol-Júpiter, en cuyos alrededores se encuentran los asteroides denominados troyanos.

Órbitas troyanas en forma de gota

Aunque se dice en general que estos asteroides troyanos están en los puntos L4 y L5 de Júpiter, lógicamente no pueden estar todos apilados situados exactamente en esos puntos, sino en sus proximidades y oscilan en torno a ellos siguiendo unas trayectorias relativas en forma de gota o de lágrima como las de la Figura 16, aunque con diversa amplitud y tamaño:

A diferencia de los puntos L1, L2 y L3, estos son estables y aunque un asteroide aparezca separado de uno de esos puntos, trazará trayectorias en torno a él, en principio sin alejarse, al menos durante mucho tiempo.

Hay que insistir en que estas trayectorias, que tienen forma de gota o de lágrima, son relativas a

la posición de Júpiter parando el movimiento del planeta alrededor del Sol, y que en realidad cada asteroide troyano tiene su órbita elíptica habitual en torno al Sol, que va modificándose ligeramente por la influencia gravitatoria del planeta. Estas modificaciones van trazando la trayectoria de gota.

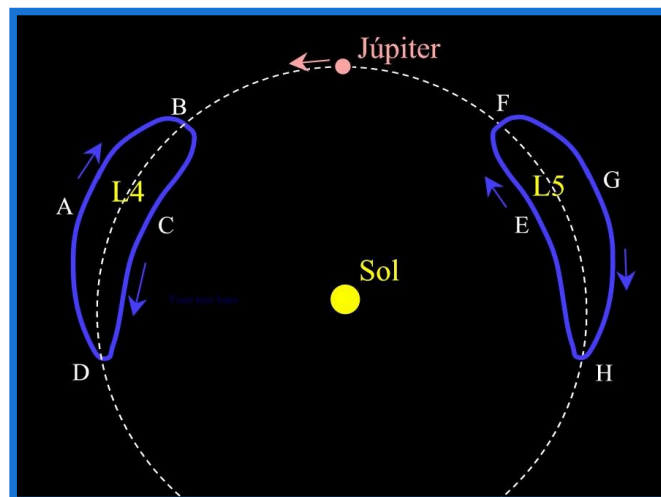


Fig. 16: Las flechas azules en las dos trayectorias de gota no indican la dirección del asteroide alrededor del Sol, sino la evolución de su órbita y posición respecto a Júpiter y al punto de Lagrange..

¿Por qué realizan esos extraños recorridos?

Si un asteroide está en las proximidades de L4 se mueve delante de Júpiter. Si a causa de una interacción gravitatoria pasara a una órbita ligeramente exterior (posición A) o simplemente partiendo de esta posición inicial, al estar más alejado del Sol que Júpiter se moverá más despacio por lo que poco a poco se irá acercando al planeta hasta la posición B. Allí Júpiter lo atrae con lo que lo frena y le hace caer a una órbita más interior que es más rápida y por ello paradójicamente se volverá a alejar de Júpiter pasando al punto C junto a L4.

Pero una vez sobrepasado L4 (donde con un ángulo de 60° habría estabilidad gravitatoria) la atracción conjunta de Júpiter y el Sol le hace ir aumentando su distancia al Sol de manera que al pasar por D y alejarse más que la órbita de Júpiter,

vuelve a moverse más lento que éste y llega nuevamente al punto A, completando la trayectoria de gota y repitiéndose el proceso que puede durar unos 150 o 200 años, según la posición de partida o el tamaño de “la gota”.

De manera similar ocurre con un asteroide cercano a L5, que se encuentre por ejemplo en el punto E: se acerca por detrás a Júpiter, éste lo acelera en F haciéndolo salir a una órbita más externa que será más lenta y lo hará pasar por G y H hasta completar el recorrido en E.

Analizada en detalle, la situación es más compleja

Estas trayectorias de gota son solo una primera aproximación sin entrar en detalle. En realidad las órbitas de los troyanos difieren de la de Júpiter, tanto en su excentricidad como en la posición de los nodos o inclinación del plano orbital. El semieje mayor (el tamaño de la órbita) ya se ha visto que va cambiando, siendo inferior al de Júpiter durante un largo periodo (de B a D pasando por C) y luego es mayor (de D a B pasando por A), todo ello si está en las cercanías de L4.

Teniendo en cuenta estas órbitas, durante los casi 12 años que tardan en completarlas, la posición respecto a Júpiter también va cambiando; y si se toma como referencia al planeta fijándolo en el gráfico, el asteroide trazará un bucle:

En el siguiente ejemplo se tiene un asteroide cercano a L4 y una órbita con semieje mayor más grande que el de Júpiter (una órbita más grande). Por ello será algo más lento, completando su vuelta después que Júpiter:

Para comenzar, el diagrama de la Figura 17, el asteroide está en el afelio, por fuera de la órbita joviana y Júpiter 60° por detrás, ambos señalados por el número 1 (blanco el del asteroide y rojo el de Júpiter)

-De 1 a 2 el asteroide va más lento y por eso en la órbita relativa se mueve hacia atrás.

-De 2 a 3 atraviesa la órbita de Júpiter y se vuelve más rápido que el planeta: en la representación relativa cambia de sentido y atraviesa la órbita. En los alrededores de 3 alcanza su máxima velocidad al pasar por su perihelio, mayor que la del planeta y así en la representación relativa realiza un bucle.

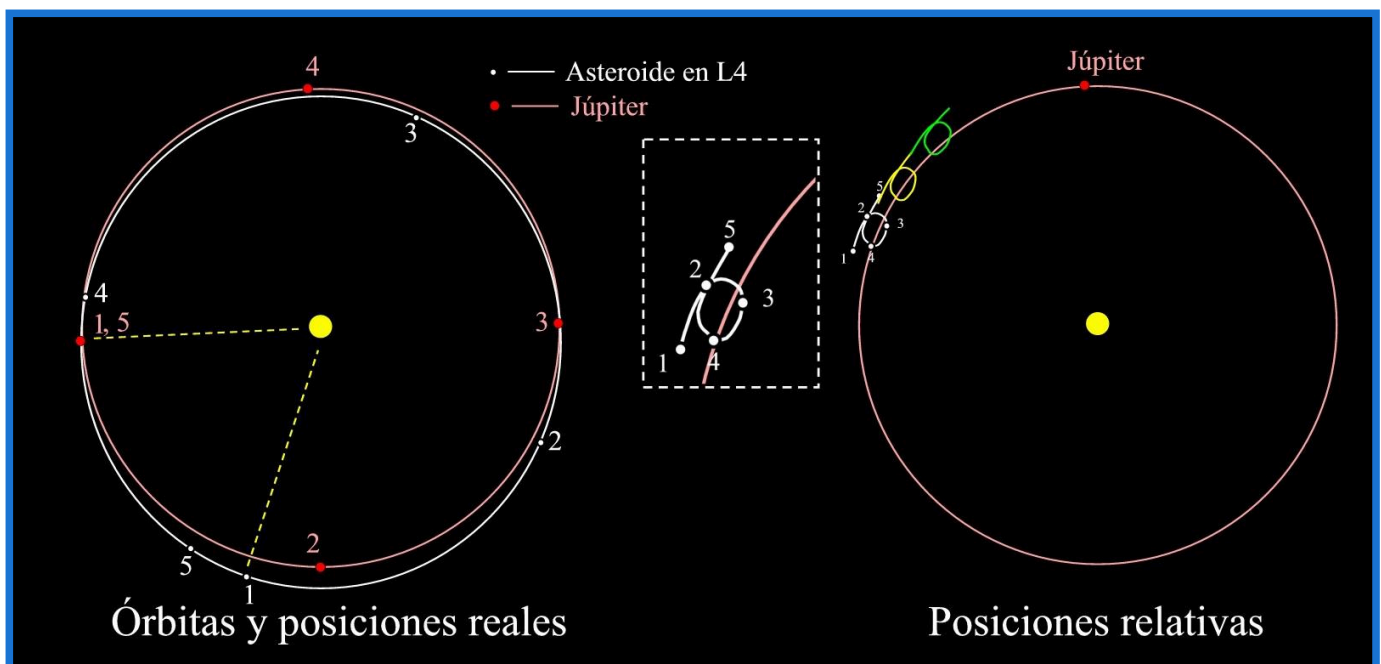


Fig. 17. Posiciones que va ocupando Júpiter y un asteroide de órbita mayor que la del planeta.

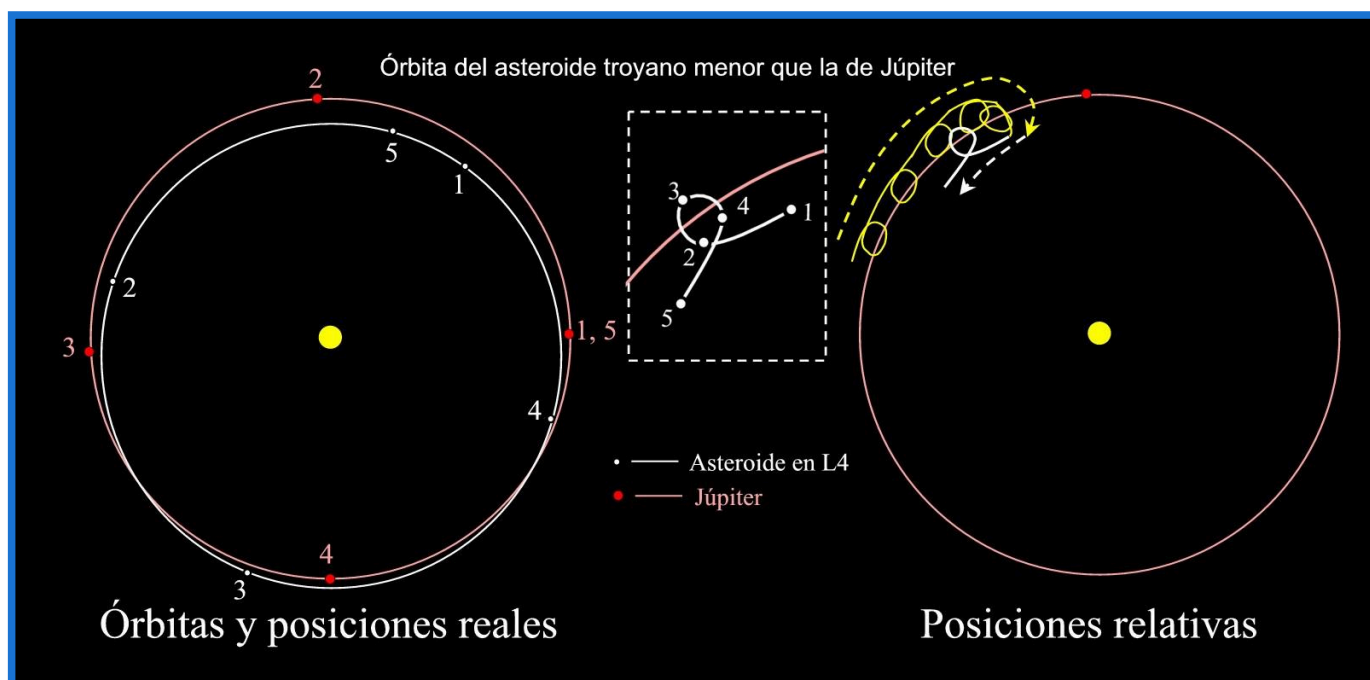


Fig. 18. Posiciones que va ocupando Júpiter y un asteroide de órbita menor que la del planeta.

-En 4 atraviesa la órbita hacia fuera y a partir de ahí volverá a moverse más lento.

-En 5 Júpiter ha completado su órbita pero el asteroide no, acabando el bucle más atrás que al comienzo, más cerca de Júpiter.

Los bucles siguientes se han representado de color amarillo y verde, cada uno de ellos de casi 12 años, y son consecuencia de la excentricidad de la órbita del troyano.

Cada uno de esos bucles comienza más cerca de Júpiter, hasta que se aproximan suficientemente, entonces Júpiter le reduce la órbita, con lo que el asteroide se vuelve más rápido que el propio planeta, volviendo a separarse y dando lugar a la siguiente situación que es análoga a la anterior pero ahora con la órbita del asteroide más pequeña que la del planeta:

Y cuando ya se ha alejado lo suficiente vuelve a salir a una órbita más externa como se dijo, y se completa el itinerario con forma de gota, que en realidad está formada por unos cuantos bucles.

De manera análoga se completa la gota en L5, como se recoge en la Figura 19.

Conviene recalcar que mientras que la trayectoria de gota es debido a las interacciones gravitatorias y como consecuencia las modificaciones de las órbitas de los asteroides, las que tienen forma de lazo se deben únicamente a posiciones geométricas derivadas de la segunda ley de Kepler.

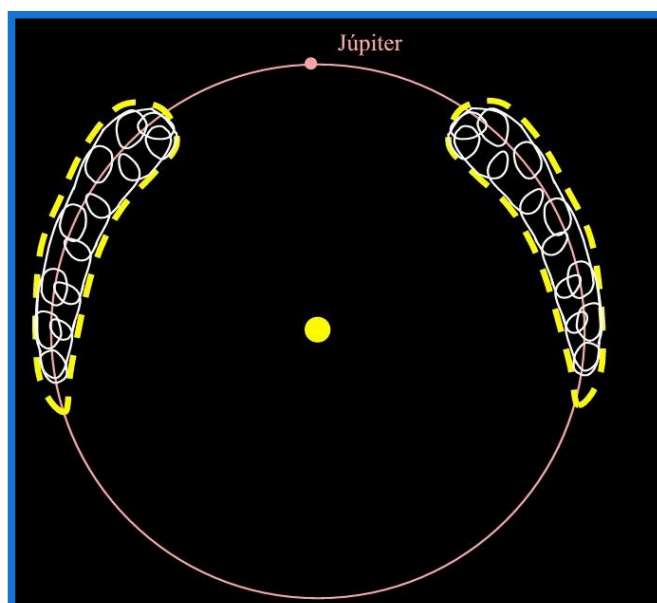


Fig. 19: Trayectorias en forma de gota en torno a L4 y L5 formadas por varios bucles.

Apéndice: Descubrimiento y nomenclatura de los troyanos

Si todo ese mecanismo celeste que determina las posiciones y movimientos de estos astros puede parecer extraño, no deja de ser curioso el motivo del nombre genérico que se da a este grupo de asteroides, y que no tiene nada que ver ni con sus órbitas de gota ni sus equilibrios gravitatorios:

En 1906 el astrónomo alemán Max Wolf descubrió el primero de ellos. Era el asteroide nº 588 y se movía muy lento, más que ningún otro asteroide conocido, por lo que en aquel momento era el más lejano; y cuando se calculó su órbita se comprobó que estaba a la misma distancia del Sol que Júpiter y se movía 60° por delante de él, formando los tres astros un triángulo equilátero, en el mencionado punto L4. Se le llamó Aquiles, un nombre masculino sin más, como correspondía por tradición a los asteroides de órbita extraña o fuera del cinturón principal, ya que estos habían recibido nombres femeninos. (el primero fue el 433 al que se le había llamado Eros porque se salía del cinturón de asteroides, en ese caso por dentro).

Aunque la situación pudiera parecer sorprendente, compartiendo órbita con Júpiter, ya un siglo antes Lagrange había calculado esos puntos como lugares de estabilidad gravitatoria.

El mismo año del descubrimiento de Aquiles se encontró otro asteroide que se movía también



Fig.20. Representación de Patroclo, vendando una herida en el brazo de su amigo Aquiles.

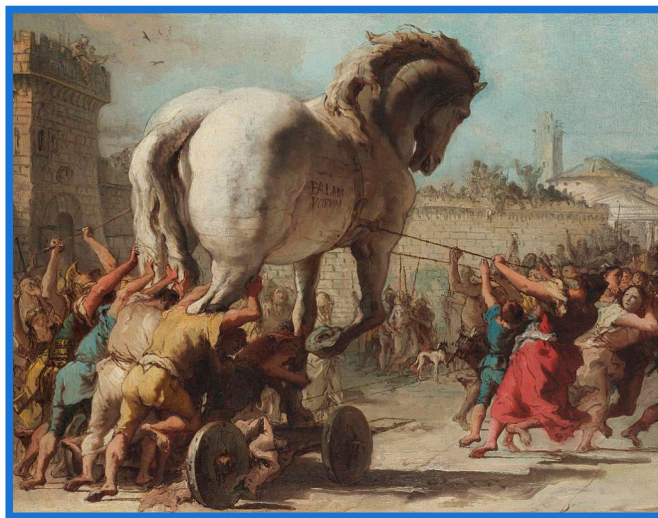


Fig. 21. La entrada del caballo a Troya (G. D. Tiepolo). Los personajes de la guerra de Troya, y de muchos otros relatos de la Grecia clásica, han servido para nombrar numerosos astros.

en una órbita muy similar a la de Júpiter pero 60° por detrás (en L5) al que se le llamó Patroclo, el amigo de Aquiles en la guerra de Troya. Parecía lógico elegir ese nombre, y tampoco se sabía que se encontrarían más.

Pero sí. En los años siguientes se descubrieron otros dos asteroides situados en lugares próximos a Aquiles, y se siguió con la costumbre de utilizar personajes de la guerra de Troya, siendo nombrados Héctor (del bando troyano) y Néstor (del bando griego de Aquiles y Patroclo). Actualmente se conocen muchos más y se piensa que quizás pudiera haber cerca de un millón, tantos como en el cinturón principal entre Marte y Júpiter, siendo los que preceden a Júpiter (en L4) casi el triple que los que le siguen (en L5).

Para los mayores, a los que se les ha dado nombre propio, se ha seguido el criterio de los primeros y por eso el nombre genérico de asteroides troyanos: los que están en las proximidades de L4 se designan con nombres de personajes griegos que participaron en aquella guerra, mientras que los que están en L5 con personajes troyanos. Patroclo y Héctor nombrados previamente a establecerse este criterio suponen las únicas excepciones de infiltrados, y

casualmente en el relato de la Iliada los cuerpos de ambos personajes quedaron en el bando contrario después de morir.

Por ello a todos los asteroides que están cerca de L4 y L5 se les llama troyanos, no solo a los de Júpiter, sino que también los hay en otros planetas e incluso en satélites, descubiertos más recientemente a los que por extensión se les aplica el mismo apelativo aunque tengan nombres de personajes ajenos a la guerra de Troya.

En cuanto al origen de los asteroides troyanos de Júpiter, según unos recientes estudios sobre la densidad de Patroclo y otro asteroide satélite suyo, parece ser que no son rocosos como los del cinturón principal, sino núcleos cometarios de hielo procedentes del cinturón de Kuiper que han quedado capturados en los puntos de Lagrange, y

se especula con que éste sea el origen de todos o la mayoría de los troyanos de Júpiter. Lucy ayudará a saberlo.

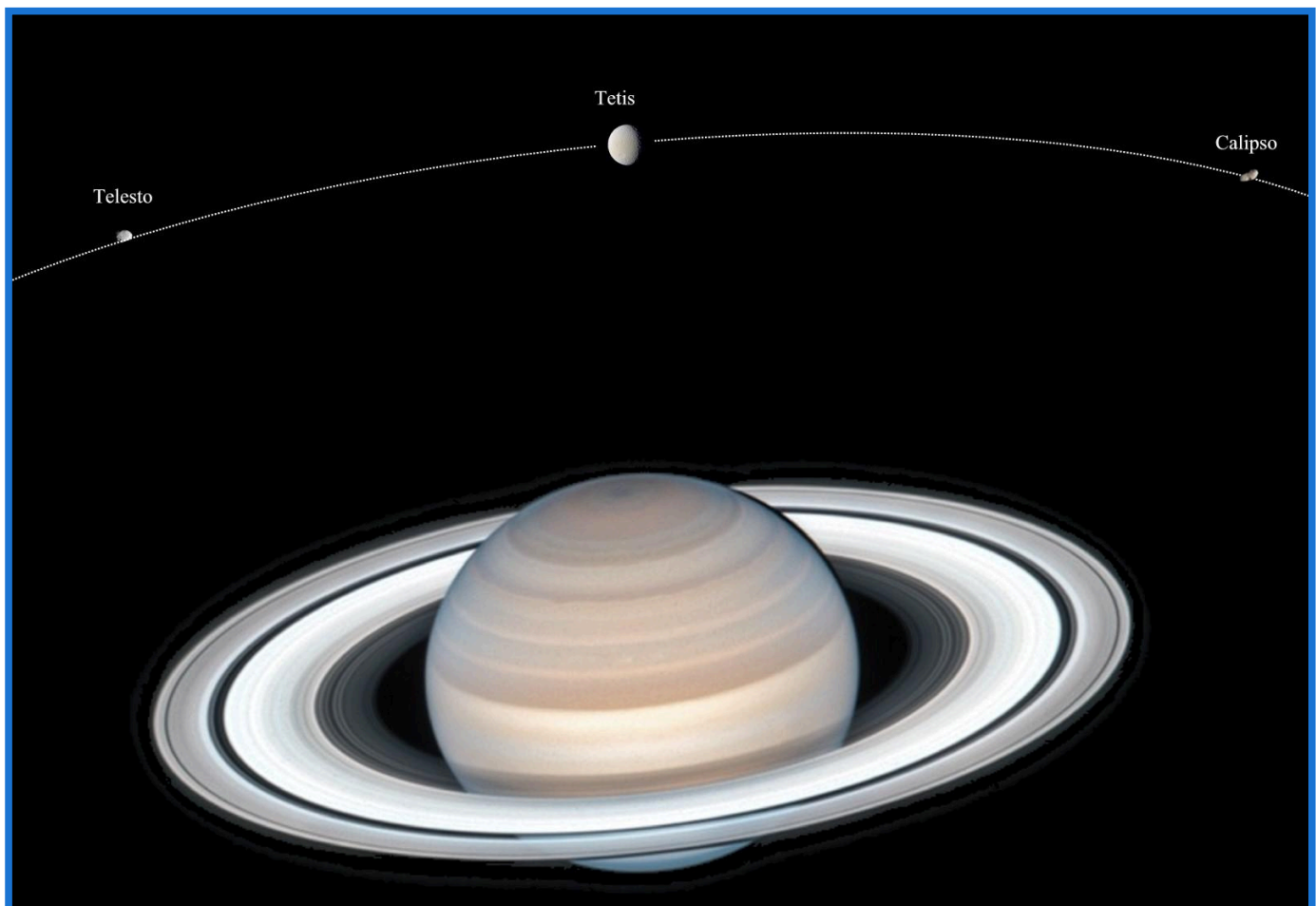
La configuración troyana en los puntos L4 y L5 no es exclusiva del sistema Sol - Júpiter, y desde hace unos años se conocen otros casos, p.ej.:

- Marte tiene varios, siendo 5261 Eureka el más destacado.

- También la Tierra tiene al menos un troyano: 2010 TK7 y parece confirmarse que 2020 XL5, que estaba en duda, también lo es.

- También en la órbita de Urano se han descubierto varios troyanos, por ejemplo, 2011 QF99 o 2005 TN53 y en la de Neptuno 2001 QR322, y uno posible en la de Venus 2013 ND15. Parece que no hay ningún troyano en la órbita de Saturno por la influencia desestabilizadora de

Fig.22. Montaje con las imágenes de Saturno, Tetis, Calipso y Telesto



Júpiter, a pesar de que sea el único planeta con troyanos entre sus satélites como se indica a continuación.

- Dos satélites de Saturno tienen troyanos: los también satélites Telesto y Calipso giran en la órbita de Tetis en sus puntos L4 y L5 respectivamente, y en esos mismos puntos de la órbita de Dione se encuentran el satélite Helene y Polydeuces (o Polux).

Si curiosa es la norma utilizada en el nombramiento de los troyanos de Júpiter y las excepciones casuales de Patroclo y Héctor, no lo es menos otra circunstancia que se da considerando los últimos descubrimientos; y es que el primer astro diferente de Júpiter al que se le descubrieron troyanos es Tetis, que en la Iliada

era precisamente la madre de Aquiles, el primer troyano descubierto.

Esto es también una pura casualidad ya que Tetis fue nombrado mucho antes de descubrirse Aquiles, y éste fue nombrado mucho antes de descubrirse los “troyanos” de Tetis.

Lo que no es casualidad es el nombre de Helene que se ha dado a un satélite de Saturno y que se refiere a la famosa Helena de Troya. Fue nombrado a propósito, cuando ya se había comprobado que se trataba de un troyano (situado en L4 de Dione), y no rompe la norma de los nombres masculinos-femeninos porque ésta es válida solo para los asteroides, no para los satélites. Así pudo utilizarse ese personaje clave en el relato de la Iliada.

Fig. 23. Decoración de una vasija en la que se representa a la diosa Tetis entregando a su hijo Aquiles una armadura.



EL PASO DEL COMETA HALLEY EN EL AÑO 837 D.C.

Juan Carlos Terradillos Jiménez



De todos los pasos del Halley, el del 837 d.C. ha sido el más espectacular, ya que se acercó a una distancia de sólo 0,0356 UA de la Tierra, equivalente a 14 veces la distancia entre la Tierra y la Luna. En el presente trabajo se calculan algunos datos y se muestra cómo pudieron observarlo en la corte del rey carolingio en Aquisgrán, y en la corte asturiana de Oviedo. También se comentan algunos registros orientales. En este [enlace](#) están todos los cálculos realizados por el autor.

El Halley es sin duda el cometa de periodo corto más famoso de la historia, no sólo por ser el primero en ser previsto su retorno por Edmund Halley, sino también por sus características físicas intrínsecas y por haber sido representado y registrado su paso por diversas culturas de todo

el mundo, ya desde la Edad Antigua, hasta llegar a nuestros días.

Como ejemplos de lo dicho pueden servir tanto el Tapiz de Bayeux (ver el detalle en la fotografía de arriba), que describe la conquista normanda de Inglaterra por parte del rey

normando Guillermo I, tras su victoria sobre el rey anglosajón Harold II en la batalla de Hastings en 1066, y el fresco de la Adoración de los Reyes Magos, pintado por Giotto, en la Capilla de la Arena de Padua, en el que se puede ver también el cometa en su paso del año 1301.



Fig. 1 "Adoración de los Reyes Magos" (Giotto, 1303-1305), Capilla de la Arena, en Padua.

De entre todos los pasos del Halley -la última fue en el año 1986- el del 837 a.C. ha sido el más espectacular, ya que en esa ocasión se acercó a la mínima distancia de cuantas veces ha pasado, pues lo hizo a sólo 0,0356 UA, correspondiente a unas 13,8 veces la distancia media entre la Tierra y la Luna.

En ese momento, su cola o colas debían tener unas dimensiones espectaculares, superando los cien grados de distancia angular en el cielo. Es natural que el cometa quedara grabado en las mentes de los hombres de ese tiempo, sobre todo teniendo en cuenta los maleficios y supersticiones que solían acompañar al paso de estos cuerpos celestes.

Uno de los testigos que pudo verlo fue "El Astrónomo", un cronista de la corte del rey carolingio Luis el Piadoso, que dejó constancia por escrito de su paso por el cielo de la ciudad de Aachen (Aquisgrán), en su obra "Vita Hludovici

Imperatoris". No fue el único, pues tanto los chinos, coreanos, japoneses y musulmanes también lo hicieron.

Fue entonces, al leer su crónica, cuando me propuse calcular todas las características que tuvo el evento astronómico y así intentar recrear lo que se pudo ver en los cielos de todo el mundo, especialmente desde la corte carolingia y también desde la correspondiente a nuestro reino asturiano, en la ciudad de Oviedo, donde reinaba Alfonso II el Casto. De esta manera he podido interpretar lo narrado por escrito en diversos textos de la época.

Los pasos que he seguido para lograr estos objetivos fueron:

1º.- Calcular las coordenadas ecuatoriales (α, δ) que tuvo el cometa en ciertos días, anteriores y posteriores a su perihelio.

2º.- Hallar los ángulos que formaban en el espacio el sistema Tierra - Sol - Halley, es decir, su elongación y fase para cada fecha elegida, así como las distancias entre los distintos cuerpos de este sistema.

3º.- Representar sobre el fondo de constelaciones la trayectoria seguida por el cometa en el intervalo de tiempo elegido, correspondientes tanto a la época de estudio, como a la actual (J2000).

4º.- Hallar las coordenadas horizontales del cometa (h, A) los días elegidos, cuando fue visto desde las capitales del reino carolingio, en Aquisgrán, y desde Oviedo en el reino asturiano, para representarlas en un gráfico del horizonte local respectivo.

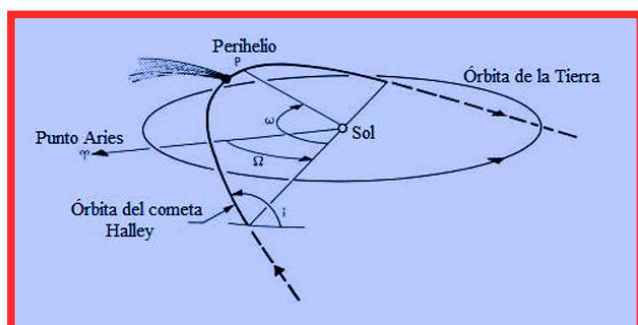
5º.- Proyectar sobre el plano de la Eclíptica la trayectoria seguida por el Halley, señalando su posición en cada fecha elegida, e indicar también las posiciones de los planetas interiores del Sistema Solar y de la Tierra, en el momento del máximo acercamiento del cometa a nuestro planeta.

6º.- Realizar una interpretación de los textos

que nos informan sobre su observación en el cielo, dentro de un contexto general más amplio, en relación con otros hechos astronómicos que también se pudieron ver ese mismo año.

1. El cometa Halley

En las siguientes figuras se pueden ver las principales elementos orbitales del cometa, así como una representación esquemática de su órbita en 1994.



Características del Halley	
Época 17 febrero 1994 (2449400.5)	
Afelio	35.082 AU
Perihelio	0.586 AU
Último perihelio: 9 febrero 1986	
Próximo perihelio: 28 julio 2061	
Semieje mayor	17.834 AU
Excentricidad	0.96714
Periodo orbital	75.32 años
Anomalia media	38.38°
Inclinación	162.26°
Longitud nodo ascendente	58.42°
Próximo perihelio	28 julio 2061
Argumento perihelio	111.33°
Mínima distancia 0.0638 AU (9.54 Mill. km) a la Tierra	

Fig. 2 y 3. Dibujo y datos de la órbita del Cometa Halley

La órbita del Halley es muy elíptica, con el Sol en uno de sus focos. El sentido del movimiento es retrógrado, es decir, opuesto al seguido por los planetas del Sistema. Hoy en día se encuentra más

allá de la órbita de Neptuno, cerca de alcanzar su afelio y comenzar de nuevo su regreso. Se le espera el año 2061.

2. Elementos orbitales del Halley en la época de observación

Los elementos orbitales que se dan a continuación están referidos al equinoccio medio del momento de paso, en la primavera del año 837. Están tomados del "Catálogo de órbitas cometarias 2001" elaborados por B.G. Marsden y G. W. Williams, del Smithsonian Astrophysical Observatory.

Aunque los elementos son válidos para un instante de tiempo dado, al que se le conoce como Época, como el intervalo temporal sobre el que he trabajado abarca desde el 24 de enero del 837 al 8 de mayo del mismo año, poco más de tres meses, voy a considerarlos como invariables.

Elemento orbital	
Instante de paso por el perihelio	28,27 febrero, ~ 2.026.830,5 DJ
Distancia del perihelio (q)	0,5823 U.A.
Periodo	76,92 años
Semieje de la elipse (a)	18,0838509 U.A.
Excentricidad (e)	0,9678
Inclinación (i)	163,34°
Longitud del nodo ascendente (Ω)	28,35°
Argumento del perihelio (ω)	99,71°

Todas las fechas corresponden al calendario juliano y no al gregoriano, de tal forma que para el año 837 d. C. ya se había acumulado un retraso sustancial en el calendario, que hacía que el 10 de abril en esa época correspondiera al 14 de abril en el calendario gregoriano. Fue durante ese día 10 cuando el Halley alcanzó su mínima distancia a la Tierra, a las 12h de TU.

También hallé su magnitud visual, $m = -3,89$ y su velocidad instantánea, $V = 147.278,44$ km/h, ambas para las 0h de TU. Puede servir como dato comparativo que Venus tiene una magnitud máxima aparente de $-4,9$, y la estrella más brillante de nuestro cielo, Sirio, una magnitud aparente de $-1,47$. En cuanto a la velocidad aparente en el cielo del Halley, para la gente que lo contemplara sería aún mayor, al sumarle la velocidad lineal de rotación de la Tierra en esas latitudes, unos 1.700 km/h, pues el movimiento en su órbita es retrógrado respecto al giro de nuestro planeta. Finalmente, la fase de la Luna iniciaba ese día su primer creciente, con un 1,4% de su disco iluminado.

3. Trayectoria seguida por el Halley entre las constelaciones de estrellas

Para trazar esta trayectoria hay que tener en cuenta que el marco de referencia astronómico no era el mismo que en la actualidad, por la precesión de los equinoccios. En las figuras 4 y 5 se representan los Polos Celestes y en la figura 6 el Punto Aries en el año 837 d.C.

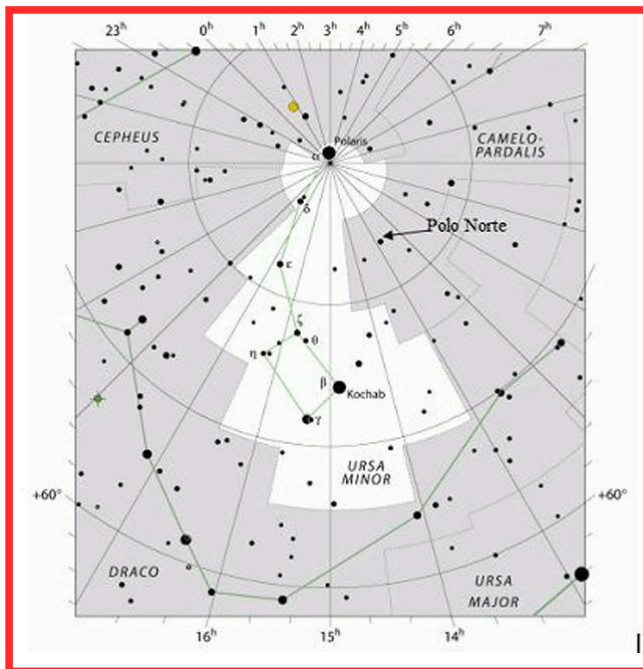


Fig 4. Polo Norte celeste en 837 d.C..

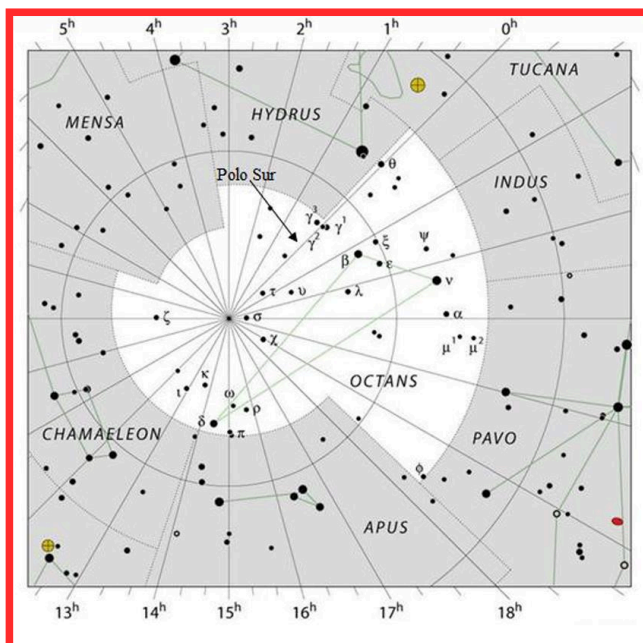


Fig 5. Polo Sur celeste en 837 d.C.

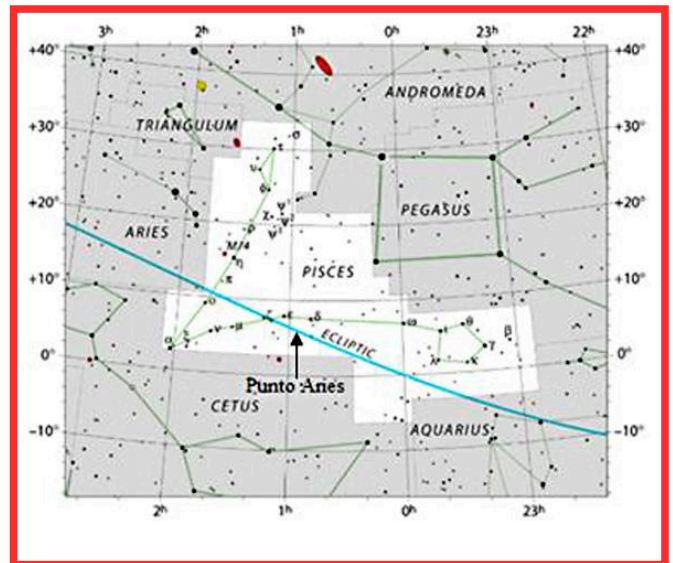


Fig 6. Punto Aries en 837 d.C.

La inclinación de la Eclíptica era $\varepsilon = 23^{\circ},589630 = 23^{\circ} 35' 22''$.

Este movimiento de precesión hace que las estrellas varíen sus coordenadas ecuatoriales, al estar referenciadas respecto al equinoccio medio de la época. Se hace necesario conocer la posición de las estrellas de los dos hemisferios celestes, para poder situar entre ellas las posiciones del Halley. El movimiento propio de cada estrella se despreciará, por el poco tiempo transcurrido desde la fecha de estudio hasta hoy, aunque las estrellas más próximas al Sol, como puedan ser Alfa Centauri, Sirio, Proción y Altair podrían ser susceptibles de actuación en este sentido.

El método seguido fue el siguiente:

1º.- Elaborar un catálogo de estrellas, formado por 634 estrellas, con las principales constelaciones correspondientes a los dos hemisferios terrestres, en el que, figuren las coordenadas ecuatoriales (α , δ) para la época J2000.

2º.- Realizar los cálculos necesarios para corregir la posición de cada estrella del catálogo por la precesión y hallar sus coordenadas ecuatoriales en el año 837 d.C.

3º.- Comparar las coordenadas ecuatoriales del Halley (α' , δ'), cada día del intervalo temporal de estudio, para las 0 h T.U. y para cada uno de los

crepúsculos astronómicos, con las constelaciones de estrellas, corregidas ya de precesión, y localizar por cuáles de ellas iba atravesando el cometa en cada fecha.

4º.- Representar sobre papel milimetrado, con la declinación (δ') en ordenadas y la ascensión recta (α) en abscisas, las constelaciones por las que pasaba el cometa y la trayectoria seguida, concretando el día y, en su caso, el crepúsculo correspondiente.

5º.- Corregir de precesión las coordenadas ecuatoriales del Halley (α', δ'), hasta llevarlas a las correspondientes para la época actual J2000.

6º.- Señalar los puntos correspondientes a estas coordenadas J2000 dentro de una carta de estrellas o planisferio de nuestra época.

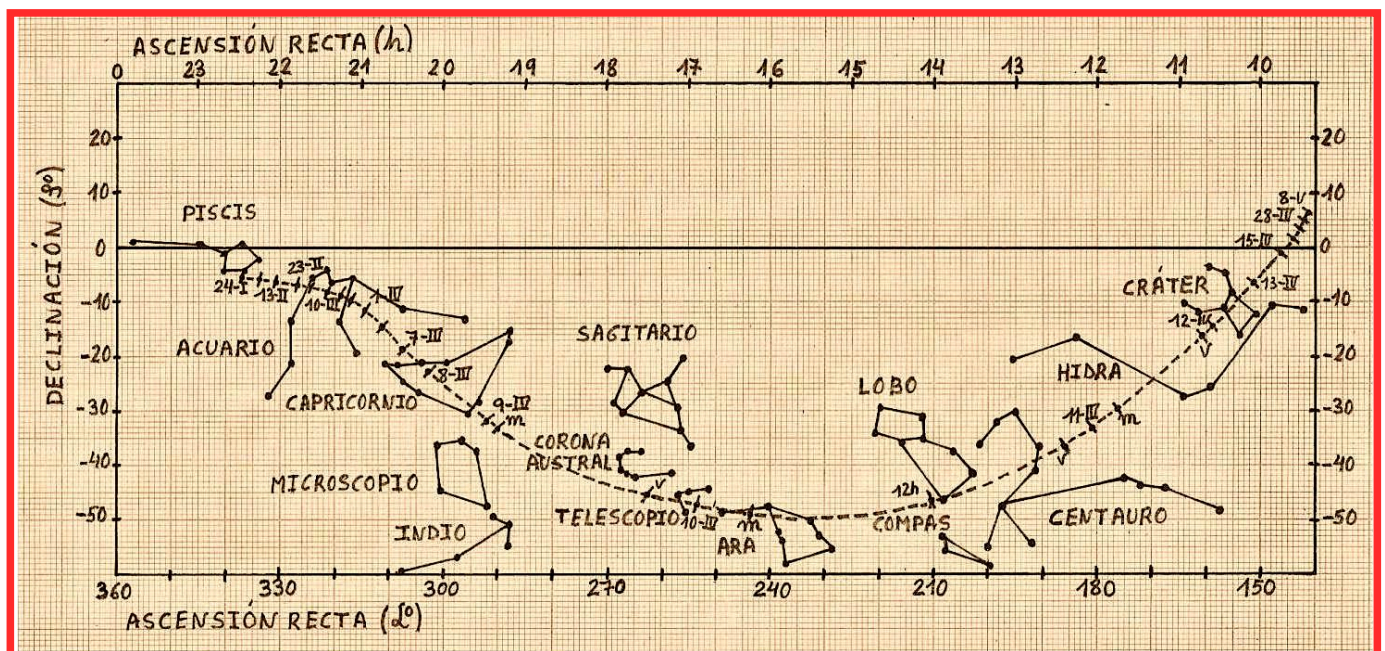
Como resultado se obtuvo la siguiente representación de la trayectoria seguida por el Halley (fig. 7).

Observamos que mayoritariamente transitó entre las constelaciones del Hemisferio Sur celeste.

La trayectoria es representada mediante una línea discontinua, señalando sobre ella con un punto y una raya transversal el lugar donde se encontraba en cada fecha. Entre los días 9 y 12 de abril también se indica su situación en los crepúsculos matutinos (m) y vespertinos (v), además del lugar donde estaba el día 10 a las 12 h T.U.

Para trazar esa misma trayectoria seguida por el Halley, pero sobre un planisferio celeste perteneciente a la época actual, el camino a seguir es el inverso al elegido para hallar su trayectoria en el año 837 d.C. Ahora con las coordenadas ecuatoriales del cometa Halley, obtenidas anteriormente para cada una de las fechas y momentos crepusculares, trataremos como puntos en el cielo, calcularemos sus nuevas coordenadas

Fig 7. Trayectoria seguida por el Halley (línea discontinua).



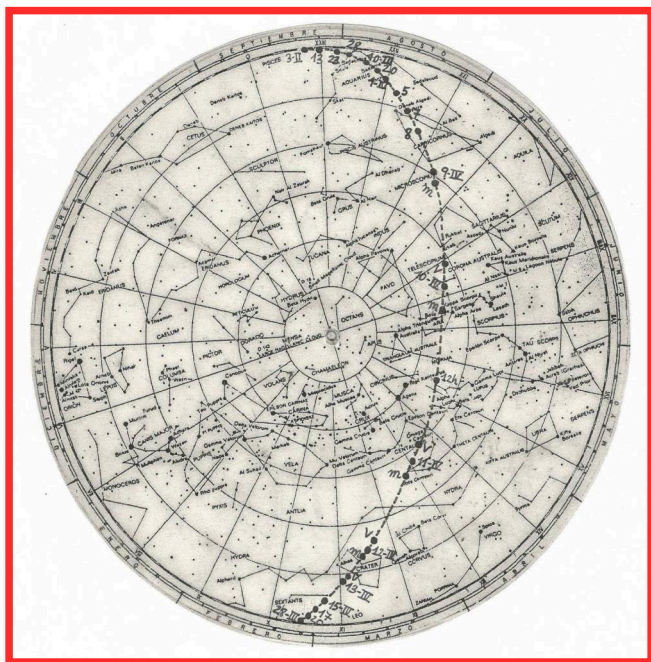


Fig 8 PTraectoria del Halley sobre un planisferio actual

J2000, haciendo uso de las mismas fórmulas de corrección por precesión, pero esta vez los siglos julianos transcurridos serán positivos en vez de negativos, $T = 11,63$.

Al ser una plantilla del planisferio correspondiente al Hemisferio Sur, las ascensiones rectas y los meses del año son crecientes en sentido antihorario y los meses difieren medio año respecto al Hemisferio Norte.

4. Distancias y ángulos entre los cuerpos del sistema Sol-Tierra-Halley

Para completar la información sobre ese retorno del Halley, en el siguiente cuadro se van a reflejar las distancias respectivas (R , r , Δ) que mantuvieron entre sí los tres cuerpos celestes

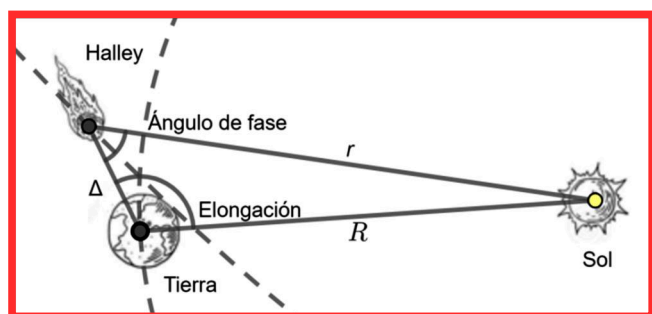


Fig. 9 Distancias Sol-Tierra-Halley.

Día	R	r	Δ	ψ	β	m
7 - IV	1,00783	0,98373	0,13169	75,75032	96,79467	-1,35747
8 - IV	1,00809	0,99908	0,09609	81,89398	92,64229	-1,98976
9 - IV	1,00835	1,01447	0,06273	93,83255	82,63008	-2,86417
c. m.	1,00838	1,01620	0,05930	95,91977	80,75285	-2,98070
c. v.	1,00856	1,02765	0,04052	117,08297	60,90516	-3,76986
10 - IV	1,00860	1,02990	0,03815	123,04757	55,17311	-3,89333
c. m.	1,00863	1,03161	0,03680	127,82654	50,55869	-3,96581
12 T.U.	1,00873	1,03763	0,03569	143,49718	35,33057	-4,01321
c. v.	1,00882	1,04313	0,03967	149,32322	29,56504	-3,76559
11 - IV	1,00885	1,04536	0,04239	148,84671	29,95112	-3,61412
c. m.	1,00888	1,04705	0,04477	147,81960	30,87549	-3,49029
c. v.	1,00907	1,05865	0,06588	137,59483	40,00002	-2,61446

(fig. 9), durante los días de máximo acercamiento a la Tierra (del 7 al 11 de abril), así como su elongación (ψ), ángulo de fase (β) y magnitud visual (m).

El perihelio del Halley se produjo el 28 de febrero, como ya reflejamos en sus elementos orbitales, separado del Sol en 0,5823 U.A. En ese momento, el Halley se encontraba por encima del plano de la Eclíptica, que había atravesado por su nodo ascendente (Ω) el 27 de diciembre del 836, a la 1 h 56 m 38 s T.U., a una distancia de 1,369373 U.A, y de nuevo lo hizo, pero por su nodo descendente (Ω), el 7 de abril del 837, a las 2 h 5 m 17 s T.U. y a una distancia un poco menor de 0,985058 U.A.

La mayor elongación, o separación angular entre el cometa y el Sol vistos desde la Tierra, se alcanzó entre los días 10 y 11 de abril, fechas en las que el Halley estuvo situado en el espacio al otro lado del Sol, siendo potencialmente observable casi toda la noche en el hemisferio austral, pero no desde las altas latitudes boreales, pues por entonces alcanzaba su mayor declinación negativa en el cielo.

5. Trayectoria del Halley proyectada sobre la Eclíptica

En este apartado se pretende trazar la trayectoria seguida por el Halley, proyectada sobre el plano de la Eclíptica, para cada uno de los días del intervalo de tiempo elegido, y a las 0 h de T.U. de cada día. También se sitúa la posición de los planetas Mercurio, Venus, Tierra y Marte sobre la Eclíptica, esos días.

El sistema seguido consiste en pasar de coordenadas ecuatoriales absolutas (α , δ) a coordenadas eclípticas (L , B). Las coordenadas ecuatoriales del Halley (α' , δ') ya las hemos hallado al calcular la trayectoria seguida por el cometa entre las constelaciones de estrellas, mientras que las de los planetas (α , δ) y el Sol las hemos obtenido del programa:

"efemérides astronómicas.dyndns".

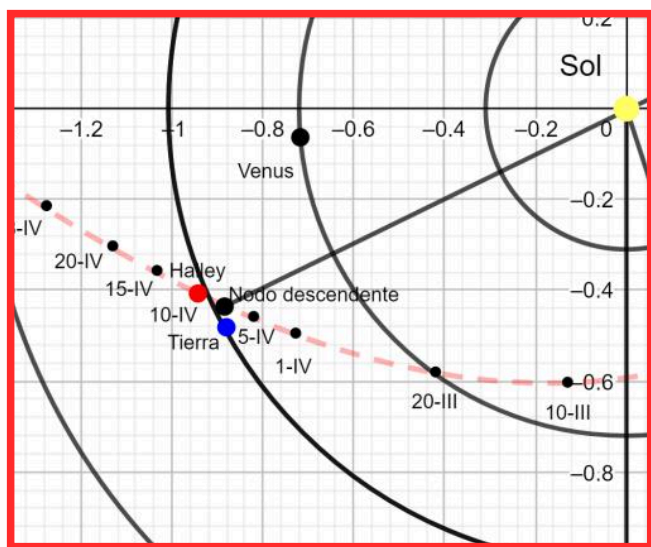


Fig 10. Posiciones del cometa y de la Tierra. Como se ve, el cometa pasó muy cerca de la Tierra.

6. La observación del cometa Halley

Vamos a ver cómo pudo ser la visión del Halley, cruzando día tras día el cielo, por parte de algunos potenciales observadores reales desde sus respectivos palacios.

Se presentan textos escritos que nos informan de su paso, registrados por "El Astrónomo", de la corte carolingia, y por otros astrónomos reales de las cortes china y japonesa.

Respecto a los hipotéticos horizontes locales sobre los que transitó el cometa, se van a representar los correspondientes a la corte de Aquisgrán, y a la del reino asturiano, en la ciudad de Oviedo. Se indican, para cada día, sus posiciones durante el crepúsculo matutino (c.m.) y el vespertino (c.v.), además de a las 0h de TU.

El texto carolingio dice lo siguiente:

"En mitad de la celebración de la Semana Santa un nefasto y lamentable augurio, un cometa, apareció en el signo de Virgo, en esa parte del signo donde ellas (las estrellas) atan su manto bajo la cola de la Serpiente igual que el Cuervo. No buscaba moverse hacia el este a la manera de las siete estrellas errantes, sino que durante veinticinco días -es sorprendente decirlo- cruzó a través de los signos de esa misma estrella, Virgo y luego Leo y Cáncer y después Géminis hasta que finalmente consumió su ardiente masa y abundante brillantez, la cual suele extenderse por todos los sitios, en la cabeza de Tauro y bajo el pie del Auriga. El emperador, quien al principio era un entusiasta de estas cosas, cuando vio que el cometa había desaparecido, estaba ansioso, y llamó a cierta persona antes de ir a la cama para preguntarle, concretamente a mí, el que está escribiendo esto, y que piensa que tiene conocimiento de estas cosas, qué me parecía.

Yo pedí tiempo para que pudiera examinar la apariencia de la estrella hasta analizar la verdad de este suceso. Yo respondí si podía anunciar al día siguiente lo que había descubierto. El emperador pensaba, y era cierto, que yo estaba intentando ganar un poco de tiempo para que no tuviera que informar sobre algo triste. Sal al balcón de al lado de esta sala y verás lo que parece nuevo para nosotros (dijo). Por lo que sabía, no había visto la estrella la última tarde y no podía declarar nada sobre ello, pero sabía que se trataba del cometa sobre el que habíamos hablado los pasados días. ¡Salgamos entonces! ¿Qué es para ti lo que presagia? Yo dije algo y después estuve callado. Hay una cosa -dijo- que tú has pasado por alto en silencio. Se dice que esta señal significa un gran cambio en el reino y la muerte de un príncipe".

En la fig. 11 se puede ver una recreación del horizonte local de Aquisgrán y en la fig. 12 un retrato de su rey, Luis el Piadoso.

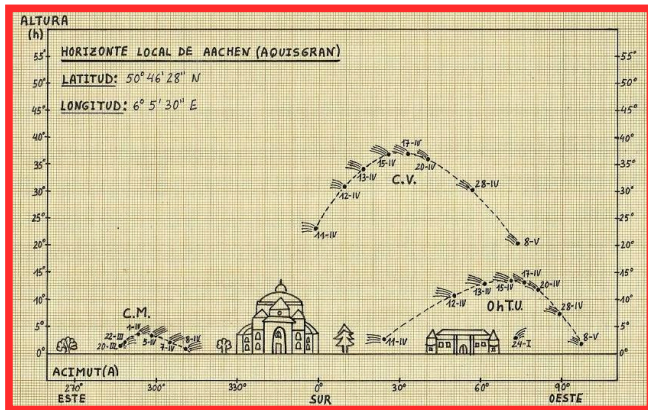


Fig 11. Posición en el horizonte local de Aquisgrán.



Fig 12. Luis el Piadoso, el rey carolingio, y Alfonso II el Casto, rey de Asturias

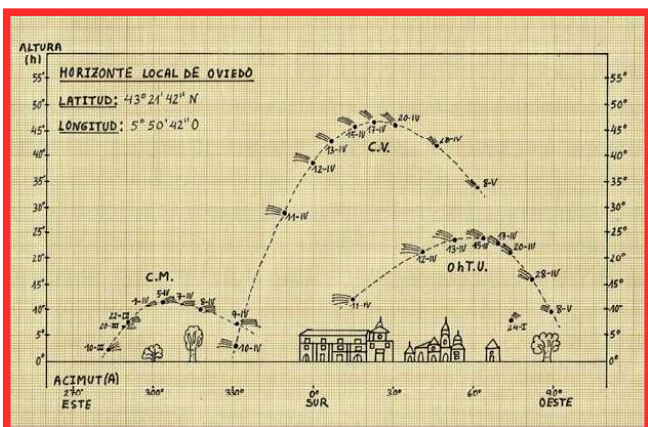


Fig 13. Posición en el horizonte local de Oviedo.

Aunque no quedara registrado en ninguna crónica asturiana, es probable que el rey Alfonso II el Casto contemplara también desde uno de los palacios de la ciudad de Oviedo el paso del Halley durante esos veinticinco días que fue visible (fig. 13).

Es también posible que, al igual que el carácter piadoso de su colega carolingio le inclinara a la práctica de la limosna y la oración, sucediera lo mismo con nuestro rey asturiano, ya que eran dos personalidades muy parecidas en cuanto a su religiosidad y devoción hacia la Iglesia.

Si comparamos el horizonte de Oviedo (fig. 13) con el de Aquisgrán (fig. 11), se pueden observar algunos cambios, consecuencia de la menor latitud de la ciudad asturiana. Así, por la mañana el cometa pudo ser visto en Oviedo desde el 10 de marzo, mientras que en Aquisgrán no fue visible hasta el 20 de marzo, y se mantuvo también visible un día más en el crepúsculo matutino. Es notoria también la mayor altura que alcanzaba el Halley sobre el horizonte en Oviedo respecto a la que tenía en Aquisgrán, para una misma fecha y momento.

7. Otras fuentes

El regreso del Halley en el año 837 d.C. fue recogido también en los "Anales de Tang" chinos aunque la información es un poco confusa. Existe otro registro japonés que puede servirnos para un análisis comparativo entre ambos textos.

El registro japonés (con las fechas en calendario juliano) dice:

"En el cuarto año de la época Syôwa, el tercer mes, día Hinoto - U (12 de abril), un cometa fue visto en el sudeste. Su cola se extendía por el horizonte hacia el este. En el día Midunoe - Saru (17 de abril) todavía era visible, pero su cola era débil debido a la luz de la Luna".

El texto chino es mucho más amplio y detallado:

"En el segundo año de Kai-Cheng, en el segundo mes en el día Ping-Wu (22 de marzo), un cometa apareció cerca de α Acuario, su cola era sobre siete codos de larga, apuntando hacia el oeste. En el día Ou-Shen (24 de marzo) fue visto en el suroeste de α Acuario, sus rayos eran más brillantes. En el día de de Koei-Ch'ou (29 de

marzo) fue visto cerca de β Acuario. En el día Sing-Yeou (6 de abril) se movió hacia el oeste, su cola llegó a ser de diez codos de larga, apuntando un poco hacia el sur. En el día Jen-Siu (7 de abril) estaba cerca de μ Acuario, sobre veinte codos de larga y tres codos de ancha. En el día Kai-Tse (9 de abril) apareció cerca de 5 Sagitario. En el día I-Ch'ou (10 de abril) llegó a cincuenta codos de larga, con dos colas, una de las cuales apuntaba a Libra y la otra ocultaba β Escorpio. En el día Pin Yin (11 de abril) apareció en Virgo, su cola unida en una sola de nuevo tenía sesenta codos de largo y apuntaba hacia el norte. En el día Ting-Mao (12 de abril) se movió hacia el noroeste, su cola apuntaba hacia el este. En el día Ki-Se (14 de abril) fue visto cerca del corazón de Hydra, su cola llegó a ser de ochenta codos de larga. En el día Koei-Wei (28 de abril) su cola era treinta codos de larga y el cometa entonces desapareció en Leo".

8. Registros astronómicos orientales de otros objetos, en el año 837 d. C.

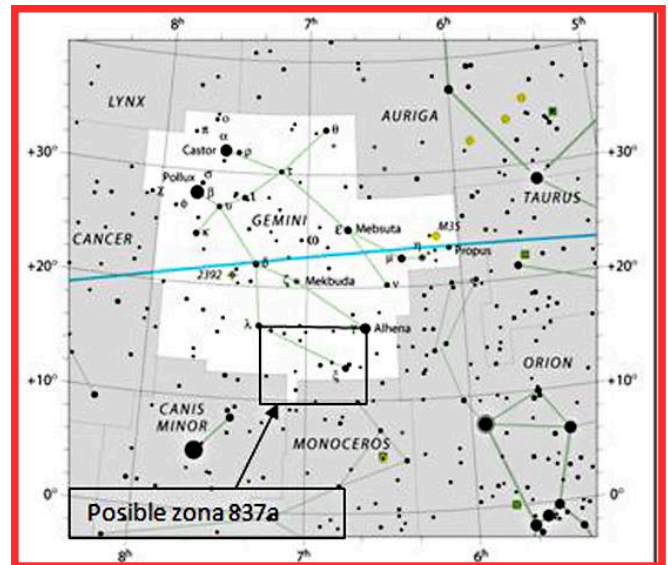
En el Lejano Oriente existían astrónomos/ astrólogos profesionales, contratados por los gobernadores para la observación del cielo y para registrar e interpretar los sucesos inusuales que se vieran en él. Entre estos sucesos podemos encontrar los registros de las nuevas estrellas que aparecieran de repente, los cometas, como el Halley, las manchas solares y las auroras boreales.

En el año 837 d. C. registraron tres estrellas nuevas, ya fueran novas o supernovas:

1ª.- 837 a

La fuente dice lo siguiente:

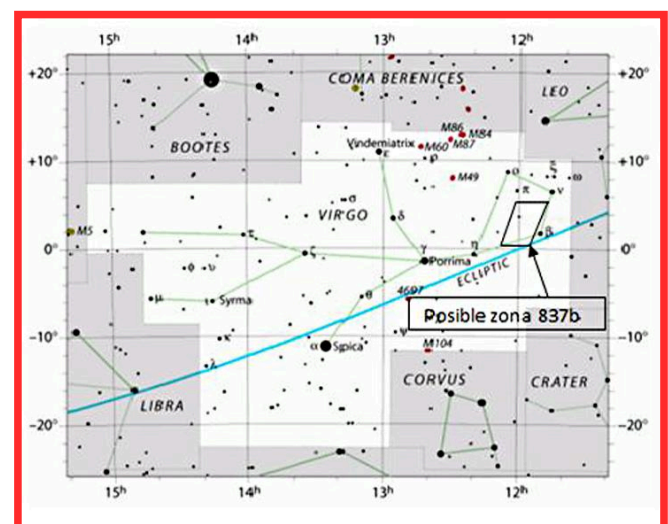
"En el Chia-Shen día, en el tercer mes del segundo año, del Kai-Chen periodo del reino, perteneciente a la dinastía Tang (29 de abril del 837), una estrella nueva



apareció debajo de Tung Chin. En el Ping-Wu día del cuarto mes, la estrella nueva debajo de Tung-Chin (21 de mayo) desapareció".

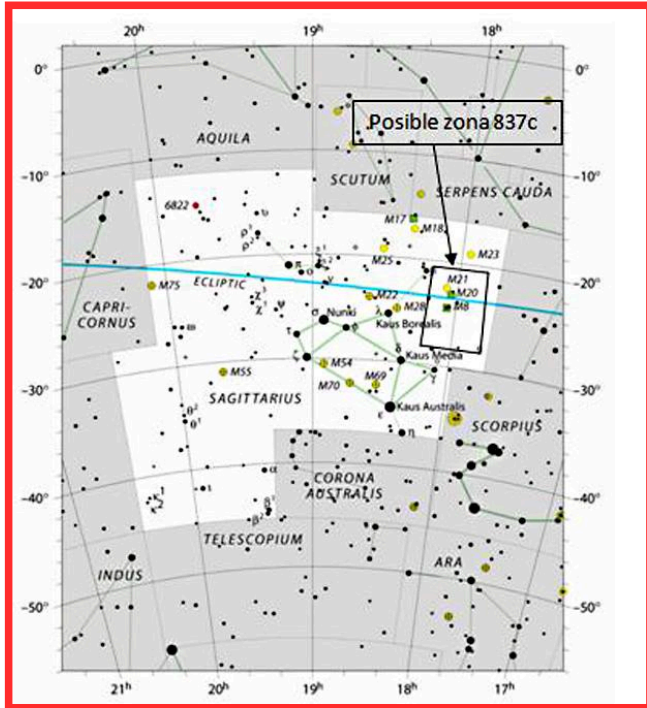
2ª.- 837 b

"En el día de Wu-Tzu (3 de mayo) durante el tercer mes del segundo año, en el Kai-Chen reino de la dinastía Tang, una estrella nueva apareció dentro de Tuan - Men, cerca de Ping - Hsing. En el día de Kuei-Yu (17 de junio), del quinto mes, la estrella nueva dentro de Tuan-Men desapareció".



3ª.- 837 c

"En el día de Jen-Wu, en el quinto mes (22 de marzo), una estrella nueva como una "Po" estaba entre Nan-Tou y Tien-Yo".

**9. Algunos comentarios**

Mientras que el registro chino presenta gran claridad, rigor científico y detalles concretos, que han sido utilizados por los astrónomos actuales para deducir la fecha de perihelio y la trayectoria

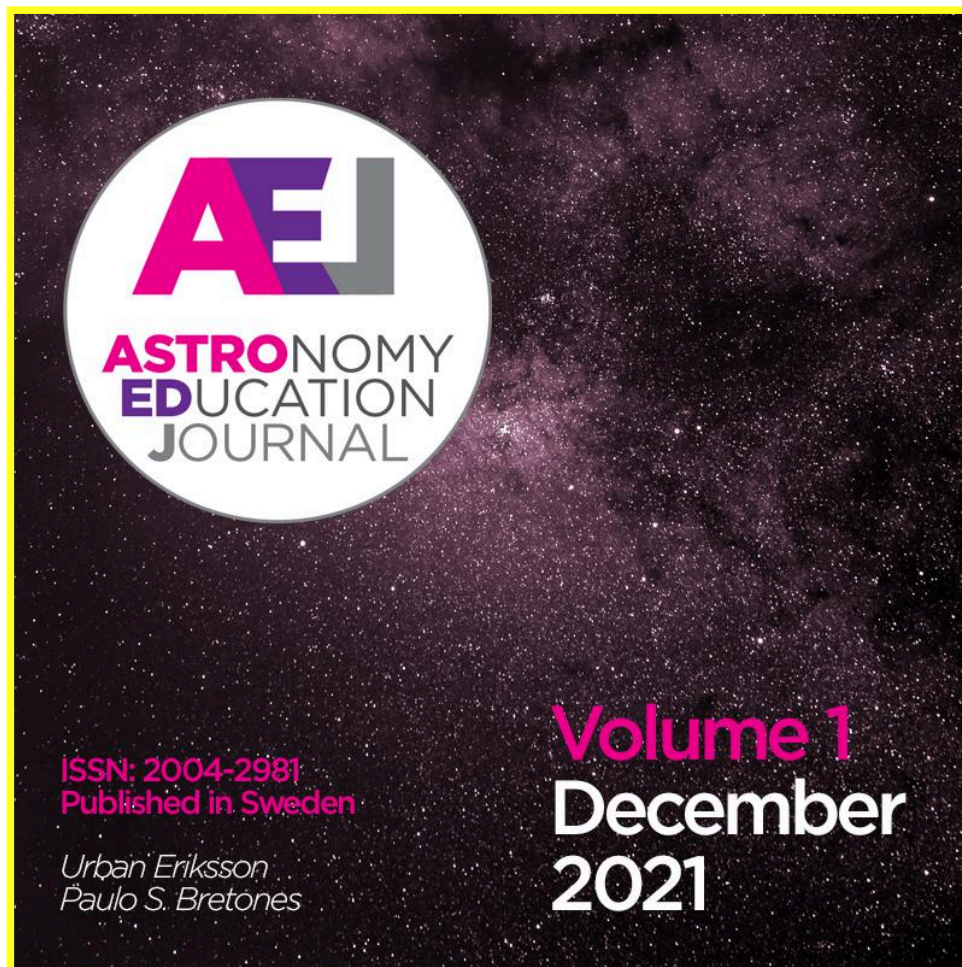
seguida entonces por el Halley, el carolingio parece más una superposición y adaptación de unos hechos observacionales, inconexos y descontextualizados en el tiempo y en gran parte erróneos. Si para el primero de ellos el Halley apareció en el cielo el 22 de marzo, para el segundo lo hizo en mitad de la Semana Santa, la cual ese año comenzó, según el calendario juliano entonces en uso, el 25 de marzo, con el Domingo de Ramos y finalizó el 1 de abril, el Domingo de Resurrección (esta celebración siempre ocurre el domingo siguiente a la primera luna llena que se presenta después del equinoccio de primavera), por lo que me lleva a suponer que su primera observación pudo ser el Jueves Santo o el día siguiente, Viernes Santo, días 29 y 30 de marzo respectivamente.

Una posible explicación del texto carolingio -redactado después del año 840- sea la alteración de la realidad observada en la trayectoria del Halley como consecuencia de la aparición ese año de las tres novas (837a, 837b y 837c), avistadas ese año, respectivamente, en las constelaciones de Monoceros (a los pies de Géminis), en Virgo y en Sagitario.

Quizá nunca lo averigüemos, pero lo que sí nos ha quedado de su regreso ese año es la sensación irrefutable de que el cometa Halley lució entonces sus mejores galas y tarjeta de presentación para los habitantes de la Tierra.

Astronomy Education Journal (IAU) Revista de Educación en Astronomía (UAI)

Ricardo Moreno Luquero



En enero de 2022, la Unión Astronómica Internacional (IAU) ha publicado el primer número de la *Astronomy Education Journal (AEJ)*, Revista de Educación en Astronomía. Esta nueva publicación online es producida por la Comisión C1 de Educación y Desarrollo en Astronomía de la IAU. Su objetivo es servir a la comunidad de educación astronómica reuniendo publicaciones prácticas, de interés periodístico y académicas que involucren desarrollos en el campo. Los editores son Urban Eriksson, de la Lund University de Suecia, y Paulo Bretones, de la Universidad Federal de São Carlos, en Brasil. Por su interés para los socios de ApEA, presentamos aquí su contenido. La revista, que está en inglés, se puede descargar en pdf en [este enlace](#).

La revista tiene dos partes. La **primera parte** es sobre investigación en educación astronómica, con artículos revisados por pares. En este primer número hay dos:

- *Evaluación de la comprensión de las prácticas científicas de los maestros de primaria en formación utilizando libros de cuentos de astronomía para niños*, de Julia Plummer, Kyungjin Cho, Christopher Palma, Daniel F. Barringer, Timothy Gleason y Katie Nolan.

- *Visualización interactiva de cosmología utilizando los datos de Hubble UltraDeep Field en el aula*, de Liam Nolan, Mira Mechtley, Rogier Windhorst, Karen Knierman, Teresa Ashcraft, Seth Cohen, Scott Tompkins y Lisa Will.

Tiene una **segunda parte**, quizá más interesante para los miembros de ApEA, sobre experiencias en la enseñanza de la astronomía. En este número hay cinco artículos:

- *Un enfoque de método histórico para la enseñanza de la segunda ley de Kepler*, de Wladimir Lira.

- *Un proyecto de observación para una clase numerosa: determinación de la duración del día sideral*, de Guillermo Tobin.

- *Púlsares de tiempo: un ejercicio de análisis estadístico y del método científico*, de John Walkup, Joseph White y Roger Key.

- *¿Deberíamos enseñar relatividad general en la escuela secundaria? ¿Por qué y cómo?*, Jorge Horvath y Pedro Moraes.

- *Guías de recursos para educadores de astronomía y sus estudiantes*, de Andres Fraknoi.

En este último artículo, del veterano astrónomo y profesor Andres Fraknoi, hay muchas guías de recursos para la enseñanza de la astronomía disponibles en la web, que el autor ha ido seleccionando durante años. Enlazan directamente con una gran cantidad de material.

He seleccionado las guías de recursos que me han parecido más útiles para nuestros alumnos, con los links correspondientes:

Guías para enseñar Astronomía

- [Hacer divulgación y enseñar astronomía cuando no se puede salir al exterior](#)

Compilación de recursos para hacer divulgación y educación en remoto (por necesidad durante la pandemia, y por elección en otros momentos). La guía incluye una lista de recursos creados por educadores veteranos en colaboración abierta.

- [Videos cortos de astronomía](#)

Relación de videos gratuitos en inglés, disponible en la web, cada uno de menos de 10 minutos, que acompañan cada capítulo del Curso General de Astronomía “Open Stax Astronomy”, y sirven para explicar conceptos de Astronomía. Muchos vídeos son de la NASA y ESA, y están organizados por temas.

- [Fuentes de imágenes de astronomía](#)

Lista donde los principiantes pueden encontrar catálogos de imágenes astronómicas.

- [Astronomía y humor](#)

Contiene una lista de fuentes de chistes, dibujos animados y otros materiales humorísticos referentes a la astronomía.

Guías interdisciplinarias

- [Historias de ciencia ficción con buena Astronomía](#)

Catálogo de buenas novelas e historias de ciencia ficción, que se basan o contienen conceptos razonables de ciencia. Por temas.

- [Música inspirada en Astronomía](#)

Lista comentada, de piezas de música que se basan en astronomía seria (p.ej. no sólo una mención casual de la Luna). Incluye tanto clásica como música popular, y está organizado por temas de Astronomía.

- Películas y obras de teatro inspiradas en Astronomía

Muchas obras de teatro y películas con personajes astrónomos o que giran alrededor de ideas o historias astronómicas.

- Tal día como hoy en la Historia de la Astronomía

Es un calendario, mes a mes, de aniversarios o eventos astronómicos, para enriquecer la clase.

Otras guías

- La Astronomía en algunas culturas

Proporciona materiales para ver la astronomía que usaban los pueblos indígenas de América Central y del Sur, Asia, África, Polinesia, y Australia.

- Contribuciones de las mujeres en Astronomía

Contiene recursos sobre el tema. Por ejemplo incluye materiales sobre 20 científicas que viven

actualmente, y de otras 17 que vivieron en el pasado.

- Polución lumínica y cielos oscuros

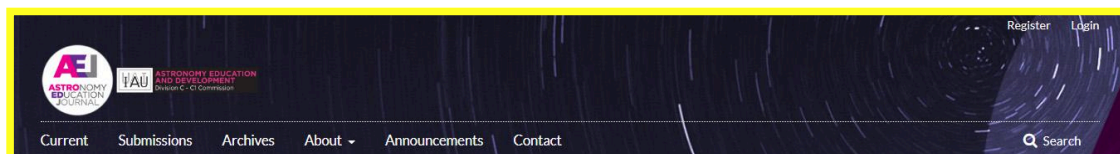
Es una guía para principiantes sobre temas en los que la actividad humana son o causan posibles problemas para la astronomía. Están incluidos la radio interferencia y los enjambres de satélites.

- Plutón y el cinturón de Kuiper

Contiene lecturas introductorias sobre Plutón como planeta enano, la controversia de su clasificación, y su exploración por la nave New Horizons. También trata sobre lo que es el cinturón de Kuiper, la visita de la New Horizons al asteroide llamado primero Última Thule, y ahora oficialmente bautizado como Arrokoth.

- Índice de la Revista Mercurio, de la ASP

Es una lista de los artículos que aparecieron desde 1972 a 2019 en la popular revista de la Sociedad Astronómica del Pacífico.



REUNIÓN DE JUNTA DIRECTIVA DE ApEA 20 de enero de 2022

Fernando Sánchez Gil



El jueves 20 de enero de 2022, de 20.00 a 21.00 h, y a través de la plataforma Google Meet, tuvimos una reunión de la Junta Directiva de la ApEA.

Repasamos la excelente jornada de observación en Pamplona, del último fin de semana de octubre, cuya crónica e imágenes ya han salido en el número anterior de Nadir. Para la siguiente jornada de observación, dentro de dos años, se sugirió hacerla en el Pic du Midi. Carolina Clavijo se encargará de explorar posibilidades.

Xavier Benlliure, como tesorero, informó de que somos unos 120 socios, y presentó el estado actual de las cuentas.

El tema más importante fue la marcha de los XIV Encuentros, que se realizarán este verano en Sevilla. Se reafirmó la decisión de seguir adelante con ellos de forma presencial, si no surgen problemas.

Fernando Ordóñez y Carolina Clavijo han hablado con la Facultad de Físicas de la Universidad de Sevilla, que están muy interesados en que se realice en su sede. Por la disponibilidad de aulas

y de personal, las mejores fechas son el lunes 4 y el martes 5 de julio, con cena de bienvenida y entrega de material el domingo 3 y visitas optativas el miércoles 6.

El plan está todavía en fase de borrador, y se informará a los socios cuando esté más concretado, enviando un primer cuestionario en los próximos días, y un segundo cuestionario más adelante.

Hay posibilidades de hacer la cena de bienvenida en un barco navegando por el Guadalquivir, que sería un plan muy agradable, y la cena de despedida con alguna sorpresa.

El plan del lunes 4 por la mañana incluiría la Conferencia inaugural, varios Talleres y Ponencias (píldoras), comer en los comedores universitarios, recordando viejos tiempos. Por la tarde haríamos una visita guiada a Itálica, y tendríamos unos Talleres de astrofotografía lunar y de startrails, que aplicaríamos al anochecer, tras cenar en los alrededores, con una Luna que estará en un creciente del 27%.

El martes repetiríamos el plan de la mañana, y por la tarde tendremos la Conferencia de clausura, la Asamblea de la Asociación y la cena de gala.

El miércoles 6 de julio se harían algunas visitas turísticas opcionales.

Se barajaron varios ponentes de las conferencias, con los que se intentará contactar, alguno con impacto mediático.

Se aprobó editar en papel y entregar a los asistentes a los Encuentros, las publicaciones que han salido desde los anteriores Encuentros de Úbeda. Se editarán dos volúmenes con las 18 revistas Nadir, y otros dos volúmenes con las 7 Publicaciones monográficas de ApEA. Como otras veces, también se enviarán por correo postal a los socios que no hayan asistido a los Encuentros y lo soliciten.

Otros temas que se trataron en la reunión fueron la actualización de los aspectos legales: documento de alta en el Registro Nacional de Asociaciones, nuevos estatutos, adaptación a la ley de Protección de Datos, sede legal, nuevo banco, etc. Se espera tenerlos resueltos para los próximos Encuentros.



ApEA, la Asociación para la Enseñanza de la Astronomía, nació en 1995 para acoger a todas las personas que se dedican a la enseñanza de la Astronomía en centros educativos, planetarios, museos de la ciencia, agrupaciones de aficionados y clubes de estudiantes.

ApEA engloba a todos los interesados en la enseñanza de todos los niveles educativos reglados -desde la enseñanza primaria hasta la universitaria- así como los no reglados.

También organiza reuniones de formación para sus socios y publica materiales de interés didáctico, como la presente revista.

Más información en www.apea.es

