

## 2.03. Adams y Leverrier: el descubrimiento de Neptuno.

### 2.03.1. Introducción:

El punto culminante de la mecánica celeste del siglo XIX fue el descubrimiento del planeta Neptuno. La clave provino de las observaciones de Urano. Para calcular la órbita de Urano se disponía de varias décadas de observaciones a partir de su descubrimiento en 1781 y de algunas observaciones aisladas hechas con anterioridad, en los cien años previos, donde fue observado accidentalmente y se pensó que era otra estrella. Observaciones de Urano fueron trazadas hasta 1690 cuando hay el registro de observaciones hechas por Flamsteed. En total Flamsteed observó Urano tres veces. El francés Le Monnier en París lo observó incluso varias veces en un mismo mes, registrándolo como una estrella diferente cada vez. En total se conocían 20 observaciones de Urano pre-descubrimiento incluidas tres que efectuó Bradley.

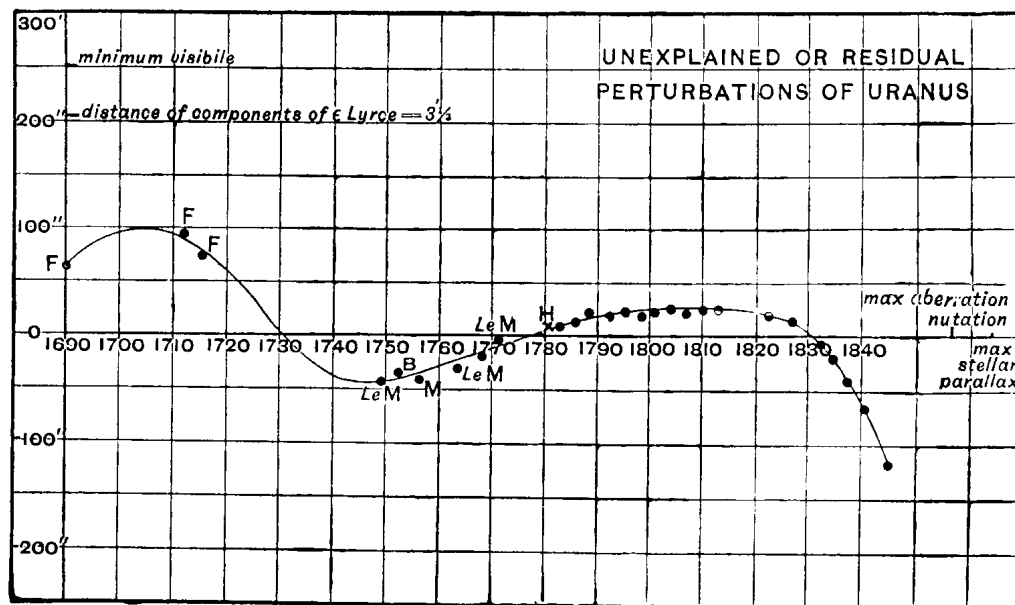


FIG. 93.—Perturbations of Uranus.

The chance observations by Flamsteed, by Le Monnier, and others, are plotted in this diagram, as well as the modern determinations made after Herschel had discovered the nature of the planet. The decades are laid off horizontally. Vertical distance represents the difference between observed and subsequently calculated longitudes—in other words, the principal perturbations caused by Neptune. To show the scale, a number of standard things are represented too by lengths measured upwards from the line of time, viz: the smallest quantity perceptible to the naked eye,—the maximum angle of aberration, of nutation, and of stellar parallax; though this last is too small to be properly indicated. The perturbations are much bigger than these; but compared with what can be seen without a telescope they are small—the distance between the component pairs of  $\epsilon$  Lyrae ( $210''$ ) (see fig. 86, page 288), which a few keen-eyed persons can see as a simple double star, being about twice the greatest perturbation.

Si se calculaba una órbita considerando las observaciones predescubrimiento, las efemérides que de ellas se deducían no correspondían con las observaciones que se realizaban. Alexis Bouvard (1767-1843), ayudante de Laplace, notó que el movimiento de Urano presentaba irregularidades que no podían ser explicadas por las perturbaciones introducidas por los otros planetas. Calculó tablas para los planetas pero sus tablas para Urano, derivadas a partir de observaciones realizadas en los 40 años desde su descubrimiento, no podían representar adecuadamente las observaciones anteriores.

Laplace, al publicar las tablas planetarias en 1821 habla de *“una influencia extraña y desconocida que actúa sobre el planeta”*. A medida que fue pasando el tiempo Urano comenzó a desviarse de las posiciones predichas por las tablas. Las discrepancias llegaron a los 2 minutos de arco en 1844, error muy fácilmente apreciable con un buen telescopio. Al crecer las desviaciones se empezó a pensar entre los astrónomos que un planeta desconocido debía estar perturbando a Urano. La explicación alternativa era pensar que la ley de la gravitación universal de Newton, que tan efectiva se había mostrado para explicar los movimientos celestes de la parte interna del sistema solar, quizás no era exactamente válida a la gran distancia de Urano.

Hacia fines de la cuarta década del siglo XIX Bessel le encargó a uno de sus alumnos, F.W. Flemming, la tarea de intentar calcular la órbita del planeta desconocido que parecía estar perturbando a Urano. Desgraciadamente Flemming murió cuando recién iniciaba su trabajo.

### **2.03.2. John Couch Adams y Urbain Jean Leverrier:**

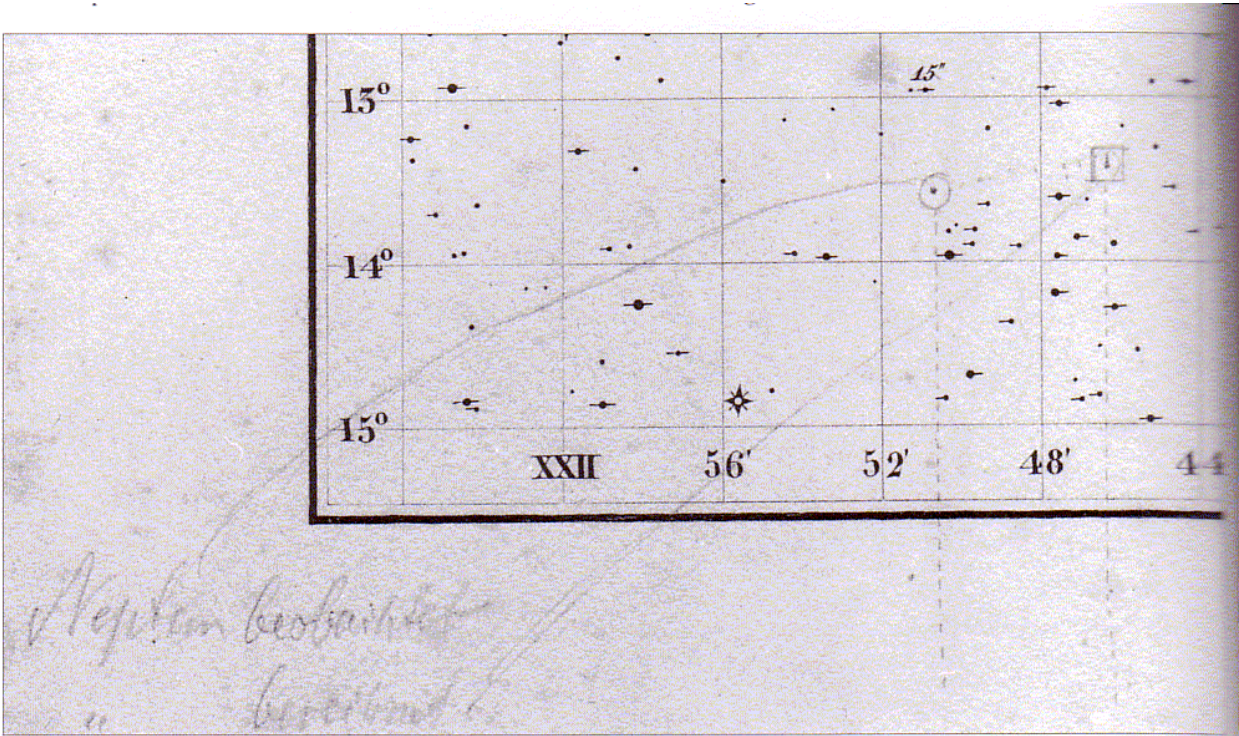
En 1842-43 un joven y talentoso estudiante de matemáticas de la Universidad de Cambridge, **John Couch Adams** (1819–1892), empezó a atacar el problema. Adams era hijo de una familia de granjeros de Cornwall, Inglaterra, que hizo un gran esfuerzo al mandar a su hijo a estudiar a la Universidad de Cambridge. Ese sacrificio se vio recompensado cuando en 1843 John encabezó la lista de los estudiantes de matemáticas en Cambridge. Tan pronto se graduó en 1843 fue nombrado *Fellow* en el Colegio de *Saint Johns* en Cambridge. En Septiembre de 1845 le comunicó sus resultados a George Biddell Airy (1801–1892) Astrónomo Real Inglés y a James C. Challis (1803–1862) Director del Observatorio de Cambridge. En su trabajo Adams había calculado una efeméride para ubicar al planeta desconocido. Lo situaba en una longitud, visto desde el Sol, de 323 grados 34 minutos para el 1° de Octubre de 1845. Desgraciadamente para Adams ni Airy ni Challis le dieron importancia a su trabajo y éste no publicó sus resultados en ninguna revista. En verdad Airy le contestó a Adams preguntándole algunas circunstancias del cálculo pero Adams jamás respondió a Airy.

Mientras tanto en Francia el físico y astrónomo Francisco Arago (1786–1853), Director del Observatorio de París, le solicitó a Urbain Jean Joseph Leverrier (1811–1877) que estudiara el problema de Urano. Hijo de un funcionario de gobierno en Normandía, Leverrier se había distinguido como un gran estudiante de matemáticas en

la *Ecole Polytechnique*; también estudió química bajo la dirección de Gay-Lussac para luego volcarse a la mecánica celeste. Leverrier extendió la teoría general de perturbaciones de Lagrange calculando la órbita de cometas para dedicarse posteriormente al análisis de Urano. Su talento matemático era tal que fue considerado como el sucesor natural de Lagrange y Laplace. Leverrier hizo primero un análisis completo de la teoría de Urano, que publicó en Noviembre de 1845. En junio de 1846 publicó las efemérides del planeta desconocido, que explicaba las anomalías de Urano. Según Leverrier el nuevo planeta debería estar, visto desde el Sol, dentro de un par de grados en la longitud 325 grados.

Cuando Airy y Challis conocieron el trabajo de Leverrier inmediatamente recordaron el olvidado trabajo de Adams y constataron con sorpresa que ambas predicciones eran extraordinariamente concordantes. Solo entonces valoraron el trabajo del joven Adams. Challis inició una búsqueda sistemática entre Julio y Agosto de 1846 registrando todas las estrellas visibles en la zona donde debería estar el planeta. Otros quehaceres distrajerón la atención de Challis que no comparó las observaciones que había realizado. Falló por segunda vez, perdiendo definitivamente la oportunidad de descubrir Neptuno, pues lo observó sin percatarse.

Leverrier le escribió al ayudante de Encke, Johann Gottfried Galle (1812-1910), astrónomo del Observatorio de Berlín, pidiéndole que examinara el cielo con el gran refractor del Observatorio, en la zona donde debería estar el nuevo planeta. El Observatorio de Berlín acababa de recibir una carta celeste de esa zona del cielo, confeccionada por Carl Bremiker (1804-1877), publicada por la Academia de Berlín, que representaba hasta las estrellas de décima magnitud. Una carta celeste era esencial para poder descubrir una “*estrella extra*” en la zona. Al recibir la comunicación de Leverrier, Galle exploró la región indicada del cielo y fue así como la noche del 23 de Septiembre de 1846 Galle descubrió el nuevo planeta, como una estrella de novena magnitud que no estaba marcada en la carta estelar, a menos de 1 grado de la predicción de Leverrier. El nuevo miembro del sistema solar recibió el nombre de **Neptuno**, dios de las profundidades del océano, que a partir de entonces vigila la luz y sombra del océano cósmico.



**La predicción de Leverrier aparece como un cuadrado y la posición de Neptuno como un círculo. La distancia entre ambos es del orden de un grado.**

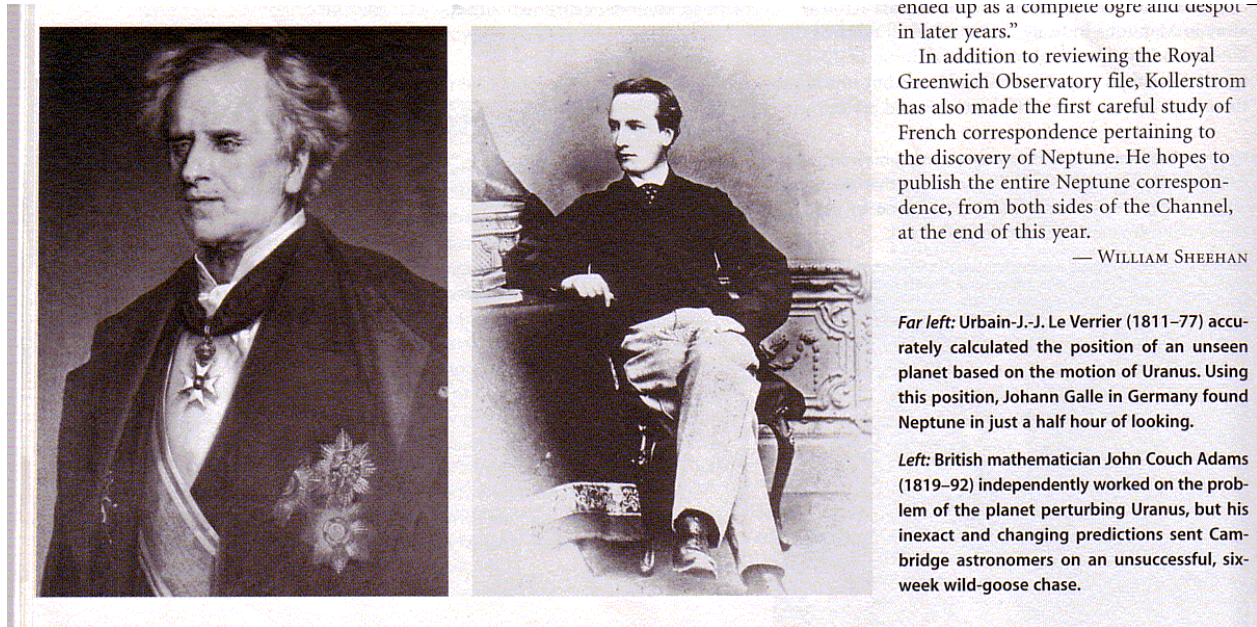
El descubrimiento de Neptuno tuvo un profundo impacto en el mundo científico y en general entre los hombres cultos del siglo XIX. Representaba un inmenso triunfo de la ciencia el haber descubierto la existencia de un planeta desconocido por la influencia que ejerce sobre el mundo conocido. Por mucho tiempo se habló del descubrimiento hecho por un astrónomo sentado en su escritorio. Francisco Arago escribió al respecto: *"lo ha visto en el extremo de su pluma; por la sola potencia del cálculo ha determinado el lugar y la magnitud aproximada de un cuerpo situado más allá de los límites conocidos de nuestro sistema solar"*. La ley de gravitación de Newton salió victoriosa de este problema que parecía contradecirla.

Challis en Cambridge, que había adoptado el laborioso camino de hacer una carta con todas las estrellas y comparar cartas hechas en días diferentes, el 29 de Septiembre observó Neptuno, dándose cuenta más tarde que también lo había observado el 4 y el 12 de Agosto, pero por falta de tiempo, que tuvo que emplear en otras actividades de su cargo, no pudo reducir sus observaciones y anticiparse a la gloria de Galle. Triste historia la de Challis y Airy.

En una publicación reciente (Sky & Telescope, Julio, 2003, p. 26) se indica que otra sería la verdadera historia de Adams. Aparentemente los astrónomos ingleses, que reclamaron parte del mérito del descubrimiento de Neptuno para Adams, nunca mostraron los cálculos de éste. Ahora, en Cerro Tololo, a la muerte del gran astrónomo Olin Eggen, se encontró una carpeta con los cálculos de Adams, donde queda de manifiesto que en verdad los cálculos de éste nunca fueron muy precisos y que si bien



en uno de sus cálculos encuentra una predicción muy similar a la de Leverrier, en muchos otros los resultados son muy diferente. Por ende tanto Airy como Challis no tenían cómo tomar demasiado en serio los cálculos de Adams. Este nuevo giro expía las culpas de Airy y Challis y le resta mérito al trabajo Adams. Siembra al mismo tiempo una gran duda acerca de la integridad científica de todo un grupo de astrónomos ingleses que se prestaron para este engaño histórico. Parece que el amor de ellos por la ciencia fuese bastante menor que el amor por su nación; curioso a lo menos, tratándose de intelectuales de un país tan racionalista como Inglaterra.



### Urbain Leverrier y John Adams.

Al calcularse la órbita de Neptuno se vio que no correspondía a la órbita que Leverrier había asumido para sus cálculos. Este había adoptado 38 unidades astronómicas (UA) para el semi-eje mayor, de acuerdo con la ley de Bode y resultó que la distancia media de Neptuno al Sol es sólo de 30 UA y su período es de 165 años en lugar de los 217 años indicados para una órbita de 38 UA. Tanto Leverrier como Adams supusieron un semi-eje mayor de 38 U.A. y calcularon una excentricidad para la órbita del planeta desconocido de 0,10 que en 1820 lo hacía estar a sólo 34 U.A. del Sol (ver figura de la próxima página).

Los astrónomos norteamericanos Pierce y Walker puntualizaron que Neptuno se parecía muy poco al planeta predicho por Leverrier y que su descubrimiento había sido una gran casualidad. La crítica, aunque justificada en parte, no es del todo correcta pues la predicción para 1846 era muy cercana a la posición verdadera de Neptuno. La presencia de Neptuno más allá de Urano tiene por consecuencia que en cierta parte de su órbita Urano sea acelerado por Neptuno y en otra parte sea frenado. El problema que tuvieron que resolver Leverrier y Adams era un problema inverso: a partir de las consecuencias debían deducir el planeta que las producía. Como las observaciones no eran de gran calidad (en particular las pre-descubrimiento) tuvieron que asumir la

distancia media al Sol usando la ley de Titius-Bode y eso los obligó a suponer un planeta de mayor masa para explicar las observaciones. Las soluciones de Leverrier y Adams podían explicar todas las observaciones antiguas, salvo la hecha por Flamsteed, en 1690. Cuando se descubrió Neptuno Adams calculó la órbita y se dio cuenta que era mucho más pequeña que lo que él había imaginado; su semi-eje mayor es de sólo 30 UA y su período de 165 años. Con el “verdadero Neptuno” se pudieron finalmente explicar todas las observaciones de Urano, hasta la más antigua de Flamsteed.

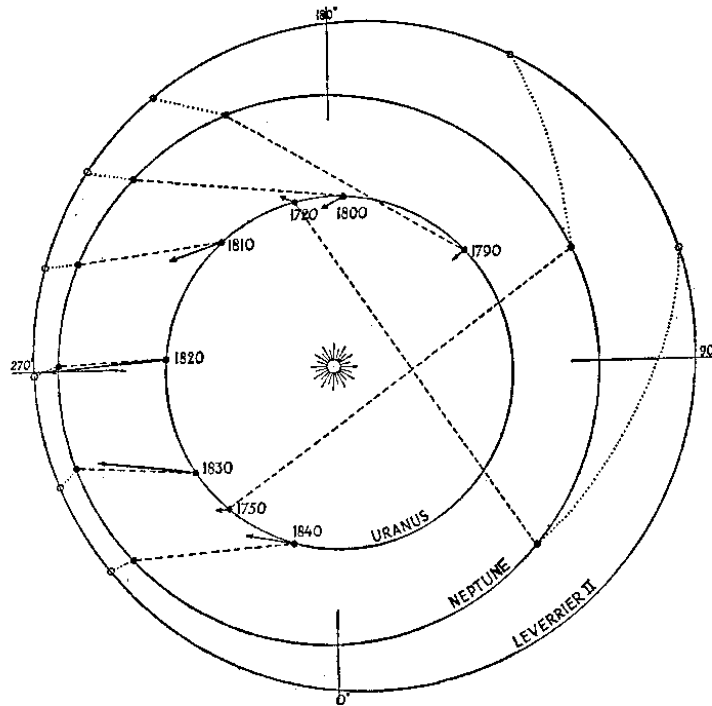


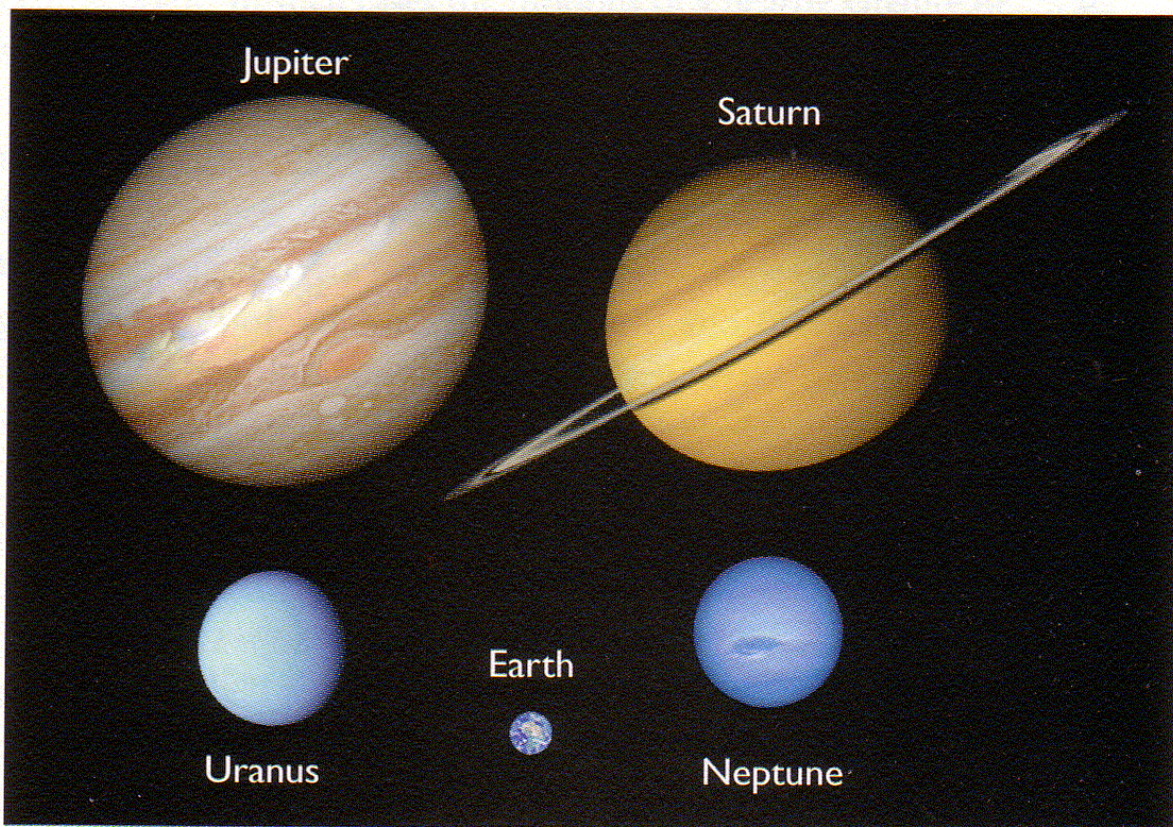
Fig. 31. Perturbing forces of Neptune on Uranus

**Perturbaciones sobre Urano introducidas por Neptuno y por el astro imaginado por Leverrier.** Se puede apreciar que para 1790, 1800, 1810, 1820, 1830 y 1840 la diferencia entre el planeta verdadero y el imaginario es muy pequeña, sin embargo eso no es así para 1720, o 1750. Como la predicción de Leverrier fue hecha para 1846 se puede apreciar en la figura que, vistos desde el Sol el planeta real y el imaginario estaban casi en la misma ubicación.

Neptuno, con Júpiter, Saturno y Urano conforman los planetas gigantes del sistema solar. Neptuno es muy semejante a Urano en términos de su tamaño y su masa. Rompe con la ley de Bode situándose a sólo 30 U.A en lugar de las 38 que predice la ley de Bode. Es un mundo de hielo que orbita alrededor del Sol en 165 años. Su período de rotación en torno a un eje es de 16 horas lapso en el cual alternan un día y una noche, ambos muy fríos pues la temperatura media de Neptuno se sitúa en el entorno de los 220 grados Celsius bajo cero. En la siguiente tabla se dan algunos datos de Neptuno y los otros planetas gigante o jovianos y también se presentan como referencia los valores para la Tierra.



	Tierra	Júpiter	Saturno	Urano	Neptuno
Distancia al Sol ( $10^6$ km)	150	778	1.427	2.870	4.497
Período orbital años	1,0	11,9	29,5	84,0	164,8
Período de rotación	23h 56m	9h 56m	10h 14m	17h 14m	16h 7m
Excentricidad	0,017	0,048	0,056	0,047	0,009
Inclinación	0,0°	1,3°	2,5°	0,8°	1,8°
Masa	1,0	317,9	95,2	14,6	17,2
Diámetro km	12.756	143.884	120.536	51.118	50.538
Densidad $\text{gr/cm}^3$	5,52	1,33	0,71	1,27	1,77
Temperatura	+22	-150	-180	-214	-220
Magnitud máxima	--	-2,6	-0,3	+5,6	+7,7



*Figure 1. A size comparison of Jupiter, Saturn, Uranus, Neptune, and Earth. The rotational flattening of these planets is also shown to scale. Note how nearly identical Uranus and Neptune are in size.*

Neptuno con un radio 3,9 veces mayor que la Tierra y una masa 17 veces mayor es el cuarto

planeta en tamaño y el tercero en masa del sistema solar. Neptuno es un mundo de hielo, con temperaturas por debajo de los 200 C bajo cero.

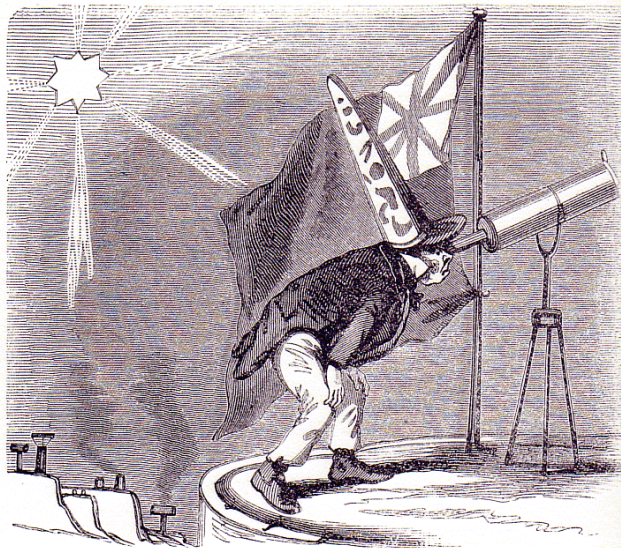
Leverrier intentó infructuosamente aplicar la idea que lo llevó a descubrir Neptuno a través de las perturbaciones que introduce en la órbita de Urano, al caso de la órbita de Mercurio y un hipotético planeta intramercurial, que llamó *Vulcano*. El avance anómalo del perihelio de Mercurio lo explicó con este planeta hipotético, que incluso creyó haber detectado. En verdad fueron reportes de una sombra cruzando el disco del Sol, que más tarde fueron explicadas como simples manchas solares. El excepcional éxito de Leverrier con Neptuno le valió, entre otras distinciones, la de ser nombrado Director del Observatorio de París en 1853. Sin embargo fue destituido de su cargo en 1870 por los conflictos que sostenía con sus colaboradores. La prematura muerte de su sucesor, Charles Delaunay (1816-1872) hizo que volviera a ocupar la dirección del Observatorio de París, aunque con menores poderes, en 1873, hasta su muerte el 23 de Septiembre de 1877.

John Couch Adams tuvo honores en Inglaterra. En 1851 fue nombrado Presidente de la *Royal Astronomical Society* y posteriormente en 1862 sucedió a Challis como Director del Observatorio de Cambridge, donde permaneció hasta su muerte en 1892. Su trabajo en mecánica celeste lo hizo ocuparse del movimiento de la Luna donde encontró un error en el trabajo clásico de Laplace acerca de la aceleración secular de la Luna. En 1881 le ofrecieron el puesto de Astrónomo Real pero declinó prefiriendo la vida tranquila de investigación y enseñanza en la Universidad de Cambridge. Después de una larga enfermedad murió en Cambridge el 21 de Enero de 1892.

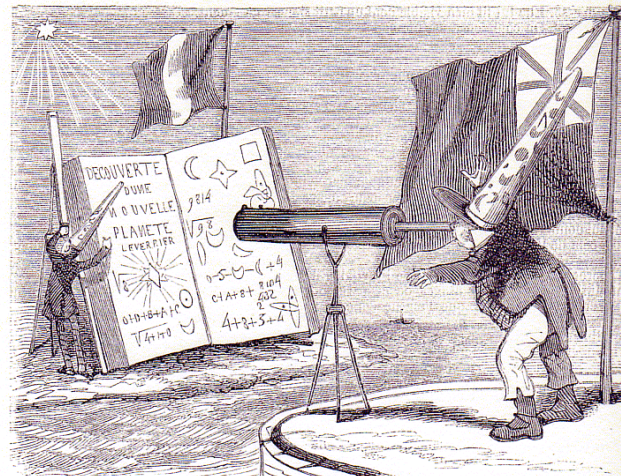
Tanto Adams como Leverrier, en muy distintos estilos, tenían una singular personalidad. Adams era tímido y retraído en cambio Leverrier era colérico y conflictivo. Ambos se enlazan en unos de los nudos de la historia de la ciencia, quizá si el punto culminante del racionalismo, que llevó al hombre a ver, a descubrir, el planeta Neptuno antes con la razón que con el telescopio de Galle.



Two cartoons by Cham of Paris. Le Verrier's triumph in predicting the position of Neptune was galling to British astronomers: Adams had made a similar prediction, but had been thwarted by the slow pace of the search at Cambridge, and by the unavailability there of the latest sky chart. Unsurprisingly, the British suggestion that Adams have a share of the credit was not well received in Paris. In the first cartoon, we see 'M. Adams looking for M. Le Verrier's planet' in quite the wrong direction, and in the second, 'M. Adams discovering the new planet in the account by M. Le Verrier'.



(M. Adams cherchant la planète de M. Leverrier.)



(M. Adams découvrant la nouvelle planète dans le rapport de M. Leverrier.)

**Caricaturas francesas que ridiculizan la pretensión inglesa del co-descubrimiento de Neptuno por Leverrier y Adams.**

### **Bibliografía:**

- Berry, A. "A Short History of Astronomy", Dover, N. York, 1961; pp.320–353.  
 Crowe, M.J. "Modern Theories of the Universe, from Herschel to Hubble",  
 Dover, N. York, 1994.  
 Lodge, Oliver, "Pioneers of Science", Dover, 1960.  
 Papp, D. y Babini, J. "Panorama General de la Historia de la Ciencia", Vol. X;  
 B. Aires, 1958; pp 68–71.  
 "The Cambridge Concise History of Astronomy", M. Hoskin (Ed.), Cambridge  
 University Press, Cambridge, 1999.