

POLARIS

Boletín de la Asociación Costarricense de Astronomía

Número 4 julio - agosto 1989

EDITORIAL

Inscripción de * ACODEA *

*Se inscribió la Asociación Costarricense de Astronomía * ACODEA * ante el Registro Nacional. Los socios fundadores son:*

José Alberto Villalobos M., Roberto Zuñiga G., Gerald Schmitz G., Víctor Fung H., Roberto Alvarado C., William Sánchez Castillo, José Francisco Rivera, Lucía Herrera L., Alberto Enrique Villalobos Ch., Fernando Agüero D., Luis Salas A., Antonio Hernández M., Randall Arburola A., Minor Madrigal A., Rodolfo Jiménez L., Jorge Isidro Leiva G., Juan Carlos Bermúdez B., José Felipe Sapriisa O., Ivonne Marín N., Oscar Sierra Q., Mario Villalobos S., Nara Ruiz V., Teresita Lobo A., Mireya Cantillano V., Yi-Hsuen Wo H.

LA PARADOJA DEL CIELO NOCTURNO

por Víctor Fung Ho.

Existe un simple pero importante experimento que podemos realizar fácilmente, consiste en salir una noche clara, observar el cielo y notar que es oscuro. ¿Por qué es oscuro el cielo nocturno? Generalmente se responde diciendo que "la luz de las estrellas es mucho más débil que la del Sol". Se requirió la genialidad de Johannes Kepler, para comprender que la oscuridad del cielo nocturno tiene un profundo significado cosmológico.

La paradoja de la oscuridad del cielo nocturno, conocida también como la paradoja de Olbers, se plantea de la siguiente manera: Suponga que está de pie en un bosque muy extenso, en cualquier dirección horizontal que mire, su visión siempre estará bloqueada por el tronco de un árbol, cercano o lejano. Similarmente al observar el espacio se mira en un "bosque de estrellas". En un universo infinitamente ex-

tenso, cualquier línea de visión se encontrará con una estrella, lo que significaría que el cielo está cubierto completamente de estrellas, con un brillo similar al del Sol, estaríamos en un infierno de 5000 K., en donde no habría agua, ni tierra, ni vida. Sin embargo, afortunadamente el cielo es oscuro. ¿Cómo se explica entonces esta paradoja?

Todas las soluciones planteadas a lo largo de 350 años fueron esencialmente incorrectas. Kepler adujo en 1610 que el problema se resolvería si el universo no fuera infinito, sino limitado por un borde cósmico. Cheseaux en 1744 y Olbers en 1823 propusieron que el universo estaba lleno de un fluido capaz de absorber la luz, lo cual es imposible, ya que dicho fluido al absorber la radiación se calienta, emitiendo eventualmente tanta radiación como recibe, debido a la conservación de la energía.

Modernamente se propuso que la solución consistía en suponer un modelo del universo "finito, pero sin límites o bordes" (como una esfera, finita pero sin frontera), en el cual el número de estrellas no es infinito, o en un "universo en expansión" con el corrimiento hacia el rojo debilitando el nivel de radiación que se recibe de las estrellas.

La solución aceptada actualmente es la que dio en 1964 el astrónomo estadounidense E.R. Harrison, quien calculó la distancia promedio de visión hasta intersectar una estrella, la cual resulta ser de 10^{23} años luz. Ver una estrella a esa distancia implica que estamos viendo hacia el pasado, hace 10^{23} años. Si en el universo las estrellas distantes, son similares a las cercanas, tanto unas como otras brillan en este momento, lo mismo que nuestro Sol. Entonces, para ver una estrella situada a la distancia media de visión tendría que haber estado brillando desde hace 10^{23} años, pero se sabe actualmente que la vida promedio de las estrellas es de unos 10^{10} años, lo que es diez billones de veces menor que la vida necesaria. Harrison estableció entonces que al ver más allá de 10^{10} años luz, estamos viendo épocas anteriores al

nacimiento de las estrellas. Las que están situadas a distancias mayores que 10^{10} años luz pueden estar brillando ahora, igual que las estrellas cercanas, pero su luz no nos alcanza todavía, lo cual explica la imposibilidad de un cielo brillante.

Un cielo nocturno iluminado sería posible si la distancia de visión promedio se redujera a 10^{10} años luz, o lo que es lo mismo, si el universo fuera al menos 10^{10} veces más denso. Por otra parte, las estrellas más lejanas no pueden haber estado brillando desde hace más de 10^{10} años, porque precisamente esa es la edad del universo.

EL ORIGEN COSMICO DE LOS ELEMENTOS

por Alberto Enrique Villalobos Ch.

Los elementos químicos que conocemos no estuvieron en este Universo siempre, fueron creados paulatinamente a través de una serie de procesos conocidos como nucleosíntesis cósmica.

En la creación cósmica de los elementos se puede reconocer dos épocas principales. La primera marca el final de la Gran Explosión (la titánica explosión que le dio origen al Universo hace unos 15 mil millones de años). La segunda empieza con el nacimiento de las primeras estrellas y continúa hasta nuestros días.

Durante la primera época de creación de elementos el universo estaba formado en una gran medida de fotones, partículas sin masa ni carga que viajan a la velocidad de la luz. De la colisión entre fotones surgieron las primeras partículas que podemos llamar materiales, las que poseen la propiedad de tener masa en reposo. Así la colisión de fotones de alta energía produjo partículas como electrones, protones y neutrones y las antipartículas correspondientes.

El encuentro entre partículas y antipartículas resultó en su aniquilación mutua recuperándose los fotones que les dieron origen. Por un tiempo se mantuvo un equilibrio entre formación y aniquilación de antipartículas, pero al expandirse y enfriarse el universo disminuyó la energía necesaria para que se diera la reconversión de fotones. Este desequilibrio provocó que en un estallido de aniquilación el universo convirtiera casi todos sus protones, neutrones y electrones en luz. Solo una ligera sobreabundancia de partículas, en relación a sus antipartículas permitió a la materia sobrevivir para formar el universo que hoy habitamos.

Estos neutrones, protones y electrones sobrevivientes continuaron interaccionando y transformándose. Así los electrones (negativos), colisionando con protones (positivos), daban como resultado la aparición de neutrones (neutros) y neutrinos (neutros).

Estas reacciones podían darse también a la inversa, o sea que de un choque entre un neutrón y un neutrino se podía formar un protón y un electrón. De igual forma positrones (la antipartícula del electrón) al chocar contra neutrones podían producir protones y antineutrinos.

El hidrógeno, el más simple y liviano elemento, se formó cuando un único protón capturó eléctricamente a un electrón. La unión entre un protón (núcleo de hidrogeno) y un neutrón generó el deuterón (un isótopo del hidrógeno) que se mantiene unido por la fuerza nuclear fuerte. Si dos deuterones chocaban con la energía correcta, se unirían para formar un núcleo de helio.

La producción de elementos más pesados que el hidrógeno y el helio fue difícil bajo las condiciones prevalentes al final de la época de la Gran Explosión, pues entonces la temperatura y la densidad de materia habían disminuido demasiado para que se dieran colisiones múltiples con la suficiente energía y regularidad como para formar núcleos de elementos más pesados.

En este punto, 4 minutos después de la Gran Explosión, la creación de elementos se detuvo. De esta forma, a menos que otro proceso interviniera, el universo estaría condenado a consistir de un 76% de hidrógeno y un 24% de helio. La Tierra y la vida como la conocemos no podrían existir.

Sin embargo la formación de estrellas a partir de las amplias nubes de hidrógeno y helio cambió el panorama. El colapso gravitacional que formó las primeras estrellas (Población III) calentó y concentró el material de las mismas, hasta que al llegar a los 100 millones de kelvin los núcleos de hidrógeno tuvieron la suficiente energía para vencer su mutua repulsión y empezar a interactuar unos con otros para iniciar un proceso de síntesis de elementos conocido como cadena protón-protón.

En este proceso uno de los dos protones involucrados, pierde su carga positiva emitiendo un positrón y convirtiéndose en un neutrón. El positrón generado, rápidamente se aniquila al chocar con su antipartícula, el electrón, emitiendo energía en forma de fotones gamma. El neutrón resultante se combina

con el otro protón para formar el núcleo de deuterio que reacciona posteriormente con otro núcleo de deuterio para formar helio-3. Dos núcleos de helio-3 se fusionan finalmente para generar un núcleo de helio-4, desprendiendo dos protones en el proceso.

La reacción total se puede representar como la fusión de 4 protones para formar un núcleo de helio-4 y la producción de energía en forma de radiación gamma.

Este proceso continua hasta que la estrella consume las reservas de hidrógeno que mantiene en su parte más interna (aproximadamente 2 a 3 millones de años). Lo anterior provoca una disminución de la energía radiante que es la responsable de evitar el colapso gravitatorio por lo que este se reanuda aumentando la presión y temperatura del núcleo estelar hasta que al llegar a los 200 millones de kelvin, el helio-4 empieza a fusionarse con helio-4 para producir berilio-8, en el proceso llamado triple alfa. El berilio-8, que es inestable, tiene el tiempo suficiente para reaccionar con otro núcleo de helio-4 para formar carbono-12, generandose suficiente energía en el proceso como para detener la contracción de la estrella.

Esta reacción continúa mientras haya un suministro apropiado de helio-4, pero al cabo de unos 200 mil a 300 mil años este suministro se agota por lo que el colapso gravitacional se reanuda con el consiguiente aumento de presión y temperatura, que pronto alcanza los 800 millones de kelvin, a la cual el carbono-12 que se ha venido acumulando como cenizas del proceso triple alfa comienza a fusionarse para producir nuevos elementos y energía que evite la contracción estelar.

El carbono-12 reacciona de muy diversas formas, interviniendo en una gran cantidad de procesos. Si dos núcleos de carbono-12 chocan pueden dar origen a un núcleo de neón-20 y un núcleo de helio-4, o a un núcleo de magnesio-24 y radiación, o a un núcleo de sodio-23 y un protón. A su vez el neón-20 recién formado, puede ser roto por choque con radiación, para formar un núcleo de oxígeno-16 y un núcleo de helio-4, o puede chocar con un núcleo de helio-4 para dar origen al magnesio-24 que a su vez da origen al silicio-28 cuando choca con un núcleo de helio-4.

Algunas de estas reacciones producen neutrones, que por ser eléctricamente neutros pueden penetrar con facilidad al núcleo atómico creando nuevos

isótopos que eventualmente decaerán radioactivamente para crear nuevos elementos. En esta forma el silicio-28 puede ser convertido en cloro-35 y el magnesio-26 se convierte en aluminio-27.

Conforme avanzan estas reacciones la densidad y las altas temperaturas propician que se de un nuevo fenómeno, en el cual la gran cantidad de rayos gamma presentes en el corazón de la estrella, interactúan para producir el par positrón-electrón, lo que disminuye la cantidad de radiación necesaria para evitar la contracción estelar, la que se reanuda una vez más marcando el final del periodo de dominio del carbón, que apenas duró unos centenares de años.

Sustituye al carbón, como combustible nuclear, el oxígeno residual formado en las etapas anteriores, fusionandose para producir fósforo, potasio, silicio, azufre, cloro, calcio y titanio, pero solo por un brevísimo periodo que termina con la catastrófica explosión de la estrella, dispersando de esta forma por el Universo los elementos sintetizados en su interior.

De los desechos de la explosión de estrellas de la población III, y del hidrógeno y helio interestelar, se forma una nueva generación de estrellas, la población II, que se encuentran hoy en día como gigantes rojas principalmente en los antiguos cúmulos globulares.

Como marca de su origen, las estrellas de la población II muestran en sus espectros una definida, si bien pequeña, presencia de metales. De igual forma los residuos de la destrucción de estrellas de la población II dan origen a la población I, que incluye a nuestro joven Sol, que muestran en sus espectros una elevada proporción de elementos pesados, decenas o miles de veces superior a sus progenitoras de la población II.

Las estrellas de las poblaciones I y II evolucionan en forma similar pero no idéntica, así las de población II, por contener pequeñas cantidades de elementos pesados tienen la posibilidad de seguir muchos caminos sintéticos, por lo que su vida no termina con la fusión del oxígeno, sino que pueden continuar más allá hasta iniciar una etapa en la que empieza a fusionarse el silicio. Las estrellas de población I, con elevadas cantidades de elementos pesados que posibilitan mucho más caminos sintéticos, siguen un camino diferente a sus progenitoras, generando una gran cantidad de su energía de un proceso catalizado por el carbono, conocido como el ciclo de fusión carbono-nitrógeno-oxígeno (CNO), siendo capaces, si su masa se lo permite, de alcanzar en su interior las temperaturas

necesarias para producir hierro. Sin embargo la creación del hierro marca el final de las mismas pues la posterior fusión del hierro es un proceso que no genera energía, lo que ocasiona que el corazón estelar colapse súbitamente hasta alcanzar densidades del orden de un núcleo atómico, rebotando inmediatamente, hasta chocar con las capas superiores que se colapsaron más lentamente. Este choque destruye a la estrella en un fogonazo de luz que hace que la estrella, por un breve período, brillar como todas las estrellas de la galaxia juntas.

Una supernova se ha formado, pero por un breve instante, ayudada por la explosión se forman nuevos elementos tales como bismuto, oro, plomo, uranio y otros. Aún después de la explosión, la gran cantidad de rayos cósmicos producidos pueden interactuar con carbón, nitrógeno y oxígeno del medio interestelar para producir litio, berilio y boro, tres elementos livianos muy frágiles como para ser sinterizados en el interior de las estrellas.

La cadena de acontecimientos descrita une a cada átomo de nuestro cuerpo con el espacio infinito y le da valdez al decir de Carl Sagan de que el hombre está hecho de polvo de estrellas.

Tomado de "Cosmic origins of the elements", Astronomy, Agosto 1988.

HACE MAS DE VEINTE AÑOS

por Javier Villalobos U.

Se conmemora en julio el veinte aniversario de la llegada de astronautas a la Luna, con la nave Apolo 11, lanzada por la NASA el 16 de julio de 1969 y que realizó la extraordinaria hazaña de



posarse sobre la superficie lunar el día 20 del mismo mes.

Pero la exploración espacial comenzó hace más de veinte años, podría decirse que su etapa decisiva se inició el 4 de octubre de 1957, con el lanzamiento del satélite Sputnik I por la URSS. Solo un mes después, el 3 de noviembre fue lanzado el Sputnik II con el primer ser vivo en el espacio, la perra Laika. El 31 de enero de 1958 se puso en órbita el primer satélite de la NASA, el Explorador 1. El primer hombre en órbita alrededor de la Tierra fue Yuri Gagarin, el 12 de abril de 1961.

La exploración de la Luna se inicia con las naves soviéticas Luna 1 y Luna 2 lanzadas el 2 de enero y el 12 de setiembre de 1959, respectivamente. La primera pasó a 5995 Km de la Luna, no envió fotos pero confirmó la inexistencia de un campo magnético; la segunda llegó a la Luna y se estrelló contra su superficie. Luna 3, lanzado el 4 de octubre del mismo año realizó la primera circunnavegación de nuestro satélite, a una distancia mínima de 6200 Km, tomando las primeras fotografías del misterioso lado lejano de la Luna.

La sonda espacial Ranger 7, lanzada por la NASA el 18 de julio de 1964, se estrelló contra la Luna, 13 días después, pero antes envió 4316 fotografías de la región conocida como Mar de las Nubes.

La nave Luna 9, lanzada el 31 de enero de 1966 realizó el primer alunizaje "suave" en las planicies del Océano de las Tormentas, enviando las primeras fotos desde su superficie y mostró que ésta es capaz de soportar el peso de una nave espacial.

Las naves de los programas Surveyor y Lunar Orbiter, enviadas por NASA entre 1966 y 1968 enviaron miles de fotografías y datos científicos que ayudaron a la selección sitios apropiados para el alunizaje de naves tripuladas. El Orbiter 5 descubrió los llamados "mascons" (concentraciones de masa) que son regiones de densidad mayor que el promedio bajo la corteza lunar.

Las naves soviéticas Zond 5 y 6 fueron alrededor de la Luna y regresaron a la Tierra en setiembre y noviembre de 1968, respectivamente.

Al año siguiente, Armstrong y Aldrin caminan sobre la Luna marcando el inicio de una nueva etapa en la exploración espacial, pero, vale la pena

aclarar que no todo comenzó hace veinte años, quizás comenzó cuando el hombre contemplo el vuelo de las aves durante el día, y el reto del universo durante la noche.

ECLIPSE TOTAL DE LUNA

por José A. Villalobos

El miércoles 16 de agosto podremos observar un magnífico eclipse total de Luna, ya que se dan muy buenas condiciones geométricas. La Luna está en la constelación de Capricornio, en fase llena (a las 9 pm), casi en perigeo (punto más cercano a la Tierra, el 19 de agosto) y muy cerca de la línea de nodos (cruce con la eclíptica, también el 19 de agosto).

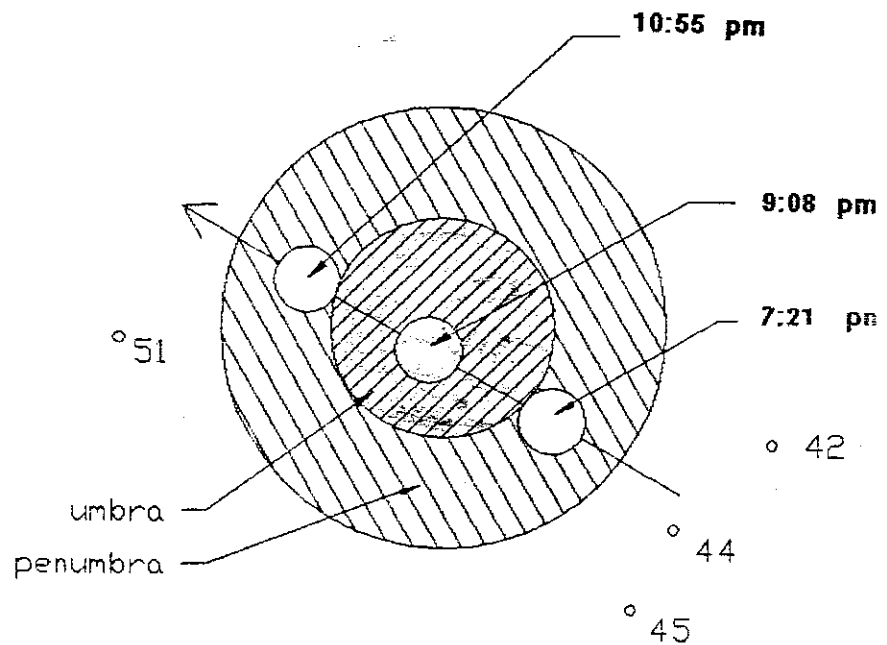
Además la Tierra está cerca del afelio (punto más alejado del Sol, el 4 de julio), todo lo anterior hace que la Luna intersecte apropiadamente la sombra de la Tierra. El diámetro de la Luna se mantendrá en unos 0,54 grados y el radio de la sombra de la Tierra sobre la Luna tendrá 0,74 grados, visto desde la Tierra.

Para ese día la Luna se levanta a las 5:40 pm un poco antes de ocultarse el Sol. Las etapas del eclipse se dan a continuación:

inicio de la fase penumbral.....	6:22 pm
primer contacto con la sombra	7:20 pm
principio del eclipse total	8:19 pm
medio del eclipse	9:08 pm
fin del eclipse total	9:56 pm
último contacto con la sombra	10:55 pm
final de la fase penumbral	11:53 pm

Cuando el eclipse alcance el máximo la luna estará a más de 45 grados de altitud sobre el horizonte, encima de la estrella Fomalhaut, lo cual facilitará la observación. El eclipse es visible en toda América, Europa, África y la Antártida. Desde Costa Rica es posible observarlo en todo el territorio nacional, sólo se requiere un cielo despejado de nubes *si conoce un buen lugar avísenos.*

° 48 Cap



Eclipse total de Luna

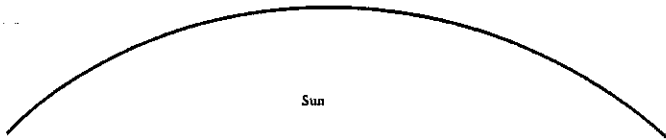
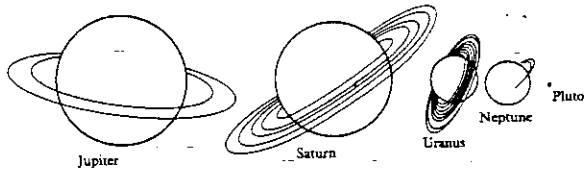
16 de agosto de 1989

Fotografía con cámara en trípode puede intentarse, con película de ASA 100 o 400 y tiempos alrededor de 1 segundo, dependiendo de la luminosidad de la Luna, la cual es menor durante la totalidad. Una sobreexposición de la Luna permitirá registrar en la foto algunas de las estrellas de fondo.

AL ENCUENTRO CON NEPTUNO

por José Alberto Villalobos M.

El Voyager 2, lanzado el 20 de agosto de 1977 pasará cerca del lejano Neptuno el 24 de agosto de este año, a las 10 p.m hora local, marcando la primera vez que una nave terrestre visite este planeta. El Voyager tuvo su encuentro con Júpiter el 9 de julio de 1979, con Saturno el 25 de agosto de 1981 y con Urano el 2 de enero de 1986. El Voyager 2 pasará a 27 Km/s y a 4400 Km de altitud sobre la capa de nubes cercanas al



polo norte. En su viaje hacia el Sur, para salirse del plano de la eclíptica, pasará a unos 40 000 Km de Tritón, sólo cinco horas después.

¿Qué sabemos de Neptuno?

Neptuno, es el cuarto planeta más grande del sistema solar, fue descubierto el 23 de setiembre de 1846 por J. Gale y H. d'Arrest del observatorio de Berlín, usando cálculos que predecían su existencia y localización realizados por U. Leverrier.

Distante 30 u.a (4500 millones de Km) del Sol, entre 1979 y 1998 su órbita será exterior a la de Plutón, recibe novecientas veces menos luz que la Tierra y la mitad que Urano, pero su temperatura es semejante a la de éste (60 K). Neptuno tiene un período orbital de 165 años y rota sobre sí mismo en unas 17 a 18 horas. Tiene un radio de 24760 Km, ligeramente menor que el de Urano, pero casi cuatro veces el de la Tierra y su masa es 17,2 veces la de nuestro planeta. Se considera que su centro está constituido por hielo y rocas, cubiertas por un "océano" de helio e hidrógeno iónicos y una atmósfera compuesta por moléculas de estos elementos y metano.

Su eje de rotación está inclinado 30 grados respecto al plano de la órbita, lo que permite que se den estaciones, como en la Tierra, pero con una duración de 40 años. El efecto de las estaciones posiblemente evapora y condensa nitrógeno, metano y argón, produciendo variaciones en las capas polares, como en Marte y la Tierra.

Se espera que el Voyager 2 confirme la existencia de un campo magnético, como lo tienen Mercurio, La Tierra, Júpiter, Saturno y Urano.

Si Neptuno tiene anillos ténues como los de Júpiter y Urano, no pueden observarse desde la Tierra. La técnica de ocultación de estrellas a

producido resultados que permiten suponer la existencia de anillos parciales o arcos muy angostos cerca del plano ecuatorial y a una distancia de tres radios planetarios. La existencia de estos anillos será uno de los descubrimientos más interesantes del acercamiento, pero también uno de los factores que podría poner en peligro la misión.

Neptuno tiene al menos dos lunas, Tritón y Nereida. La órbita de la primera es retrógrada y está inclinada 159 grados respecto al ecuador de Neptuno, con un período de precesión de 650 años. Nereida tiene la órbita más elongada de todos las lunas en el sistema solar, con una inclinación de 28 grados.

Tritón, descubierta por W. Lassell el 10 de octubre de 1846 tiene un diámetro de unos 3600 Km y una masa de 1/750 la masa de Neptuno, es como del tamaño de nuestra luna, poco más grande que Plutón. Su período orbital es de 5,88 días (retrógrado) y es igual al período de rotación, por lo que mantiene la misma cara hacia Neptuno, lo mismo que nuestra luna, respecto a la Tierra. Su superficie es de hielo o metano congelado con una temperatura entre 52 y 63 K, con posibles lagos de nitrógeno líquido y una atmósfera de metano y nitrógeno que le da su color rojizo. Su magnitud visual en oposición es 13,6, con una fluctuación de un 6% debida a la distribución no homogénea de estructuras brillantes y oscuras en su superficie. Se espera que las cámaras del Voyager 2 produzcan imágenes de Tritón que muestren detalles mayores que 1 Km, lo que permitirá determinar su radio, la localización y el tamaño del hielo en su superficie y la bruma, parámetros importantes para modelar su atmósfera.

Nereida fue descubierta en 1949 por G. Kuiper, su incierto diámetro se estima entre 290 y 1060 Km, tiene un período orbital de 360 días durante los cuales su distancia a Neptuno varía entre 1,38 y 9,64 millones de Km.

