



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE CIENCIAS

"Carga eléctrica del polvo eyectado de lo"

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
F I S I C O
P R E S E N T A:

JULIO ROJAS ALVAREZ



FACULTAD DE CIENCIAS
UNAM

DIRECCION DE ESTUDIOS PROFESIONALES
DIRECTOR DE TESIS:
DRA. MARIA DOLORES MARAVILLA MEZA

FACULTAD DE CIENCIAS
SECCION ESCOLAR
2004



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ESTA TESIS NO SALE
DE LA BIBLIOTECA



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el contenido de mi trabajo recepcional.
 NOMBRE: Rojas Alvarez
 FECHA: 12 Mayo 2004
 FIRMA: [Signature]

ACT. MAURICIO AGUILAR GONZÁLEZ
Jefe de la División de Estudios Profesionales de la
Facultad de Ciencias
Presente

Comunicamos a usted que hemos revisado el trabajo escrito:
 "Carga eléctrica del polvo eyectado de Io"

realizado por Julio Rojas Alvarez

con número de cuenta 8609739-2 , quien cubrió los créditos de la carrera de: Física

Dicho trabajo cuenta con nuestro voto aprobatorio.

Atentamente

Director de Tesis :
 Propietario Dra. María Dolores Maravilla Meza
 Propietario Dr. Jesús Galindo Trejo
 Propietario M. en C. Patricia Raquel Avilés Mandujano
 Suplente Dra. Blanca Emma Mendoza Ortega
 Suplente M. en C. Julieta Norma Fierro Gossman

Maravilla Meza A.
Jesús Galindo Trejo
Patricia A/M.
B. Mendoza
Julieta Norma Fierro Gossman

Consejo Departamental de Física



[Signature]
 NDA DATUM DE COLBETEM MEMAPUCENTIS

INDICE

INTRODUCCIÓN

CAPITULO 1. FORMACIÓN DEL SISTEMA SOLAR

1.1 Introducción

1.2 Primeros modelos sobre el origen y la formación del Sistema Solar

1.3 Modelo actual sobre la formación del Sistema Solar

1.3.1 Zona 1, Los Planetas Terrestres

1.3.1.1 El Cinturón de Asteroides

1.3.2 Zona 2, Los Planetas Gigantes

1.3.3 Satélites

1.3.4 Zona 3, Cometas y Nube de Oort

CAPITULO 2. JÚPITER

2.1 Introducción

2.2 Estructura Interna

2.2.1 Introducción

2.2.2 Modelos del Interior

2.3 Atmósfera

2.3.1 Introducción

2.3.2 Estratificación

2.3.3 Características Nubosas y Gran Mancha Roja

2.3.4 Composición química

2.4 Magnetosfera

2.4.1 Introducción

2.4.2 Formación y dinámica de la Magnetosfera

2.4.3 Magnetosfera Joviana

2.4.3.1 Magnetosfera Interior

2.4.3.2 Magnetosfera Media

2.4.3.3 Magnetosfera Exterior

2.4.4 Toro de Plasma de lo

2.4.4.1 Introducción

2.4.4.2 Toro de plasma

2.4.4.3 Tubo de flujo

CAPITULO 3. SATÉLITES

3.1 Introducción

3.2 Sistema joviano

3.3 Calixto

3.4 Ganímedes

3.5 Europa

3.5.1 Océano subterráneo

3.6 Io

3.6.1 Plumas volcánicas

3.7 Satélites no galileanos

CAPITULO 4. ANILLOS Y POLVO JOVIANO

4.1 Marco histórico

4.2 Modelos de origen y formación de los anillos planetarios

4.2.1 Dinámica de los anillos planetarios

4.3 Anillos de Júpiter

4.4 Polvo interplanetario

4.5 Polvo joviano

4.6 Relación Radio-Carga Eléctrica de las partículas de polvo provenientes de los volcanes de Io.

4.6.1 Análisis de datos y Resultados

CONCLUSIONES

APÉNDICE A. DATOS REGISTRADOS POR LA SONDA ESPACIAL ULISES REFERENTE A LAS PARTÍCULAS DE POLVO DE LOS HACES DE PARTÍCULAS PROVENIENTES DE LOS VOLCANES DE IO.

REFERENCIAS

INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se hace un cálculo de la carga eléctrica adquirida por las partículas de polvo provenientes de los volcanes de Io. Para esto, en el primer capítulo se hace una revisión general acerca de los modelos de la formación del Sistema Solar. Para posteriormente, en el segundo, hablar de Júpiter, su estructura interna, su atmósfera, su magnetosfera, su sistema de satélites (en el tercer capítulo) y llegar hasta el cuarto capítulo, donde se establece la teoría concerniente a los anillos y polvo jovianos. Es en esta última parte, donde se hace el cálculo mencionado, basándonos para esto, en el modelo de Horanyi et al (1993) y utilizando los datos registrados por la sonda Ulises de 1990 a 1999. De manera general podemos decir que Júpiter es el primer planeta del Sistema Solar Exterior, posee la magnetosfera más extensa de los cuerpos planetarios así como el campo magnético más intenso de todos los cuerpos que forman el Sistema Solar, incluyendo al Sol.

Este planeta también tiene un conjunto de satélites cuatro de los cuales son los famosos satélites galileanos: Io, Europa, Ganímedes y Calisto descubiertos por Galileo. Así mismo el planeta posee un anillo brillante, un halo de partículas de polvo y dos anillos tenues, que de acuerdo con las observaciones de la sonda Galileo, son de formación reciente.

En cuanto a los sistemas de anillos, ya se conocían desde la antigüedad, los anillos de Saturno y desde el siglo pasado, los anillos de Urano aunque no fue hasta el paso de las sondas Pionero que se descubrieron anillos de polvo alrededor de Júpiter, Saturno y Neptuno.

Aun cuando los cuatro sistemas de anillos son enormes laboratorios donde estudiar una gran variedad de fenómenos físicos, los anillos de Júpiter han sido los más estudiados tanto desde el punto de vista gravito-electrodinámico como a través de la Teoría Cinética porque se cree que son anillos de formación reciente, principalmente los llamados anillos tenues y porque de la magnetosfera joviana son eyectados haces de partículas de polvo cargadas eléctricamente que se internan en el medio interplanetario. Estos haces, de hecho, fueron detectados por la sonda Ulises en la década pasada y observados también por la sonda Galileo, varios años después.

Este descubrimiento motivó a los científicos a buscar la fuente del polvo que origina los haces así como la fuente y el mecanismo que forma los anillos tenues.

En cuanto a los anillos tenues, actualmente se cree que el origen está en los impactos que se producen entre las superficies de los satélites pequeños y los micrometeoritos que provienen del medio interplanetario y que ingresan en la magnetosfera de Júpiter a velocidades altas. Como parte de la colisión se generan grandes cantidades de polvo que son inyectadas en el medio magnetosférico y que una vez ahí se cargan eléctricamente. Parte de ese polvo es atrapado por el campo planetario y redistribuido alrededor de Júpiter formando dos estructuras anulares concéntricas. Cabe mencionar aquí, que la teoría que dice que estos anillos son de formación reciente está apoyada en el hecho de que sólo existía un

anillo tenue hasta el paso de las sondas Viajero, y dos anillos, cuando pasó la sonda Ulises por Júpiter.

En cuanto al origen de los haces de partículas, éste se ha asociado a la actividad volcánica del satélite Io, que por otro lado, se le considera como el cuerpo geológicamente más activo del Sistema Solar ya que su cercanía a Júpiter genera intensa fuerza de marea que conducen a la intensa actividad volcánica observada sobre la superficie del satélite. La actividad volcánica produce grandes cantidades de polvo que son lanzadas al medio magnetosférico. Una vez que el polvo está en la magnetosfera interacciona con el plasma ambiente adquiriendo su carga eléctrica y llegando a comportarse tal y como lo hacen los iones y los electrones en un plasma.

La magnitud de la carga eléctrica que adquieren las partículas de polvo que forman tanto los haces como los anillos ha sido muy difícil medirla en el sentido de que no se sabe con precisión cuál es la composición química del material aun cuando se ha propuesto su origen y por otro lado, también se desconoce cuál es o cuáles son los mecanismos de adquisición de carga eléctrica por el polvo inmerso en una magnetosfera planetaria.

Utilizando el modelo de M. Horanyi en este trabajo se calcula la magnitud de la carga eléctrica por una partícula de polvo con simetría esférica suponiendo que la carga depende básicamente del radio, así como del potencial asociado al medio ambiente. Los valores utilizados para el radio de las partículas de polvo provienen de los datos obtenidos por la sonda Ulises entre 1990 y 1999.

Este problema se resuelve únicamente para los haces de partículas de polvo que salen de la magnetosfera joviana y para ello se suponen tres posibles composiciones químicas: Azufre, Monóxido de Azufre y Dióxido de Azufre y dos valores para el potencial eléctrico: 3 y 10 volts. Se usa el primer valor porque fue medido por la sonda espacial en las inmediaciones jovianas y el segundo, es un valor obtenido teóricamente.

CAPITULO 1. FORMACIÓN DEL SISTEMA SOLAR

1.1 INTRODUCCIÓN

A pesar de sus diferencias, los miembros del Sistema Solar forman una familia común; y lo más seguro es que se hayan formado al mismo tiempo. Las características comunes de los planetas que sustentan la afirmación anterior y que deben ser tomadas en cuenta para la elaboración de toda teoría que pretenda explicar el origen y la formación del Sistema Solar son las siguientes (Kepler 1986, Baugher 1988):

- Las órbitas de los planetas están en un mismo plano y son casi circulares.
- Este plano coincide con el plano ecuatorial del Sol.
- La rotación del Sol y la mayoría de los planetas (excepto Venus, Urano y Plutón) es en sentido oeste-este. A este movimiento se le llama directo o prógrado.
- El momento angular de los planetas es mayor que el del Sol.
- La densidad de los planetas disminuye desde el interior hacia el exterior. Situación que también se observa en los sistemas de satélites de los planetas gigantes del Sistema Solar Exterior.
- Las distancias orbitales de los planetas cumplen la regla de Titius-Bode.

Con respecto a este último punto, recordemos lo que dice la Ley de Titius-Bode: Fue descubierta por el matemático alemán Johann Titius en 1766 y publicada por el astrónomo alemán Johann Bode en 1772. Establece una relación entre una serie numérica y las distancias orbitales de los planetas, y se puede plantear como sigue: Sean los dos primeros elementos de esta serie el cero y el tres, después, cada término va a ser el doble del anterior: 0, 3, 6, 12, 24, ... A estas cantidades se les suma un 4 y el resultado se divide entre 10. También puede describirse con la relación:

$$a = 0.4 + (0.3)2^n$$

obteniendo de esta manera:

Tabla 1.1 Ley de Titius-Bode

Planeta	n	Ley de Titius-Bode	Semieje Mayor (UA)
Mercurio	—	0.40	0.39
Venus	0	0.70	0.72
Tierra	1	1.00	1.00
Marte	2	1.60	1.52
Asteroides	3	2.80	2.8
Júpiter	4	5.20	5.20
Saturno	5	10.0	9.54
Urano	6	19.6	19.2
Neptuno	—	—	30.1
Plutón	7	38.8	39.4

(UA: Unidad Astronómica, distancia promedio Sol- Tierra= 1.5×10^{13} cm)

(Kepler, 1986)

En el momento del descubrimiento de la ley solo se conocían seis planetas, incluida la Tierra, y los números se ajustaban a los hechos observados. Un séptimo planeta, Urano, se descubrió en 1781, y encajaba en la secuencia. En 1801 se descubrió Ceres, el primero de los asteroides, y se acoplaba en la quinta posición de la secuencia. Sin embargo, las posiciones de los planetas descubiertos más recientemente, Neptuno (1846) y Plutón (1930), se desvían mucho de las pronosticadas por la ley. Y como esta no tiene una base teórica, en la actualidad se cree que esta relación es solo una coincidencia matemática.

1.2 PRIMEROS MODELOS SOBRE EL ORIGEN Y LA FORMACIÓN DEL SISTEMA SOLAR

El primer modelo sobre la formación del Sistema Solar se construyó durante los siglos XVII y XVIII y en él tomaron parte algunos de los pensadores más renombrados de aquellas épocas. Uno de ellos, Rene Descartes (1644), propuso que el Sol y los planetas son el resultado de la condensación de vórtices desarrollados durante la contracción de una gran nebulosa de gas y materia. Posteriormente, el filósofo alemán Emmanuel Kant (1755) retomó esta descripción e incorporó la observación de que dicha nebulosa estuvo muy caliente durante el proceso de condensación. Varios años después, el científico francés Pierre Simón Laplace (1796) añadió a esta teoría que la nebulosa primitiva tuvo un movimiento de rotación previo a la contracción.

Según esta teoría, construida por los científicos arriba mencionados y llamada Teoría Nebular de la Formación del Sistema Solar, la nebulosa empezó a contraerse bajo la influencia de su propia gravedad y tomó la forma de un disco plano que fue haciéndose cada vez más pequeño. Durante este proceso, incrementó su velocidad de rotación, llegando a girar tan rápido que se volvió mecánicamente inestable, a tal grado que el disco se escisionó concéntricamente en una serie de anillos, en los cuales, eventualmente el gas y la materia se condensaron para formar los planetas (Fig. 1.1).

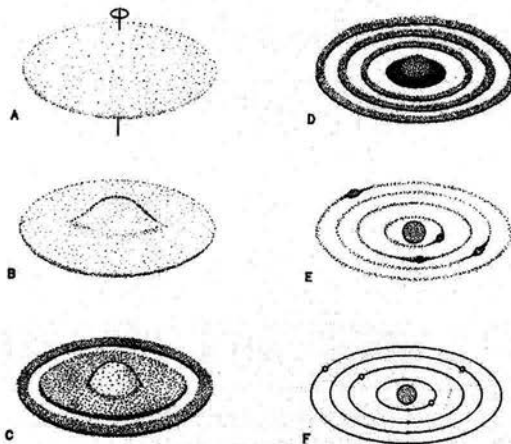


Fig. 1.1 Hipótesis nebular sobre el origen del Sistema Solar (la secuencia alfabética indica la secuencia de formación del Sistema Solar).

Un punto que no quedó claro con esta formulación, fue el hecho de que el Sol tiene el 99.9% de la masa del Sistema Solar y solo el 2 % del momento angular del mismo. Ya que según esta teoría, al acumularse la masa en el centro de la nebulosa, ésta debería rotar más rápido de lo que se observa.

Después de este modelo nebular, llegarían las teorías llamadas catastróficas, pues en su descripción involucran hipótesis de colisiones y arrastres gravitacionales muy fuertes. Un modelo de formación de este tipo lo planteó el científico francés George Louis Leclerc, conde de Bufón (1745), quien sugirió que alguna clase de gran cuerpo, tal vez un cometa, colisionó con el Sol, provocando erupciones masivas de gas y materia de su superficie, los cuales quedaron en órbita alrededor de la estrella, para después enfriarse y condensarse en forma de planetas. Esta propuesta no atrajo mucho la atención de los científicos cuando fue presentada. Sin embargo, Bickerton (1880) apoyándose en esta idea, estableció su modelo de formación planetaria, en el cual sugirió que al inicio de su vida, el Sol experimentó un notable acercamiento con una estrella, de tal manera que por la fuerza enorme de atracción gravitacional hubo desprendimiento de gas y materia de ambas estrellas, que con el tiempo se agrupó en pequeños glóbulos, los cuales se enfriaron y condensaron en forma de planetas (Fig. 1.2).

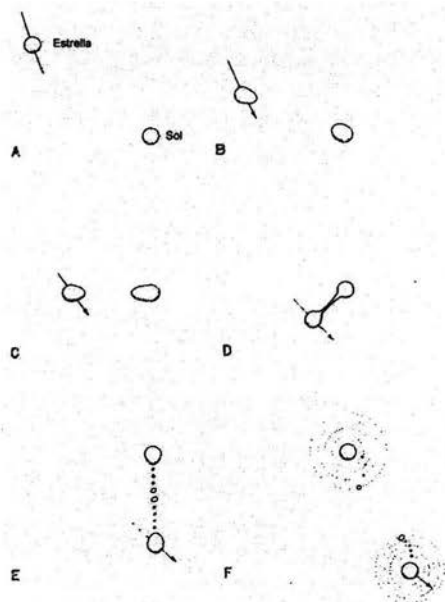


Fig. 1.2 Hipótesis catastrófica sobre el origen del Sistema Solar (la secuencia alfabética indica la secuencia de formación del Sistema Solar).

En estos modelos catastróficos vuelve a encontrarse el problema del momento angular, ya que los planetas formados de esta manera, no pueden rotar más rápido que el Sol. Además, es más probable que cualquier masa en forma de gas y materia eyectada de algún cuerpo por medio de alguna colisión o atracción gravitacional se reincorpore al cuerpo o se disperse al espacio en forma de pequeños objetos, pero no se agrupe para formar cuerpos mayores.

Sin embargo, antes de que la teoría catastrófica fuera desechada, surgieron muchos adeptos e ideas en torno a ella. El astrónomo americano Henry Norris Russell (1935) sugirió que el Sol fue originalmente parte de un sistema binario, en el cual su compañera se destruyó por una colisión con otra estrella. Y los fragmentos resultantes que no se dispersaron inmediatamente, se coligaron para formar los planetas. A este respecto, Raymond Lyttleton propuso que el Sol era parte de un sistema estelar triple, en el cual las otras dos estrellas colisionaron entre sí, dando lugar, con los fragmentos resultantes, a los planetas. Posteriormente el astrónomo inglés Sir Fred Hayle (1945) fue más allá, sugiriendo que el Sol originalmente tenía un compañero masivo el cual explotó como supernova, y los fragmentos de esta explosión, los cuales contenían una alta concentración de elementos pesados, se unieron para formar los planetas.

1.3 MODELO ACTUAL SOBRE LA FORMACIÓN DEL SISTEMA SOLAR

Después de la 2ª guerra mundial, Weizsacker, Kuiper y Alfvén (1950) retoman el modelo nebular como la mejor explicación sobre el origen del Sistema Solar. En esta Moderna Versión de la Teoría Nebular de la Formación del Sistema Solar, proponen que éste se originó en una gran nebulosa interestelar que existió en el espacio cercano a lo que ahora es nuestro Sistema Solar hace unos 5×10^9 años aproximadamente. Esta nube estaba compuesta básicamente de Hidrógeno y Helio, pero también contenía gases como amoníaco, metano y vapor de agua, además de granos de polvo de silicatos, metales y otros elementos pesados.

Los movimientos de estrellas cercanas y las explosiones de supernovas, ubicadas también en los alrededores, produjeron vórtices turbulentos dentro de la gran nube, fragmentándola en pequeños cúmulos, cada uno del orden de 500 a 5000 masas solares y con la densidad suficiente para empezar a contraerse bajo su propia gravedad. Nuevamente, el efecto de contracción generó que dentro de cada cúmulo se desarrollaran a su vez vórtices turbulentos que provocaron una fragmentación de los mismos en cientos de pedazos, cada uno de ellos con rotación propia y que eventualmente formó una estrella. Uno de estos cúmulos nebulares formó el Sol y los planetas.

La temperatura del disco nebular que dio origen al Sistema Solar era muy elevada en el centro, disminuyendo gradualmente hacia los límites exteriores. Esto, debido a la densidad elevada en la zona central, la cual también disminuía hacia las orillas (Wood, 1999).

Con respecto a este gradiente de temperatura existente a lo largo de la nebulosa, el cual tuvo mucho que ver en la formación de los objetos del Sistema Solar, se han definido radialmente tres zonas. La más interior estuvo lo suficientemente caliente para que el agua y otras sustancias no se condensaran como hielo. Los objetos formados consistían en silicatos y otros materiales refractarios y dieron

lugar a los llamados Planetas Terrestres. La siguiente zona, fue lo suficientemente fría, de tal forma que el agua en estado sólido fuera estable y los elementos gaseosos no se evaporaran para así dar lugar a los Planetas Gigantes. En la zona más extensa y más fría, la materia condensada solo fue hielo, pero estaba demasiado separada. En lugar de planetas grandes, los cuerpos permanecieron dispersos y formaron el Cinturón de Kuiper, que alberga a pequeños objetos de hielo (Wood 1999, Jones 1999). Es así que la evolución geológica en los planetas se dió de manera diferente de zona en zona.

1.3.1 ZONA 1, LOS PLANETAS TERRESTRES

Los planetas terrestres se formaron básicamente por aglutinación constante de materia que empezó con los granos de polvo refractario interestelar inmersos dentro de la nebulosa. Estos granos al chocar unos con otros, se iban aglutinando hasta formar trozos más grandes, los que a su vez chocaron y se aglomeraron hasta formar los planetas que hoy conocemos: Mercurio, Venus, Tierra y Marte (Smoluchowski, 1982). En estos casos, algunos gases de la nebulosa primigenia quedaron capturados por atracción gravitacional en torno a estos planetas, formando, de esta manera, las atmósferas de los mismos (la de Mercurio se ha perdido totalmente debido a su cercanía al Sol).

Como se ha mencionado la temperatura imperante en esta región permitió la existencia de algunos elementos en sus tres estados de agregación, como es el caso de agua, que en la Tierra –y al parecer también ocurrió en Marte- que en su estado líquido formó grandes océanos, en su estado sólido formó glaciares y en su estado gaseoso se ubica en la atmósfera. Es importante mencionar que también en el caso de la Tierra, esta temperatura fue un factor importante en el desarrollo de la vida.

1.3.1.1 EL CINTURÓN DE ASTEROIDES

El límite entre las zonas 1 y 2 es el cinturón de asteroides. No se encuentra en él un cuerpo lo suficientemente grande como para ser considerado planeta. Sin embargo, se piensa que estos asteroides o son los restos de un planeta que fue destruido en el pasado o son restos que nunca se aglutinaron para formar un cuerpo más grande. Lo que si es cierto es que la ubicación de los asteroides cumple con la Ley de Titius-Bode.

La hipótesis principal es que el causante de esta estructura haya sido el enorme campo gravitacional de Júpiter, que al ir aumentando en tamaño, destruyó algún posible cuerpo más grande que se haya formado o nunca permitió la aglomeración de estos objetos para la formación de un posible planeta (Hartmann, 1993).

1.3.2 ZONA 2, LOS PLANETAS GIGANTES

Debido a que en las regiones exteriores del Sistema Solar la concentración de materia era menor, los núcleos de los actuales Planetas Gigantes (que en los inicios del Sistema solar debieron ser también planetesimales, al igual que los Planetas Terrestres) quedaron formados con proporción muy baja de materiales

rocosos y metales (Beatty, Chaikin, 1994). Además de que en esas regiones la temperatura era lo suficientemente baja como para que los elementos gaseosos permanecieran en ese estado e incluso algunos de ellos se solidificaron (como es el caso del Metano y el Amoniaco).

Estas condiciones llevaron a que una vez que se formaron planetesimales en el Sistema Solar Exterior con los materiales sólidos presentes en la región, la fuerza gravitacional capturó grandes cantidades de gas nebular (principalmente Hidrógeno y Helio) el cual, a diferencia de los Planetas Terrestres, no se evaporó como consecuencia de efectos térmicos. De tal manera que al ir aumentando de tamaño, su fuerza gravitacional también creció y por consiguiente fueron capturando más y más gases, llegando al tamaño que tienen en la actualidad, e incluso capturaron (y se formaron en torno a ellos) otros planetesimales, los que en la actualidad conocemos como satélites (Hartmann, 1993). Antes de continuar con la zona 3, hablaremos de los satélites.

1.3.3 SATÉLITES

La formación de los sistemas de satélites regulares y anillos en los planetas gigantes fue un proceso en miniatura de la formación del Sistema Solar, no así en el caso de los satélites irregulares, los cuales se piensa que fueron capturados por la atracción gravitacional de los planetas. De este último tipo son las lunas Fobos y Deimos de Marte. Sin embargo, la historia de nuestra luna es diferente. Se cree que nuestro planeta había crecido hasta su actual tamaño y fue golpeado por un cuerpo relativamente grande a una velocidad alta. La energía del impacto calentó la tierra y al propio objeto de choque hasta una temperatura de tal forma que se separó una porción de roca y vapor. Una parte de esta masa separada cayó nuevamente sobre la tierra y la otra parte escapó al espacio interestelar, solo que quedó dentro de un disco incandescente orbitando la tierra, las inestabilidades gravitacionales deben haber atraído un número abundante de material adicional y después de un periodo de tiempo prolongado alcanzó su actual tamaño y aspecto (Wood, 1999).

Es importante mencionar también que en la rotación y traslación de los planetas, sus satélites e incluso del Sol se conservó el movimiento original de la Nebulosa Primigenia. A este sentido de rotación y traslación se le llama prógrado o directo. Sin embargo, observamos en la actualidad que en algunos casos no es así: Venus tiene rotación retrógrada, lo mismo que algunas lunas de Júpiter y Saturno, y Urano tiene su eje de rotación casi perpendicular al plano de la eclíptica, por mencionar solo algunos. Estos casos nos llevan a plantear la hipótesis de que durante ese proceso de formación planetaria, estos cuerpos sufrieron colisiones significativas con otros de tamaño considerable, suficiente como para crear ese tipo de inestabilidades en su movimiento (Jones, 1999).

1.3.4 ZONA 3. COMETAS Y NUBE DE OORT

La clásica respuesta a la pregunta sobre dónde termina nuestro sistema solar, marca la órbita de Plutón como este límite final, a una distancia promedio de 40

unidades astronómicas. Sin embargo, se sabe que realmente se extiende a distancias mucho mayores.

A mediados del siglo XX, Edgeworth y Kuiper (1956), de forma independiente, predijeron que debería haber un cinturón de materia más allá de la órbita de Plutón, el cual incluso podría ser remanente del material que en su momento contribuyó a la formación de Urano y Neptuno. En la actualidad se sabe que en esa región hay aproximadamente 200 millones de objetos. De hecho, se cree que Plutón y su luna Caronte forman parte de lo que ahora se conoce como Cinturón de Kuiper. La presencia de esta materia sólida extendiéndose más allá de la órbita de Plutón va de acuerdo con observaciones de discos extensos de materia encontrados en estrellas jóvenes del tipo de nuestro sol.

Estudiando y analizando esta región, es posible entender a otros miembros de la familia del Sistema Solar, los cuales son los cometas, que se caracterizan por su periodo orbital. Los cometas de periodo corto son muy parecidos a los cuerpos del Cinturón de Kuiper y se cree que fueron perturbados de su órbita original y llevados al interior del Sistema Solar por interacciones mutuas o por objetos -aún no descubiertos- del tamaño de Plutón. De los cometas de periodo largo se cree que su origen es diferente. Algunos de ellos provienen de una zona más lejana que el Cinturón de Kuiper - pero aún considerada como parte del sistema Solar- llamada Nube de Oort. Esta región es posible que también haya quedado como remanente de material de la nebulosa primigenia. Atrapada gravitacionalmente al Sol, pero muy alejada y de la cual obtenemos información a partir de los cometas de periodo orbital largo que de allá provienen.

De esta manera es posible entender las distintas características de los planetas de nuestro Sistema Solar (Tabla 1.2): Los planetas del Sistema Solar Interior, los cuales son básicamente rocosos, de núcleo metálico, y dos de ellos, Tierra y Venus, con densas atmósferas, y Marte con una muy tenue. Y en el Sistema Solar Exterior, por un lado los gigantes gaseosos, con núcleo metálico diminuto, anillos y un sistema numeroso de satélites. Y los planetas congelados, Neptuno y Plutón. De todos estos, es el planeta gigante Júpiter el que tratamos a continuación.

Tabla 1.2 Características de los planetas del Sistema Solar.

	Mercurio	Venus	Tierra	Marte	Júpiter	Saturno	Urano	Neptuno	Plutón
Masa (Tierra = 1)	0.0558	0.8150	1.000	0.1074	317.893	95.147	14.54	17.23	0.00022
Masa (Kg)	3.302×10^{23}	4.871×10^{24}	5.975×10^{24}	6.421×10^{23}	1.9×10^{27}	5.688×10^{26}	8.70×10^{25}	1.03×10^{26}	1.31×10^{22}
Radio Ecuatorial (Tierra = 1)	0.382	0.949	1.000	0.532	11.27	9.44	4.10	3.88	0.24
Radio Ecuatorial (Km)	2,439	6,052	6,378	3,398	71,398	60,330	25,400	24,300	1,500
Densidad (g/cm ³)	5.42	5.25	5.52	394	1.314	0.69	1.19	1.66	0.9
Gravedad Ecuatorial (m/s ²)	3.78	8.60	9.78	3.72	22.88	9.05	7.77	11.00	0.4
Velocidad de Escape (km/s)	4.3	10.3	11.2	5.0	59.5	35.6	21.22	23.6	1.1
Periodo de rotación (días terrestres)	58.65	-243	1	1.026	0.414	0.444	0.718	0.671	6.387
Inclinación del eje de Rotación	0°	2°	23.44°	23.98°	3.08°	29°	97.92°	28.8°	—

(Beatty, Chaikin, 1994)

CAPÍTULO 2. JÚPITER

2.1 INTRODUCCIÓN

Júpiter es el planeta más grande del Sistema Solar. Es 1,400 veces más voluminoso que la Tierra y casi 318 veces más masivo que nuestro planeta. Ubicándose a una distancia orbital media de 778×10^6 Km, es el quinto planeta desde el Sol. Y tiene un periodo de traslación aproximado de 11.9 años (Tabla 2.1.1).

Su periodo medio de rotación es de 9.9 hrs. (en las nubes tope del ecuador). Este movimiento de rotación produce un engrosamiento ecuatorial que se aprecia cuando se observa al planeta a través de un telescopio. La desproporción radial generada por este fenómeno es de 1/16: 67,232 Km en los polos, frente a 71,714 Km en el ecuador.

Además presenta una atmósfera compleja de franjas oscuras (cinturones), franjas claras (zonas) y manchas de distintas formas, tamaños y colores, distinguiéndose entre todas estas, la Gran Mancha Roja.

La densidad media de Júpiter es aproximadamente una cuarta parte la de la Tierra, lo que indica que este planeta gigante debe estar compuesto de gases, básicamente Hidrógeno y Helio, más que de metales y rocas como el nuestro.

Tabla 2.1.1 Características de Júpiter

Distancia Media al Sol	778.3×10^6 Km (5.203 UA)
Periodo de Traslación	11.86 años
Velocidad Orbital Media	13.03 km/s
Excentricidad	0.048
Inclinación respecto a la eclíptica	1.3°
Periodo de Rotación	9h 50'30''
Inclinación del eje respecto al plano de la órbita	$3^\circ 5'$
Radio en el Ecuador	71,714 Km
Achatamiento	0.06
Masa	1.9×10^{27} Kg
Densidad Media	1.33 g/cm^3
Albedo	0.52
Aceleración Gravitacional en el Ecuador	22.8 m/s^2
Velocidad de Escape en el Ecuador	59.6 km/s
Componentes Principales	H ₂ , He
Presión en la Superficie	>>100 bares
Temperatura Media en las Nubes Tope	-121 C

(Beatty, Chaikin, 1994)

Júpiter posee la magnetosfera planetaria más extensa, porque la intensidad de su campo magnético es diez veces más grande que el de la Tierra (a nivel del ecuador). Orbitan en torno a él: Un sistema de anillos y –hasta el momento descubiertos- 39 satélites, cuatro de los cuales fueron vistos por primera vez por Galileo Galilei en 1610 y desde entonces han sido llamados satélites galileanos.

Este planeta ha sido objeto de exploración directa de cinco proyectos espaciales: Pionero 10, Pionero 11, Viajero 1, Viajero 2, Galileo y Ulises. Con base en la información de estas exploraciones, así como con la obtenida con telescopios y radiotelescopios en Tierra se han elaborado los modelos más aceptados sobre: la Estructura Interna, la Atmósfera y la Magnetosfera jovianas. Estos modelos se describirán en el este capítulo, partiendo del interior planetario.

2.2 ESTRUCTURA INTERNA

2.2.1 INTRODUCCIÓN

Ante la imposibilidad de hacer mediciones directas para conocer el interior de Júpiter, se han creado modelos con base en las medidas obtenidas de los campos gravitacional y magnético, la emisión de energía, y las condiciones de temperatura, luminosidad, abundancia y distribución química en la atmósfera, tanto por los observatorios situados en Tierra como de las sondas de exploración espacial Pionero 10 y 11, las Viajero 1 y 2, la Ulises y la Galileo.

En particular las características físico-químicas tomadas en cuenta para la elaboración de estos modelos han sido:

- La baja densidad del planeta (1.3 g/cm^3), lo que indica que esta compuesto de elementos ligeros: Hidrógeno en un 88 % , Helio en un 11 % y además 1 % de elementos pesados. Este hecho también esta relacionado con la oblicuidad observada del planeta provocada por el periodo de rotación, lo cual solo es posible por la alta fluidez de estos elementos (Beebe, 1986).
- Los vientos de hasta 150 km/h en el ecuador joviano (ver sección 2.3), que deben ser causados por una fuente de calor en el interior del planeta. Pues de generarse por el calentamiento atmosférico a través de la luz solar – como en la Tierra- solo se producirían ligeras brisas ya que es muy baja la intensidad de esta luz a la distancia en que se ubica Júpiter con respecto al Sol (Beebe, 1986).
- El flujo energético del planeta, que es entre una y media y dos veces la energía que recibe del Sol. Este fenómeno descubierto en la década de los 1960's, también muestra la existencia de una fuente interna de calor (Low, 1966).
- La gigantesca magnetosfera (ver sección 2.4) que es originada por un gran campo magnético, producto a su vez de un proceso de dinamo generado en las capas de conductividad eléctrica del interior joviano (Guillot, et al, 1997).

Además de estas características, las suposiciones y leyes físicas que se emplearon fueron:

- El planeta se encuentra en equilibrio hidrostático, esto es:

$$\frac{dp}{dr} = \rho \frac{Gm(r)}{r^2}$$

donde; p: presión, ρ : densidad, r: radio, G: constante gravitacional, m(r): variación de la masa con respecto al radio.

- La distribución de masa es:

$$\frac{dm}{dr} = -\rho(r)4\pi r^2$$

con; m: masa, r: radio, $\rho(r)$: variación de la densidad con respecto al radio.

- La emisión de radiación electromagnética cumple la regla de flujo energético

$$\frac{dL(r)}{dr} = 4\pi r^2 \rho(r) \epsilon(r)$$

donde; r: radio, $\rho(r)$: variación de la densidad con respecto al radio

Con estas consideraciones se han construido modelos desde la década de los 1930's y desde entonces, en términos generales se ha determinado que el Hidrógeno, el Helio y la mezcla de ambos, son los componentes principales del interior, y que el estado físico de estos elementos depende de las variaciones de presión y temperatura.

Así se tiene que, desde el exterior y hacia el centro, el Hidrógeno se presenta en estado gaseoso y en fase molecular en la atmósfera. Al ir penetrando hacia el interior, el aumento de la presión y la temperatura genera que el Hidrógeno presente la fase líquida-metálica. Y en el centro del planeta, se ubica un núcleo rocoso (Fig. 2.2.1).

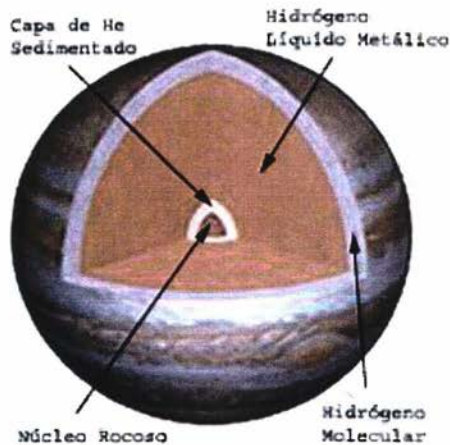


Fig. 2.2.1 Interior Joviano.

2.2.2 MODELOS DEL INTERIOR

Los modelos más antiguos fueron desarrollados por R. Wildt (1930). En ellos el problema principal era determinar la temperatura y presión centrales. Mucho después, los modelos de la estructura interna que se elaboraron antes de las sondas espaciales se basan en el trabajo original de De Marcus (1959), quien asumió en una primera aproximación la existencia de solo Hidrógeno y Helio en el planeta.

Sus resultados se muestran en la Fig. 2.2.2 donde se observa un pequeño núcleo de Helio rodeado por una gruesa capa de Hidrógeno sólido en la que el Helio contenido disminuye hasta casi cero en la superficie del planeta. A una distancia de $0.8 R_j$ ($1 R_j = 71,398 \text{ km}$), el Hidrógeno sólido experimenta una transformación de la fase metálica, más densa, a una fase molecular, menos densa.

Peebles (1964) extendió el modelo de De Marcus tomando en consideración la atmósfera bajo la capa de nubes visible y la abundancia total de Helio. Asumió que fuera de un pequeño núcleo central que podría contener otros elementos además de Hidrógeno y Helio, los dos elementos estaban uniformemente mezclados, esto es, que el Helio es suficientemente soluble en el Hidrógeno y que las corrientes de convección efectivamente contrarrestan cualquier contracción gravitacional. Peebles concluyó que la atmósfera es más profunda y más adiabática y que la concentración de Helio es 5% (Fig 2.2.2). Además, el valor pequeño de la temperatura crítica del Hidrógeno indica probablemente un cambio gradual de una atmósfera gaseosa a una capa líquida sin existir una superficie bien definida.

Una modificación posterior hecha por Smoluchowski (1967) establece que la transición de Hidrógeno Molecular a Hidrógeno Metálico ocurre a una temperatura bajo cero sobre la temperatura de punto triple del Hidrógeno. En estas condiciones se presenta una interfase sólida-sólida, de lo contrario, cuando la temperatura adquiere un valor sobre la temperatura del punto triple, la interfase es sólida-líquida. En ambos casos el Hidrógeno Molecular contiene Helio disuelto. La capa metálica es de puro Hidrógeno sobre la profundidad a la cual una aleación con Helio puede existir. Presumiblemente este Helio alcanzó las regiones centrales del planeta en una fase temprana de diferenciación del planeta cuando las presiones centrales eran tan bajas como para producir Hidrógeno Metálico. En este modelo, el núcleo central es mayoritariamente Helio sólido, pero puede contener otros elementos pesados. En la interfase con la capa sólida-metálica o con la capa sólida-molecular debería haber una capa líquida sin movimiento, la cual, dependiendo del valor de la transferencia no-convectiva de calor debe ser del orden de 100 m de grosor.

Sin embargo, dado que la temperatura a la que se funde una solución sólida-metálica depende de su composición, no es posible especificar la distancia a la cual la aleación H-He se vuelve líquida. Asumiendo una presión mínima requerida de $11 \times 10^{12} \text{ dinas/cm}^3$, el tamaño máximo de esta capa es cerca de la mitad del radio del planeta (Fig. 2.2.2).

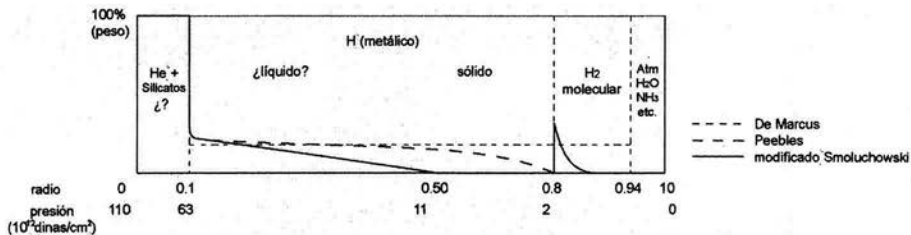


Fig. 2.2.2 Primeros modelos del interior joviano (Smoluchowski, 1967).

Con el descubrimiento de que Júpiter radía en el infrarrojo más de 1.5 veces la cantidad de energía que recibe del Sol y con la información obtenida por las sondas Pionero y Viajero, Hubbard (1994) sentó las bases de un modelo de estructura interna más actualizado:

En la región observable de la atmósfera a una presión de 1 bar y una temperatura aproximada de 165 K, el Hidrógeno se encuentra en forma de gas diatómico. A mayor profundidad, a presiones que exceden los 100,000 bares, el gas gradualmente comienza a parecerse a un líquido caliente. Esta transición es gradual porque la temperatura está muy por encima del punto crítico de licuación del Hidrógeno.

A unos 20,000 Km debajo de las nubes tope de Júpiter, la presión llega a más de 4 Mbar con una temperatura de unos 10,000 K. En estas condiciones las uniones moleculares y atómicas del hidrógeno desaparecen abruptamente, produciendo una fase completamente nueva: Hidrógeno Líquido Metálico. Este estado del Hidrógeno está formado de protones y electrones, como en el interior del Sol, pero la temperatura de la materia es 1,000 veces menor que en el interior del Sol, así, el Hidrógeno no tiene comportamiento de gas, sino más bien se comporta como un metal fundido. Esta exótica forma del Hidrógeno es eléctricamente conductora y opaca a la radiación visible (Hubbard, 1994).

En este planteamiento se siguen conservando las contribuciones de Smoluchowski (1975):

- La energía interna del planeta proviene de la pérdida gradual de calor retenido durante la formación del planeta, así como de la contracción debida al enfriamiento.
- El interior joviano está dividido en estratos y su composición es similar a la solar: 88% de Hidrógeno, 11% de Helio y 1% de elementos pesados.
- Existe convección en cada estrato del interior y el calor en las zonas de transición es transmitido por conducción (Fig. 2.2.3).

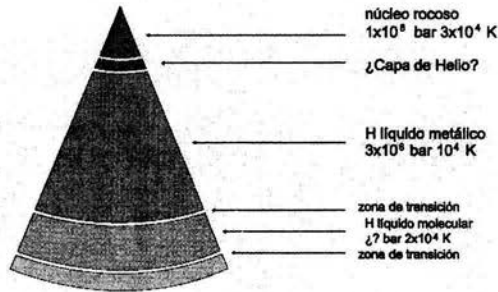


Fig. 2.2.3 Modelo del interior joviano (Smoluchowski 1975, Hubbard 1994).

A partir de los datos enviados por las sondas Galileo y Ulises se ha creado un último modelo sobre el interior joviano (Gudkova y Zharkov, 1996), donde se establecen cinco capas: dos capas de envoltura molecular, una envoltura atómica-metálica y un núcleo de dos capas, que son, un núcleo interior de hielo y roca y una envoltura enriquecida con Helio (Fig 2.2.4).

Un factor determinante para la construcción de tal modelo fue el resultado de la sonda Galileo, en el sentido de que, la abundancia de Helio es de 23.4 % (Zahn, et al, 1998), contra el valor obtenido por la sonda viajero de 18 % y más cercano al valor solar de 27.5%. Gudkova y Zharkov plantean que tal vez un proceso de sedimentación lleve al Helio faltante a formar una capa alrededor del núcleo.

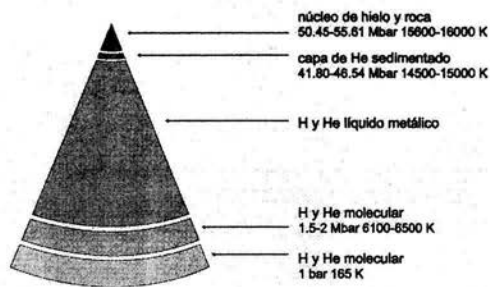


Fig. 2.2.4 Modelo actual del interior joviano (Gudkova, Zharkov, 1999).

2.3 ATMÓSFERA

2.3.1. INTRODUCCIÓN

De todos los planetas del Sistema Solar, Júpiter presenta la dinámica atmosférica más interesante y enigmática. Ya que no solo está cubierto de nubes. Sino que éstas se agrupan en bandas claras llamadas zonas y bandas oscuras llamadas cinturones. Estas bandas se desplazan perpendicularmente al eje de rotación y lo hacen en dirección contraria una con respecto a la otra.

Además de nubes, en las bandas se ubican remolinos de distintos colores y tamaños, lo que habla de su composición. Pero el detalle más asombroso de Júpiter es un enorme remolino conocido como Gran Mancha Roja (GMR), de tamaño tan grande que cabría la Tierra en él. La GMR tiene una vida registrada de más de 300 años y hasta el momento su origen y su dinámica sigue siendo un enigma. De todo este sorprendente sistema atmosférico se hablará a continuación.

2.3.2 ESTRATIFICACIÓN

La atmósfera de Júpiter está agrupada en bandas claras llamadas zonas y bandas oscuras llamadas cinturones. Sin embargo, a latitudes por encima de los 40° hacia ambos polos esta estructura se hace más difusa, de tal manera que en las regiones polares solo existen pequeñas características celulares.

La British Astronomical Association desarrolló un sistema de nomenclatura para designar estas regiones de la atmósfera joviana.

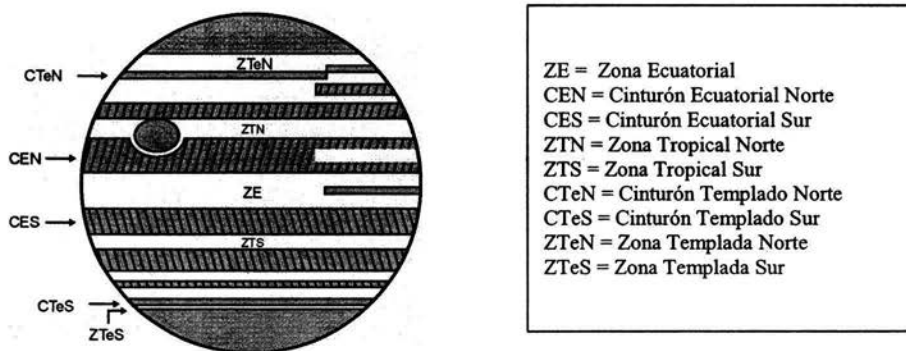


Fig. 2.3.1 Clasificación de bandas.

Tal nomenclatura está basada en la terminología usada para las zonas climáticas en la Tierra y el orden en que se define va del ecuador a los polos: La banda ancha blanca que se extiende a ambos lados del ecuador joviano fue nombrada

razonablemente Zona Ecuatorial (ZE). Esta región queda bordeada a ambos lados por los Cinturones Ecuatorial Norte (CEN) y Ecuatorial Sur (CES) respectivamente. A continuación están clasificadas las Zonas Tropical Norte (ZTN) y Tropical Sur (ZTS). Y antes de los casquetes polares se encuentran un par de bandas (hacia cada polo) nombradas respectivamente los Cinturones y Zonas Templadas Norte y Sur (CTeN, CTeS, ZTeN, ZTeS) (Fig. 2.3.1).

Para explicar el movimiento de las bandas Andrew Ingersoll y Friedrich Busse (1982) propusieron que los patrones de circulación se extienden a capas más profundas, es decir, las bandas que vemos representan los límites exteriores de cilindros concéntricos de gas, girando alrededor del eje de rotación del planeta (Fig. 2.3.2). Esta hipótesis se basa en aquella teoría de que la rotación de Júpiter genera celdas de material caliente que salen en forma cilíndrica a la "superficie" del planeta (Smoluchowski, 1975).

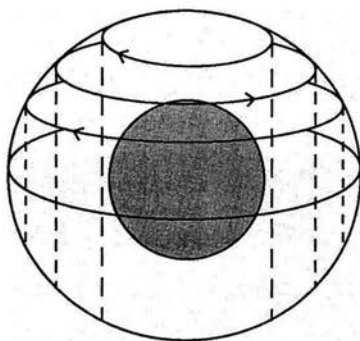


Fig. 2.3.2 Modelo de cilindros concéntricos (Ingersoll y Busse, 1982).

Por otro lado, desde el exterior y hacia el interior se ha clasificado la atmósfera en una estratificación vertical basada en las variaciones de presión y temperatura (Fig. 2.3.3), para lo que se ha tomado como referencia una presión de 0.1 atm y una temperatura de 113 K y allí se ha ubicado la tropopausa. Hacia arriba, en la Estratosfera, la temperatura se incrementa uniformemente con la altura, alcanzando una temperatura de 153 K y una presión de 0.03 atm. A 400 Km sobre la Tropopausa, en los límites superiores de la Mesosfera, la temperatura es de 203 K y la presión de 10^{-8} atm. A 1400 Km, dentro de la Termosfera, la temperatura es de 1103 K y la presión de 10^{-10} atm.

Bajo la Tropopausa, la temperatura y la presión se incrementan uniformemente con la profundidad. La temperatura se incrementa 2 K por cada kilómetro de descenso. El límite de detección ha sido alcanzado cerca de 30 Km bajo la Tropopausa (en la Troposfera), donde la presión es de 0.6 atm y la temperatura de 153 K.

En estas regiones, el estudio de los espectros de absorción ha permitido conocer a que profundidad se localizan algunos gases atmosféricos. Encontrándose que aquellos compuestos que emiten luz visible se localizan en regiones atmosféricas donde la presión es de 0.3 bar. Mientras que las que emiten en ondas de radio de 20 cm se ubican entre los 4 y 6 bares de presión (Rogers, 1995).

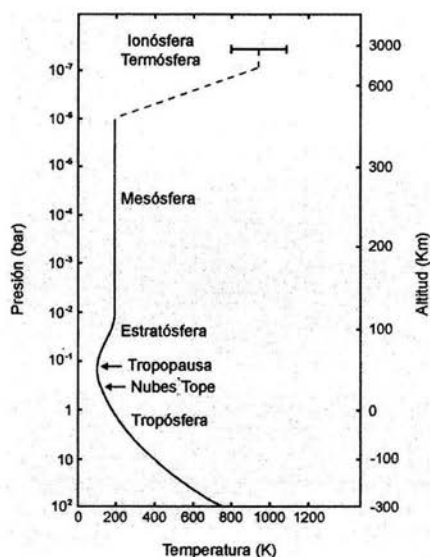


Fig. 2.3.3 Estratificación de la atmósfera (Rogers, 1995).

2.3.3 CARACTERÍSTICAS NUBOSAS Y GRAN MANCHA ROJA

Las nubes en la atmósfera joviana son de distintos colores y tamaños. Esta coloración es debida a que las sustancias químicas de las que están hechas, absorben algunas longitudes de onda de la luz solar y reflejan otras. Por ejemplo, las moléculas de hidrógeno no absorben luz visible e interactúan débilmente con la luz infrarroja. Mientras que las moléculas de amoníaco y metano absorben en el infrarrojo, el rojo y el ultravioleta.

Aparte de absorber, las moléculas en la atmósfera joviana dispersan luz azul y ultravioleta fuera de la línea de visión, permitiendo a una gran porción de longitudes de onda rojas e infrarrojas ser transmitidas.

Por otro lado, además de nubes, en la alta atmósfera también se forman brumas y aerosoles como resultado de reacciones fotoquímicas. Las cuales ocurren cuando la luz ultravioleta del Sol interactúa con las moléculas. Por ejemplo, el amoníaco es disociado cuando absorbe un fotón ultravioleta. Esta reacción produce hidrazina (N_2H_4), la cual se condensa en la atmósfera. También ocurre condensación de hidrazil (N_2H_3). Reacciones similares convierten al Metano (CH_4) en acetileno (C_2H_2), en etileno (C_2H_4) y en hidrocarburos más complejos.

Es importante mencionar que a temperaturas más bajas, estas moléculas complejas forman estructuras que crean, junto con otras partículas, una extensa neblina fotoquímica de color café-amarillento.

Además de estas características, en la atmósfera joviana también hay remolinos de distintas formas y tamaños. Al respecto, las observaciones han determinado que entre más pequeños son, más corta es su vida y entre más grandes, entonces son más longevos.

Entre estos últimos se encuentra clasificada la Gran Mancha Roja (GMR), que aparece en registros de Robert Hooke (1635 – 1703) desde hace casi 400 años. Mide 25,000 Km de largo y 13,000 Km de ancho. Hacia el sur esta limitada por vientos suaves que van de oeste a este y hacia el norte por tornados violentos que van de este a oeste y que provocan que la GMR rote sobre su centro en sentido contrario a las manecillas del reloj, en un tiempo aproximado de siete días (Beebe, 1986).

2.3.4 COMPOSICIÓN QUÍMICA

La atmósfera de Júpiter esta formada principalmente por Hidrógeno y Helio (Tabla 2.3.1) con solo una pequeña proporción de otros elementos químicos, en particular Metano y Amoniaco los que fueron detectados por Wildt (1931) analizando los espectros de absorción de luz visible (7.7×10^{-7} m) en la atmósfera.

Como el Hidrógeno y el Helio son elementos difíciles de detectar (Lewis, 1969) debido a que las líneas espectrales de absorción son muy delgadas, su descubrimiento solo fue posible hasta después de la segunda mitad del siglo XX. Siendo el Hidrógeno Molecular detectado en 1960 (Kiess, et al) a través de las líneas espectrales en el infrarrojo cercano, mientras que el Helio fue descubierto en la década de los 1970's por la sonda Pionero 10.

Tabla 2.3.1 Composición química atmosférica de Júpiter

Elementos y Compuestos Principales	
	<u>Porcentaje</u>
Hidrógeno (H ₂)	86.1
Helio (He)	13.8
Metano (CH ₄)	0.09
Amoniaco (NH ₃)	0.02
Vapor de Agua (H ₂ O)	0.008 (¿?)
Compuestos Secundarios	
	<u>Partes por Millón</u>
Acetileno (C ₂ H ₂)	800
Etano (C ₂ H ₆)	40000
Monóxido de Carbono (CO)	3
Ácido Cianhídrico (HCN)	2
Hidruro de Germanio (GeH ₄)	0.6
Fosfina (PH ₃)	400
Metil Acetileno (C ₃ H ₄)	trazas
Propano (C ₃ H ₈)	trazas

(Morrison, Owen, 1987)

En la atmósfera joviana el hidrógeno se encuentra químicamente reducido, es decir, existen varios compuestos formados a partir del hidrógeno como en el caso de los llamados hidratos de carbono, nitrógeno y oxígeno, mismos que se listan a continuación:

Metano (CH₄): Es el gas más abundante después del hidrógeno y el helio, detectándose en longitudes de onda del espectro de luz visible y el infrarrojo medio. Este compuesto se encuentra en todos los niveles atmosféricos y su abundancia es de 2.5×10^{-3} del total de moléculas.

Amoniaco (NH₃): Después del Metano, es el gas más abundante en la atmósfera superior, encontrándose 2.5×10^{-4} del total de moléculas a 1 bar de presión y puede ser detectado en longitudes de onda centimétricas y del infrarrojo cercano.

Sin embargo, la proporción de amoniaco parece estar afectada por el clima joviano. Ya que en los espectros de longitud de onda infrarroja aparece una disminución de este compuesto en las áreas calientes de los Cinturones Ecuatorial Norte (CEN) y Ecuatorial Sur (CES), encontrándose una proporción molar de 2.5×10^{-4} , contra 3×10^{-4} en las partes más frías de estas estructuras. Por otro lado, en la estratificación vertical entre 0.5 y 10 bar se ubica el 50 % del amoniaco existente en la atmósfera de Júpiter.

Agua (H₂O): Medida en longitudes de onda de 2.7 y 5 μm , es menos abundante que el amoniaco, encontrándose una ausencia total de la misma a 1 bar de presión y solo un poco a 4 bares. Tanto el agua como el amoniaco no existen en las áreas más calientes de la atmósfera.

Ácido Sulfhídrico (H₂S): La existencia de este compuesto no ha sido confirmada ya que solo existe un reporte donde se señala que fue detectado en longitudes de onda milimétricas. Si este compuesto existe, probablemente se encuentra ubicado en zonas muy profundas de la atmósfera joviana (Rogers, 1995).

Fosfina (PH₃), Hidruro de Germanio (GeH₄) y Arsina (AsH₃): Estos compuestos fueron detectados recientemente y su abundancia en la atmósfera joviana esta en proporción solar. Se localizan a niveles troposféricos, siendo químicamente muy inestables, como en el caso de la Fosfina, que se oxida al interaccionar con el agua. La existencia de los otros dos compuestos parece deberse a las descargas eléctricas que se producen a niveles más profundos de la atmósfera.

Monóxido de Carbono (CO): Debido a su baja concentración y a que es un compuesto muy inestable, ha sido muy difícil detectarlo por encontrarse en una atmósfera muy reductora.

Ácido Cianhídrico (HCN): Fue detectado por Tokunaga, et al (1981). Posiblemente su existencia se deba a reacciones fotoquímicas que se producen en la Troposfera Superior, ya que es un compuesto que no se encuentra en equilibrio químico (Lewis, Fegley, 1984).

Acetileno (C₂H₂) y Etano (C₂H₆): Estos compuestos fueron detectados por emisión infrarroja (12-14 μm), lo cual muestra que se encuentran en la Estratosfera y se producen fotoquímicamente (Rogers, 1995).

2.4 MAGNETOSFERA

2.4.1 INTRODUCCIÓN

El campo magnético de Júpiter es el más grande del Sistema Solar y genera una extensa magnetosfera. Esta interacción provoca fenómenos como el Toro de plasma en la órbita de lo y cinturones de radiación -como sucede en la Tierra-. También como en nuestro planeta, la generación de este poderoso fenómeno magnético se basa en un Dinamo Planetario (Fig. 2.4.1).

La idea general de este mecanismo comienza con un fluido eléctricamente conductor en las capas interiores del planeta puesto en movimiento por convección térmica. Una vez en movimiento, las corrientes eléctricas generadas en el fluido, inducirán a su vez un campo magnético, el cual verá incrementada su fuerza dependiendo de la cantidad de materia involucrada en el movimiento (Gehrels, 1976).

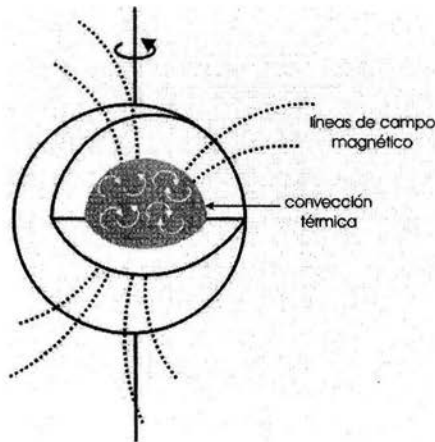


Fig. 2.4.1 Dinamo Planetario.

2.4.2 FORMACIÓN Y DINÁMICA DE LA MAGNETOSFERA

Una vez creado el campo magnético en torno al planeta, la dinámica de la magnetosfera está determinada en gran parte por su interacción con el viento solar, el cual está compuesto de un plasma de alta conductividad eléctrica pues está totalmente ionizado, lo que le permite no ser penetrado por un campo magnético externo, el cual al desplazarse por el espacio interplanetario no sufre

ninguna clase de modificación, sin embargo, al llegar al dominio del campo magnético planetario, se genera una serie de fenómenos por demás interesantes. La frontera entre el flujo magnético planetario y el viento solar se llama **magnetopausa** y la región en torno al planeta que es envuelta por esta magnetopausa se llama **magnetosfera** (Fig. 2.4.3).

El tamaño de la magnetosfera está determinado principalmente por la magnitud del momento dipolar magnético del planeta, la velocidad del viento solar y, en menor medida, por la densidad de partículas energéticas en el viento solar (principalmente electrones y protones). Con respecto a estos parámetros, es importante mencionar que aunque la velocidad del viento solar no varía mucho con la distancia al Sol, la densidad de partículas está determinada por la actividad solar y disminuye conforme aumenta la distancia al planeta. De tal manera que el tamaño de la magnetosfera es máximo cuando la densidad de partículas es mínima (Gehrels, 1976).

Por otro lado, debido a que el viento solar se aproxima a la magnetopausa a velocidades de cientos de kilómetros por segundo, se genera una **onda de choque** a cierta distancia de la magnetopausa, donde el viento solar es rápidamente desacelerado, el flujo se vuelve turbulento y se eleva la temperatura del plasma solar. Este plasma alterado por el cruce con la onda de choque, forma una capa alrededor de la magnetosfera, conocida como **magnetofunda**.

Del lado noche del planeta, la magnetosfera se estrecha, alargándose en la dirección del fluido. Esta región más estrecha y alargada se llama **magnetocola**.

Con respecto al plasma de la magnetosfera y como se comprobó a través de los datos de la sonda Ulises, cuando el viento solar fluye alrededor de la magnetopausa, un poco del plasma entra en la magnetosfera (Marsden, Wenzel, 1992). Esta pequeña fracción de plasma del viento solar que penetra en la magnetosfera solo es una fuente del plasma magnetosférico. Otra es los rayos cósmicos, cuyas partículas de alta energía cruzan rápidamente la magnetopausa, la mayor parte de ellas incluso atraviesan totalmente la magnetosfera y solo una pequeña parte es atrapada. De las que colisionan con la atmósfera o con la superficie del planeta, algunas provocan, a su vez, eyección de partículas de menor energía, alimentando el plasma de la magnetosfera. Otra fuente está formada por las capas superiores de la atmósfera (en caso de que el planeta la tenga), que ceden básicamente átomos neutros que subsecuentemente se ionizan (Rogers, 1995).

Este plasma no se distribuye uniformemente en la magnetosfera, parte de él se concentra a lo largo del plano ecuatorial magnético del planeta, en donde debido a las fuerzas centrífugas, provocadas por la rotación, se forma una región llamada **disco de plasma**.

En el lado día, se generan corrientes eléctricas en este disco por inducción electromagnética. En esta dinámica, el material y las corrientes generadas atraviesan e interaccionan con las distintas regiones de la magnetosfera. En el lado noche, el movimiento de rotación del planeta y el movimiento natural del viento solar "arrancan" material del disco de plasma, el cual se aleja del planeta, formando una **hoja de plasma** que alimenta la magnetocola.

También con este plasma y dependiendo de la intensidad del campo magnético del planeta es posible que se formen **cinturones de radiación** o inclusive

toroides de radiación a su alrededor. Como se sabe, los cinturones de radiación son corrientes de anillo que circulan en torno a los cuerpos planetarios que poseen un campo magnético.

La teoría de Alfvén sugiere como se puede transmitir esta corriente: Las partículas cargadas, como iones o electrones, no son solo guiadas por las líneas del campo magnético, sino que cuando se deslizan a lo largo de estas líneas (más exactamente, girando en espiral a su alrededor), también son repelidas en las regiones de campo magnético más intenso –puntos espejo, en los polos-, y como las líneas magnéticas planetarias, al igual que las de una barra imantada, se expanden de un polo magnético hacia el otro, y la fuerza magnética en cada línea es más débil a la mitad de la longitud de dicha línea (en la parte donde la línea esta más alejada del planeta), los iones y electrones pueden ser atrapados en esa región de campo débil, rebotando adelante y atrás, cambiando de dirección cada vez que intentan deslizarse hacia las regiones de campo magnético más intenso. Así que cada vez que las cargas negativas se mueven en una dirección y las positivas en la dirección contraria, se crea una corriente eléctrica.

En la Tierra, los satélites artificiales observaron en 1958 estos **cinturones de radiación**, así como los cinturones temporales que acompañan a las tormentas magnéticas, y los rasgos permanentes del entorno magnético terrestre. (Stern, 1983).

Por otro lado, no solo está constantemente entrando plasma a la magnetosfera sino que también se pierde hacia el espacio interplanetario y hacia el planeta. Hacia el planeta, las partículas energéticas alcanzan la atmósfera superior excitando los átomos allí existentes y generando espectaculares emisiones de luz conocidas como **auroras** (como ocurre en la Tierra), o generando ondas de radio de 10 m a 100 m de longitud de onda, conocida como **radiación decamétrica**. Tanto la aurora como esta radiación decamétrica son fenómenos intermitentes que dependen básicamente de la fuerza del viento solar.

Por otro lado, debido a la radiación sincrónica de electrones viajando a velocidades altas dentro del campo magnético, se genera **radiación decimétrica** del orden de 0.1 m a 1 m de longitud de onda (Rogers, 1995).

2.4.3 MAGNETOSFERA JOVIANA

En el caso del campo magnético joviano, como se había mencionado al hablar de la estructura interna de Júpiter, no más de la mitad de la emisión térmica de planeta puede ser explicada en términos de la absorción de la radiación solar (Low, 1966), y para explicar el balance de estas energías, es necesario plantear la contracción gravitacional del planeta que se da a la pequeñísima proporción de 0.1 cm por año (Smoluchowski, 1975). De aquí se establece que los movimientos de convección deberían contribuir sustancialmente a esta transferencia de calor fuera del planeta. Y el dinamo joviano es presumiblemente engendrado por tales movimientos en las regiones eléctricamente conductoras. Así, la energía del campo magnético deriva en última instancia de las energías térmica y gravitacional del planeta (Gehrels, 1976).

El estudio del campo y magnetosfera jovianos comienza en la década de los 50's del siglo pasado cuando B. F. Burke y K. L. Franklin (1954), haciendo estudios de

las emisiones en radio provenientes de la nebulosa del cangrejo, descubren ruido a 22.2 MHz (longitud de onda de 13.6 cm) proveniente de Júpiter. Poco después se detectó radiación de 3 cm y 4 cm, y a finales de esa década, el espectro de radiación detectado se extendió hasta 10.3, 21 y 68 cm.

A mediados de los 60's se clasificó la emisión electromagnética de Júpiter en: térmica con componentes de longitud infrarroja y onda corta de radio, una señal continua pero variable de longitud de onda decimétrica (en la práctica este rango cubre longitudes de onda de centímetro o décima de centímetro), y una señal decamétrica de emisión esporádica que depende de la posición del satélite Io.

Debido a que la emisión de estas longitudes de onda tiene que ver con la interacción entre partículas energéticas y campos magnéticos, se pudo determinar la existencia del campo magnético joviano. En la actualidad ya han sido especificadas las características de esta emisión electromagnética joviana, y se listan en la Tabla 2.4.1.

Tabla 2.4.1 Emisiones electromagnéticas de Júpiter.

Clase	λ	ν	Emisión	Potencia Total (promedio)	Notas
Infrarroja y Milimétrica	4 μ m-10cm	10 ⁵ -3 GHz	Constante	8x10 ¹⁷ W	Térmica, de la atmósfera.
Decimétrica	0.1-3 m	3-0.1 GHz	Casi Cte.	2x10 ⁹ W	Sincrotónica, de los Cinturones de Radiación.
Decamétrica	10-500 m	30-0.6 MHz	Ráfagas	10 ¹⁰ -10 ¹¹ W	Modulada por Io
Kilométrica:					
Banda ancha	0.3-15 Km	1000-20 KHz	Ráfagas	10 ⁸ -10 ⁹ W	De la ionosfera
Banda corta	2-5 Km	140-60 KHz	Intermitente	10 ⁸ W	Posiblemente del Toro de Io

(Rogers, 1995,pp. 299)

Radiación Decimétrica ($f > 200$ MHz):

- Su componente principal es la radiación térmica, aunque también existe una contribución significativa que es producida por un mecanismo no térmico y dependiente del campo magnético del planeta.

- Es causada por radiación sincrotónica de electrones de alta energía (mas de 0.5 MeV) atrapados en el dipolo magnético.

- Su fuente principal de emisión se ubica en una región toroidal que envuelve al planeta.

- Esta linealmente polarizada, pero debido a que el vector de campo eléctrico es paralelo al plano central del toro hay una pequeña polarización circular.
- Su densidad de flujo varía por un factor de dos en cambios de longitud de onda de 5 a 180 cm.
- Su emisión es esencialmente constante en el tiempo, con oscilaciones causadas por la rotación del planeta.

Radiación Decamétrica ($f < 40$ MHz):

- Su emisión es esporádica, manifestándose en forma de ráfagas intensas en un restringido rango de frecuencias, aunque también han sido observadas sucesiones de estas ráfagas o inclusive tormentas que duran desde unos pocos minutos hasta horas.
- La posición de lo (respecto a la línea de observación Tierra-Júpiter) modula su intensidad.
- Es una radiación elípticamente polarizada, con frecuencias máximas de hasta 39.5 MHz. - - Esta radiación nace de fuentes pequeñas bien localizadas cercanas al planeta, con latitud y longitud bien definidas.
- Se produce por girofrecuencia electrónica. En particular para la frecuencia máxima de 39.5 MHz se asocia una intensidad de campo magnético de 14 gauss, la cual es medida a nivel de la ionosfera del planeta (Beatty et al, 1982).

Aunado al análisis de tales emisiones, la investigación del fenómeno magnético en Júpiter se ve reforzada y ampliada posteriormente con las sondas espaciales. Así se ha llegado a las siguientes conclusiones:

El campo magnético de Júpiter al igual que el de la Tierra funciona como un dipolo magnético, con una inclinación de 11° con respecto al eje de rotación. Su periodo de rotación es de 9h 55m 29.71s (± 0.02 s), y con una polaridad negativa. Además, el centro de dicho dipolo esta desplazado una décima de radio joviano ($R_j = 71, 400$ Km) en dirección perpendicular al eje de rotación (Fig. 2.4.2), dicha asimetría explica la variación de la magnitud de este campo en distintas regiones del planeta: 14.8 gauss en el polo norte, 11.8 en el polo sur y 4.2 gauss en el ecuador (diez veces más grande que en la misma región de la Tierra) (Beatty, 1982).

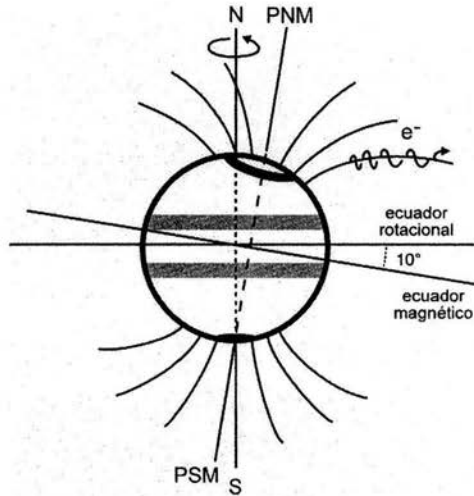


Fig. 2.4.2 Dipolo Magnético Joviano.

La magnetosfera generada por este enorme campo magnético es la más grande, la más dinámica y en la que se dan procesos de alta energía, más que en alguna otra del Sistema Solar. Se extiende en la dirección solar hasta unos 100 R_J y su cola tiene una longitud aproximada de 10000 R_J y un diámetro de 274 R_J en su parte más ancha. Esta magnetocola comienza aproximadamente a 150 R_J del planeta, donde el plasma se desliga del magnetodisco y fluye, formando esta estructura, a velocidades entre 300 y 1000 km/s, sin embargo, aquí la densidad de partículas es muy baja, solo 10^{-5} cm^{-3} (Fig. 2.4.3). (Marsden, Wenzel, 1992).

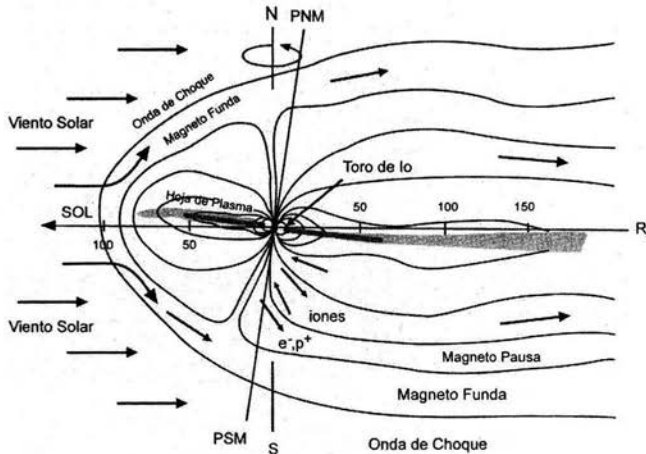


Fig. 2.4.3 Magnetosfera Joviana.

Como ya se ha mencionado, el volumen gigantesco de la magnetosfera joviana es determinado por distintos parámetros; pero básicamente contribuye el que la intensidad del campo magnético del planeta sea muy grande, mientras que la intensidad del viento solar a la distancia de Júpiter es muy débil.

El plasma de esta magnetosfera es caliente, contiene una gran cantidad de partículas energéticas, tales como electrones de más de 30 MeV e iones de más de 7 MeV de energía (Tabla 2.4.2). Durante el paso de la sonda *Ulises*, sus instrumentos midieron intensidades de partículas energéticas más bajas que las medidas por la nave *Viajero*. Esta sonda también descubrió, a altas altitudes de la magnetosfera, corrientes de electrones e iones que aparentemente alimentan las latitudes polares de la ionosfera joviana, además se observaron ráfagas de electrones energéticos saliendo del planeta (Marsden, Wenzel, 1992). Los iones del plasma magnetosférico son básicamente de H, He, O y S, aunque también existen otros elementos en pequeñas proporciones.

Tabla 2.4.2 Plasma y partículas energéticas en la magnetosfera joviana.

Región	Tipo de Plasma	Densidad de Partículas (cm ⁻³)	Temperatura (K)
Magnetosfera Exterior	Plasma Caliente	10 ⁻² a 10 ⁻³	3-4x10 ⁸
Magnetosfera Media	Plasma Caliente	10 ⁻¹ a 10 ⁻³	1-3x10 ⁷
Hoja de plasma:			
Limite exterior		10 ⁻² a 1	3-8x10 ⁶
Región más densa		1-10	1-10x10 ⁵
Toro de Io:			
Toro externo caliente		10 ³	
	Electrones		5-10x10 ⁴
	Iones		30-50x10 ⁴
Toro medio caliente		3x10 ³	
	Electrones		2-3x10 ⁴
	Iones		7-50x10 ⁴
Toro interior frío		10 ³	
	Electrones		1x10 ⁴
	Iones		1-5x10 ⁴

(Rogers, 1995, pp. 295)

Los iones de He y C probablemente provienen del viento solar, mientras que los de Oxígeno y Azufre tienen su origen en la superficie de Io. Un caso importante es que los iones de H son más abundantes en el viento solar, mientras que en la ionosfera joviana hay iones de H₂ y H₃. Estas dos regiones son las que contribuyen en mayor proporción a la población iónica de la magnetosfera. Por un

lado, el viento solar proporciona poco menos de 100 kg/s, mientras que de la ionosfera del planeta se obtienen 20 kg/s, básicamente de hidrógeno. Por sus enormes dimensiones la magnetosfera ha sido dividida en tres regiones que se diferencian entre sí con base en las propiedades y fenómenos que se producen en ellas (Fig. 2.4.4).

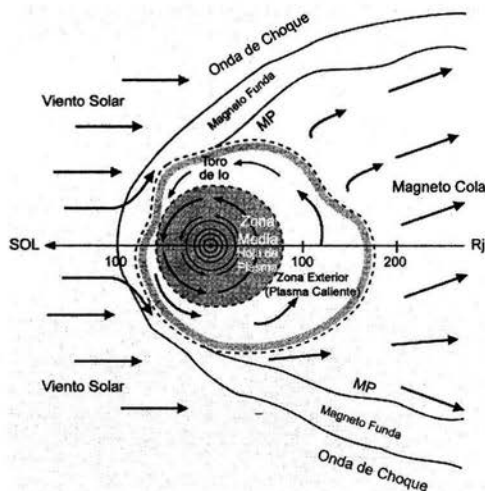


Fig. 2.4.4 Estructura magnetosférica.

2.4.3.1 MAGNETOSFERA INTERIOR

La magnetosfera interior se extiende hasta 20 Rj. En esta región domina el dipolo magnético, el cual tiene un comportamiento sin ningún tipo de perturbación significativa o desviación a gran escala. Es en esta región donde gracias a la intensidad del campo magnético, se producen cinturones de radiación similares a los de la Tierra (de tipo Van Allen), y donde las partículas energéticas que los forman provienen tanto de las últimas capas atmosféricas del planeta como de los satélites más cercanos. Algunas de ellas son electrones con más de 21 MeV e iones con más de 30 MeV

Es importante mencionar que el instrumento de detección de partículas energéticas a bordo de la sonda Galileo, descubrió un nuevo cinturón interior, no observado anteriormente, entre los anillos de Júpiter y las capas superiores de la atmósfera. Su radiación es diez veces más intensa que la de los cinturones de la Tierra e incluye iones de helio de alta energía.

Básicamente son Io, Europa y Ganímedes los satélites que intercambian partículas de alta energía con estos cinturones, inducen inestabilidades en el plasma y contribuyen a la emisión decamétrica. Y como se mencionará más adelante en el caso de Io, la dinámica inducida por el campo magnético va más allá del intercambio de partículas (Baugher, 1988).

2.4.3.2 MAGNETOSFERA MEDIA

Entre 20 Rj y 60 Rj se ubica la magnetosfera media. Su límite interior y fuente principal de material es el Toro de Io. En esta región el campo tiende a ser paralelo al ecuador, además de que se manifiesta un fenómeno muy interesante debido a la enorme fuerza centrífuga provocada por la rotación rápida del planeta; este movimiento forma un anillo de corriente que se aleja del planeta (ver sección 2.4.2). Esta hoja de plasma, debido a su movimiento constante, deforma las líneas de campo, tal como se observa en la fig 2.4.3. El grosor de este disco es aproximadamente un radio joviano, con una intensidad de campo de 10^{-4} gauss, mientras que la intensidad de corriente es muy baja (1 mA por km^2) (Gehrels, 1976), por lo que no se perturba la magnetosfera interior. El plasma componente del disco se retroalimenta con el toro de Io que produce partículas energéticas como iones de azufre y oxígeno (Beatty, 1982).

El flujo de estas partículas en la hoja de plasma crea una corriente eléctrica de aproximadamente 10^8 A, lo que significa aproximadamente 1 mA por kilómetro cuadrado.

La hoja es caliente, con una energía característica de 300-800 eV a 40 Rj. Sin embargo, su capa más densa de electrones es muy fría (solo 10-100 eV, i.e. 10^5 - 10^6 K).

2.4.3.3 MAGNETOSFERA EXTERIOR

Por último, de 60 Rj a 100 Rj se ubica la magnetosfera exterior. En esta región el campo es muy débil, irregular y variable a escalas de tiempo menores de una hora, especialmente cerca de la magnetopausa, debido a que esta región es la que entra en contacto directo con el viento solar. Aquí el plasma es muy rarificado y caliente, dentro de la magnetopausa llegan a alcanzarse temperaturas de $300\text{-}400 \times 10^6$ K, lo que la hace la zona más caliente conocida del sistema solar, incluyendo al Sol. Por otro lado, aquí las partículas están extremadamente dispersas, solo $10^{-2}\text{-}10^{-3} \text{ cm}^{-3}$ (Rogers, 1995).

De hecho, es por la presión de este plasma supercaliente y no por el campo magnético joviano en sí mismo, que se bloquea al viento solar. Y también debido a la misma razón, el plasma de esta región puede ser la fuente de partículas detectadas lejos de la magnetosfera.

En la magnetosfera exterior fluyen básicamente partículas energéticas provenientes del planeta o las regiones internas de la magnetosfera, como electrones de 3-6 MeV e iones pesados. La aseveración de que estas partículas provienen de Júpiter estriba en el hecho de que algunos iones, por ejemplo los de azufre, son más comunes en el planeta y sus cercanías que en el viento solar.

Como se ha mencionado, el tamaño de la magnetosfera no es constante sino que se expande y contrae rápida y frecuentemente por un factor de 2, siendo muy extensa durante el paso de las sondas Pionero y muy corta durante el acercamiento de las Viajero. Las primeras cruzaron la onda de choque entre 109 y 110 Rj y la magnetopausa a 96-97 Rj, mientras que las segundas lo hicieron a 86-99 Rj y 67-72 Rj respectivamente (Beebe, 1997). En su momento, la sonda Ulises

cruzó la onda de choque a 113 Rj y solo 4 horas después a 110 Rj encontró la frontera exterior de la magnetopausa. Esta proximidad aparente entre las dos regiones (cuya separación regularmente es de 20 Rj), sugiere una fluctuación rápida durante el paso de esta sonda (Marsden, Wenzel, 1992).

2.4.4 TORO DE PLASMA DE IO

2.4.4.1 INTRODUCCIÓN

El núcleo o centro de la magnetosfera, esto es, la parte más densa y la fuente de la mayor parte del plasma, es el **Toro de plasma de io**. El material que lo forma se transporta de lo al Toro vía una nube de átomos neutros que se localiza alrededor del mismo lo.

Esta nube fue descubierta desde la Tierra en 1972 por R. A. Brown, quien observó la emisión óptica de los átomos de sodio en esta nube. Y aunque otros átomos están presentes, la emisión del sodio es la más brillante (con líneas de emisión de 589-590 nm).

Estos átomos probablemente escapan de lo a causa de la dispersión -provocada por partículas magnetosféricas- ya sea en la superficie del satélite o en las plumas volcánicas (el material de estas plumas no alcanza, por si mismo, velocidades de escape). Debido a que la dispersión es más eficiente en una atmósfera que en una superficie sólida, entonces las plumas activas pueden ser fuentes dominantes en la eyección de este material, a pesar de su área relativamente pequeña.

La forma y ubicación de esta nube de sodio indica que el material que la compone proviene en su mayoría de la cara que mira a Júpiter, y aunque en este lado se presentan muy pocas plumas activas, también es el lado bombardeado por iones que son acelerados en el tubo de flujo.

El material también escapa de lo en forma de iones, fluyendo directamente al Toro de Plasma por "recolección magnetosférica". En este proceso, los átomos en la atmósfera o en una pluma volcánica son ionizados por el impacto de electrones para posteriormente ser "arrastrados" por el campo magnético.

La parte más interna de la nube de sodio está normalmente enmascarada por el brillo de lo, pero fue registrada como una banda de absorción en el espectro del satélite Europa cuando lo lo eclipsó en 1985 (Schneider, et al, 1987). En ese entonces, las medidas tomadas en esa región a 700 km sobre la superficie de lo indicaron la presencia de una "atmósfera" muy delgada compuesta básicamente de sodio y con una temperatura elevada de aproximadamente 2000 K (Rogers, 1995).

Aunque la emisión del sodio es la más brillante, esto no implica que éste sea el elemento más abundante en la nube, también han sido detectados átomos neutros de potasio (767-770 nm), oxígeno (630 nm) y azufre (130-143 nm).

2.4.4.2 TORO DE PLASMA

Rodea a Júpiter a una distancia de entre 5 y 8 Rj, envolviendo la órbita de lo y rotando con el campo magnético (Fig 2.4.5). Fue descubierto por la Pionero 10 en

1973 debido a la emisión ultravioleta de los iones pesados inmersos en él, y corroborada su existencia desde la Tierra en 1976 cuando se obtuvieron los espectros de emisión del azufre y cuando el Toro completo fue detectado por la Viajero en 1979. En la actualidad este Toro de Plasma ha sido clasificado en tres toros concéntricos (Tabla 2.4.2):

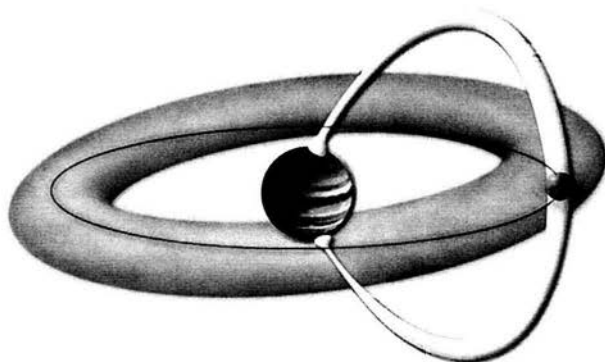


Fig 2.4.5 Toro de Plasma y Tubo de Flujo de Iones.

i) Toro interior frío (5.0-5.6 R_j dentro de la órbita de Iones).

Esta región se identifica más como remanso de plasma, ya que solo recibe cerca del 2% del plasma de Iones. Produce emisión de luz roja detectable desde la Tierra. Este compuesto de iones difundiéndose lentamente hacia adentro –contra las fuerzas centrífugas– con tiempo suficiente para radiar gran parte de su energía. Al enfriarse, el plasma se colapsa hacia el ecuador, incrementando la eficiencia de radiación y por consiguiente el enfriamiento. La temperatura es estimada en 1 eV (10^4 K).

Los iones más abundantes son de S^+ y O^+ , pero también se han reconocido S^{2+} , O^{2+} y SO_2^+ .

ii) Toro medio (5.7 R_j , justo en la órbita de Iones).

Es la cuenca de plasma entre el Toro frío interior y el Toro caliente exterior. Fue observado claramente de los datos de la sonda Viajero 1. Coincide con el pico de densidad de iones ($3000-3500 \text{ cm}^{-3}$), y su fuente directa de alimentación es la nube neutra.

Es importante mencionar que las imágenes de la sonda Viajero revelaron también la existencia de un "Toro Caliente Medio" a 5.8 R_J -en la frontera del Toro Medio- (J. Trauger, 1984), con una densidad electrónica entre 3000-4000 cm⁻³ (con energía estimada entre 2-3 eV) y iones de S²⁺ y S³⁺ con densidades entre 500-800 cm⁻³ y energías entre 7-50 eV.

iii) Toro caliente exterior (5.9-7.5 R_J, en y fuera de la órbita de Io).

Esta es la fuente principal de plasma que gradualmente se difunde hacia afuera y gana energía del campo magnético y del plasma caliente que lo rodea (a pesar de que esta sección del Toro es caliente, el plasma que lo rodea es más caliente).

La mayoría de los electrones que lo forman tienen temperaturas de 5-10 eV (5-10x10⁴ K), están mezclados con el plasma caliente, el cual tiene menos de una centésima parte de la densidad electrónica pero es cien veces más caliente que éstos. Aquí los iones tienen una energía de 10-100 eV, con una media aproximada de 40 eV.

El Toro Caliente Exterior emite regularmente cerca de 3x10¹² watts de radiación. La mayor parte se ubica en el ultravioleta lejano y en las líneas de emisión de S²⁺ y O²⁺ y/o O⁺.

2.4.4.3 TUBO DE FLUJO

El campo eléctrico co-rotacional desarrollado por el movimiento relativo entre Io y las líneas de campo magnético que barren el planeta inducen una diferencia de potencial de aproximadamente 500 kv entre las caras interior y exterior del satélite. Este potencial origina corrientes que fluyen desde Io hacia la ionosfera joviana, las cuales son guiadas por ondas que se propagan desde el satélite a lo largo de las líneas de campo magnético, llamadas "ondas de Alfvén" (Fig. 2.4.5) (Beatty, 1994).

En el lado del Tubo hacia Júpiter, los electrones fluyen de Io a la ionosfera del planeta y los iones lo hacen en la dirección opuesta. En el lado que viene de Júpiter, estos flujos se invierten. A este tipo de interacción entre un satélite y una magnetosfera se le conoce como "inductor unipolar" (Acuña, Neubauer, Ness, 1981).

CAPITULO 3. SATÉLITES

3.1 INTRODUCCIÓN

En el Sistema Solar Interior la presencia de satélites en torno a los planetas es un fenómeno muy extraño. Mercurio y Venus no tienen, y nuestra Luna es un objeto muy peculiar cuya existencia aún es difícil de entender. Solo Marte tiene más de un satélite, y estos son dos pequeños objetos que presumiblemente fueron capturados de la cercana población de asteroides. En contraste, los satélites son comunes en los planetas gigantes del Sistema Solar Exterior.

De acuerdo a la clasificación sugerida por Kuiper (1960) los satélites se dividen en dos grupos con base en sus órbitas:

Todas las grandes lunas y muchas de las pequeñas son satélites regulares, los cuales giran en órbitas de excentricidad pequeña ubicadas cerca del plano ecuatorial del planeta -tal como los planetas, que giran en órbitas casi circulares, cercanas al plano ecuatorial solar-. Este tipo de satélites probablemente se crearon en la formación primigenia de la nebulosa planetaria.

El segundo grupo de lunas es el de Satélites irregulares. Sus órbitas son muy peculiares, teniendo una gran excentricidad, una pronunciada inclinación, o ambas, e incluso varios de éstos giran en dirección retrógrada. Este tipo de satélites, tal vez hayan sido capturados por los planetas ya formados (Beebe, 1997).

3.2 SISTEMA JOVIANO

Los primeros satélites jovianos: Io, Europa, Ganimedes y Calixto, fueron descubiertos por Galileo en 1610, y desde entonces se conocen como Satélites Galileanos. Su tamaño varía de tan pequeños como nuestra Luna, hasta casi el tamaño de Mercurio. Las órbitas de los tres interiores están regularmente espaciadas, de tal manera que el periodo de revolución de Europa es dos veces el de Io y el de Ganimedes, dos veces el de Europa. Además, Calixto y Ganimedes son gemelos, como lo son Venus y la Tierra. Tienen tamaños y densidades casi idénticos, y aproximadamente el 50% de su composición es hielo de agua (Morrison, 1988).

Además de estos cuatro satélites galileanos, en Júpiter han sido detectados, hasta el año 2001, otras 35 lunas (Tabla 3.1), de las cuales, 31 son irregulares y la mayoría de las externas posiblemente sean asteroides capturados por el planeta.

A continuación se describen cada uno de los satélites del sistema joviano.

3.3 CALIXTO

De los cuatro satélites galileanos, Calixto es el más alejado del planeta (Fig. 3.1), y al igual que nuestra Luna, su superficie está cubierta por una gran cantidad de cráteres de impacto. La densidad, para cráteres de aproximadamente 10 Km de diámetro, es de 250 por cada millón de Km cuadrados. Sin embargo, estos cráteres, a diferencia de los lunares, no tienen la típica forma de tazón sino que

han sido deformados por los movimientos de la corteza, sin hacerlos desaparecer del todo.

Calixto tiene un diámetro de 4840 Km –que es casi el mismo de Mercurio- aunque su masa es ligeramente menor (1077×10^{20} Kg) que un tercio de la de dicho planeta. De esta simple comparación se puede inferir que para un cuerpo del tamaño de Calixto, con una densidad de 1.9 g/cm^3 , la cantidad de hielo de agua debe ser casi tan abundante como los materiales rocosos en su interior. Calixto tiene un denso núcleo de silicatos con una corteza de hielo sólido mezclado con grandes cantidades de material rocoso (Fig. 3.2). Por otro lado, la temperatura varía de 150 K en el mediodía a 100 K en la noche, por lo que menos de un metro de hielo se ha evaporado de la superficie desde la formación del satélite (Baughner, 1988).

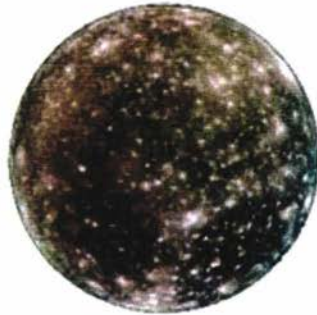


Fig. 3.1 Calixto

La presencia de este hielo en la superficie de Calixto es revelada, en su espectro de absorción, por las abundantes líneas de absorción de longitud de onda infrarroja. Además, por la medición de la reflectividad (18%) se deduce que el hielo está contaminado. Esto es buen indicador de que la superficie es antigua, ya que al no haber movimientos significativos que la renueven (como los movimientos de placas tectónicas en la Tierra que hicieron desaparecer los cráteres de impacto), se ha acumulado el polvo meteorítico en el hielo durante millones de años, lo que ha generado una superficie oscura (Guillot, et al, 1997).

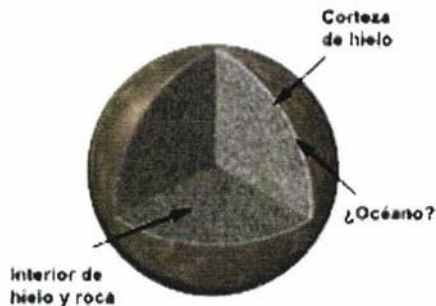


Fig. 3.2 Interior de Calixto.

En las imágenes tomadas por las sondas espaciales, la característica más notable es una gran estructura en forma de ojo de buey. Esta es una región central muy brillante de 600 Km de diámetro, rodeada por anillos concéntricos separados de 50 a 200 Km, y que se extienden a lo largo de 2000 Km. Tal estructura ha sido nombrada Valhalla (Fig. 3.3), que en la cultura nórdica se refiere al cielo de los guerreros. En este contexto, una característica más pequeña, ubicada a 30° de latitud norte y 140° de longitud este, ha sido nombrada Asgard, nombre de la residencia de los dioses nórdicos (Hartmann, 1993).

En Valhalla la densidad de cráteres es de cerca de un tercio la densidad promedio en todo el satélite, lo cual indica que es una región joven, aunque por otro lado, muchas crestas de los anillos exteriores están aplastadas, esto quiere decir que los impactos continuaron después de la formación de esta región. Además de las estructuras mencionadas existen otras seis estructuras anilladas pequeñas que han sido identificadas sobre la superficie del satélite, estas son reducidas y con una gran cantidad de anillos (Beebe, 1986).

La información más reciente acerca de Calixto se refiere a los datos enviados por una de las últimas sondas espaciales –la sonda Galileo– mediante los cuales se establece la posibilidad de la existencia de un océano bajo la superficie del satélite y una tenue atmósfera de dióxido de carbono (Thomas, 1999).

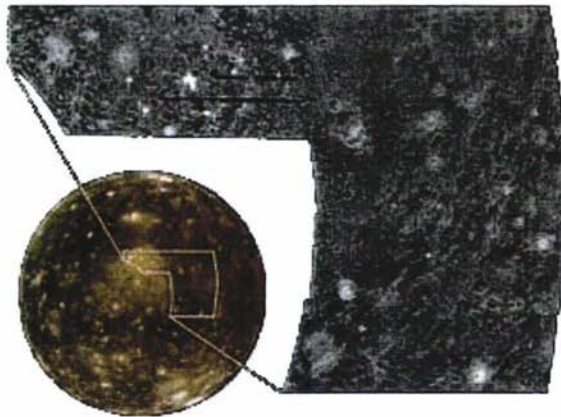


Fig. 3.3 Región Valhalla en Calixto.

3.4 GANIMEDES

Ganímedes es el satélite más grande de Júpiter y del Sistema Solar (Fig 3.4). Tiene casi la misma densidad de Calixto (Tabla 3.1), por lo que se supone que su composición y estructura interior son similares. Ambos tienen baja temperatura superficial, y de esta superficie helada, ambos muestran la misma huella espectral.

Ante estas similitudes es razonable pensar que los dos satélites tengan la misma historia geológica. Sin embargo, una ojeada perspicaz a las imágenes y datos tanto de Calixto como de Ganimedes revela diferencias fundamentales (Johnson, 1994).



Fig 3.4 Ganimedes

La baja densidad de Ganimedes es consistente con que en su composición, el 50% sea hielo de agua, con un núcleo rico en silicatos y un manto de agua líquida (Fig. 3.5). Cerca de la mitad de la superficie de Ganimedes es bastante oscura, asemejándose a la de Calixto (incluyendo los clásicos patrones de crestas con forma de ojo de buey). Sin embargo, estas áreas antiguas se han mezclado con algunas otras más claras y de menos relieve, que han sido modificadas por la actividad interna del satélite. En estas regiones, la densidad de cráteres con diámetros de 10 Km son de 100 a 200 por cada millón de Km cuadrados. Con esta densidad de impactos, la reflectividad es del 25%, mientras que en lugares con baja población de cráteres es hasta del 40% (Rogers, 1995). Aquí también se observan sistemas paralelos de montañas cuyas crestas tienen separaciones de 10 a 15 Km. El proceso de formación de estos sistemas montañosos parece ser resultado de largas fallas o hendiduras entre franjas de tierra que alternadamente han subido o bajado. Como si en vez de fuerzas de compresión en la corteza –al igual que los sistemas montañosos de este tipo en nuestro planeta- hubieran predominado las fuerzas de tensión.

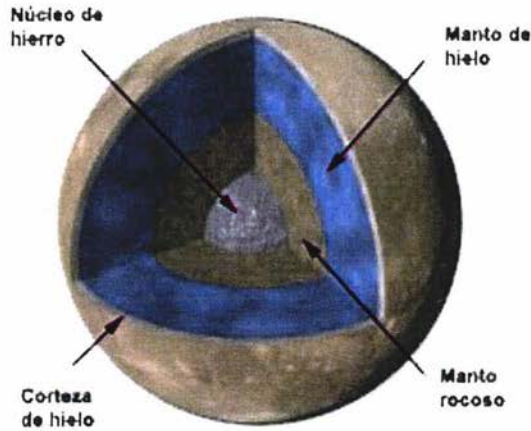


Fig. 3.5 Interior de Ganímedes.

Muchas de estas depresiones superficiales parece como si hubieran sido inundadas con líquido –presumiblemente agua- desde el interior. No se sabe con exactitud hace cuanto tiempo ocurrió este tipo de actividad, pero si, que fue después del bombardeo meteorítico más intenso, pues de otra manera, aún se conservarían huellas de tales impactos (Morrison, 1988). El mosaico de estructuras en Ganímedes incluye cráteres brillantes y algunos con rayos radiales, los cuales parecen haber sido salpicados con agua a lo largo de su superficie (Gehrels, 1976).

Todas estas formaciones topográficas sugieren que este satélite experimentó una serie de movimientos bruscos internos alguna vez durante los primeros mil millones de años, tal vez provocados por los cambios de fase del hielo en el interior, resultando en compresiones y expansiones que debieron quebrar la superficie, sumergiendo algunas áreas en fluidos de agua líquida (Rogers, 1995). La característica principal sobre la superficie de Ganímedes es la región Galileo. Esta se observó a partir de las imágenes de las sondas espaciales, que mostraron una región grande y oscura con una gran cantidad de cráteres. Ubicada entre 90° y 180° de longitud este, tal estructura es similar a la región Valhalla de Calixto, sin embargo, la curvatura de los anillos concéntricos es tan escasa que no queda claro si tal formación es debida a un gran impacto o como resultado de movimientos internos (Hartmann, 1993).

Sobre la información más reciente acerca de Ganímedes, es imprescindible mencionar el descubrimiento de su campo magnético (Thomas, 1999).

3.5 EUROPA

De todos los satélites galileanos, Europa es el más enigmático (Fig. 3.6). Con un diámetro de 3130 Km es similar a lo y a nuestra Luna. Su masa es cerca de 32% la de Ganímedes (Tabla 3.1), su densidad de 3 g/cm^3 indica una composición básicamente rocosa con solo 10% de hielo de agua –mucho menos que en Calixto o Ganímedes-. La superficie de Europa es más brillante que cualquiera de los satélites galileanos (70% de reflectividad) y su espectro indica una composición superficial prácticamente de hielo. En este sentido es como la Tierra, la cual esta hecha de materiales densos en su interior pero tiene una capa de hielo y agua sobre la mayor parte de su superficie. Lo especial acerca del hielo superficial en Europa comparado con Calixto y Ganímedes es su relativa pureza, lo cual sugiere alguna clase de proceso continuo que periódicamente renueva la superficie del satélite con material fresco del interior (Johnson, 1994).

La hipótesis anterior está sustentada en el hecho de que Europa esta más cerca de Júpiter que Ganímedes y Calixto, por lo que su periodo de revolución es más corto y las fuerzas de marea más grandes, lo que redundo en movimientos internos y de la corteza. Es importante comentar que tal fenómeno no es lo suficientemente grande como para descongelar la corteza.

Basándonos en textura y color, la superficie de Europa puede ser clasificada de la siguiente manera: terrenos planos y moteados, los cuales son atravesados por una confusa red de canales y cordilleras. Estas regiones presentan dos coloraciones distintas: Un tinte café asociado con estructuras angulares de varios kilómetros de largo, pero muy cortas en su altura –con elevaciones de solo cientos de metros- y áreas grises menos alargadas horizontalmente y que muestran menos moteado (Johnson, 1994).

Por otro lado, entre 160° y 200° de longitud, y extendiéndose desde 20° latitud norte a 60° de latitud sur, hay unas bandas oscuras en una región que parece haber sufrido considerables fracturas como consecuencia de movimientos en la corteza.

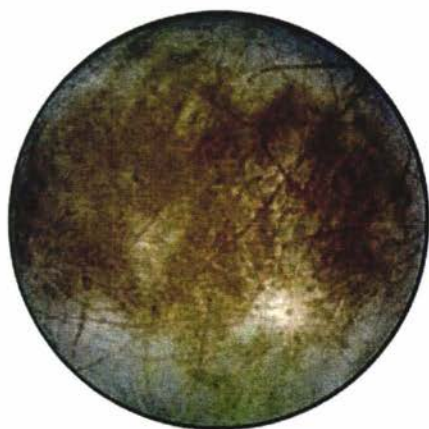


Fig. 3.6 Europa

La apariencia visual de Europa es también muy peculiar, ya que las imágenes de mayor resolución de las sondas espaciales casi no muestran cráteres de impacto, indicando que el registro más antiguo de bombardeo por cometas o asteroides ha sido borrado. Los relieves topográficos observados tienen forma de líneas largas y estrechas, claras u oscuras con cientos o incluso miles de kilómetros de longitud. Algunas de estas líneas son dobles o múltiples, con una forma común consistente de una línea clara entre dos líneas oscuras. Topográficamente los canales de Europa no son depresiones, más bien son crestas poco profundas, de unos pocos kilómetros de ancho y alto. Quizá estas crestas están hechas de material viscoso deslizado hacia arriba a través de grietas en el hielo superficial.

3.5.1 OCEANO SUBTERRÁNEO

La ausencia de grandes cráteres de impacto puede significar que el hielo presente en la superficie de Europa se formó al término del bombardeo meteorítico. Ya que una hipótesis acerca de la formación del satélite es que éste se formó por una acumulación de restos rocosos mezclados con cristales de hielo de agua, tal que al solidificarse, su interior no era tan homogéneo como es ahora. Sin embargo, el calentamiento interno generado tanto por el decaimiento radiactivo como por las fuerzas de marea entre el satélite y Júpiter han forzado a la mayor parte del agua del interior a subir a la superficie (Baugher, 1988).

En la actualidad, Europa debe tener un océano de agua líquida cubriendo su superficie. Gran parte de esta agua, al congelarse, ha formado una corteza de hielo de 100 a 150 Km de espesor. Y en su interior existe un núcleo rocoso (Fig. 3.7).

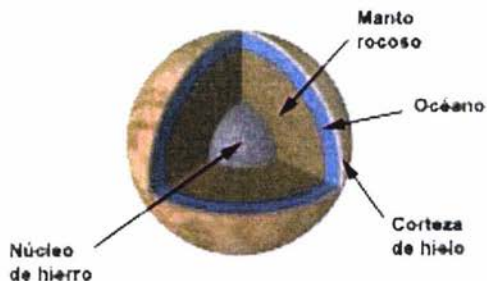


Fig. 3.7 Interior de Europa.

De hecho la extensa red de líneas que se observan en la superficie son fracturas en esa corteza helada, la mayoría de las cuales aparecen radiales y concéntricas en torno a puntos en el lado medio de la cara que mira hacia el planeta. Esto es justificable por las fuerzas de marea entre el satélite y el planeta, que producen tensiones que provocan tales resquebrajamientos.

Inclusive, si estas fuerzas son suficientes para mantener esa agua en estado líquido, entonces tal vez el poco calor en el interior del océano sea suficiente para mantener algún tipo de vida (Beebe, 1986).

3.6 IO

Con sus volcanes activos y su superficie en constante transformación, el más cercano de los grandes satélites jovianos a la superficie de Júpiter es por mucho el más espectacular (Fig. 3.8). Su densidad es de 3.6 g/cm^3 (ligeramente más alta que la de Europa), lo que corresponde a un objeto rocoso con muy poco o nada de agua. De acuerdo con esto, la hipótesis más aceptada acerca de su interior es que lo tiene un núcleo interior rocoso y una corteza de sales de sodio y potasio con componentes de azufre. Tiene también un manto superior con amplias regiones de dióxido de azufre (SO_2) líquido y ríos calientes de azufre también en estado líquido (Fig. 3.9) (Johnson, 1994).

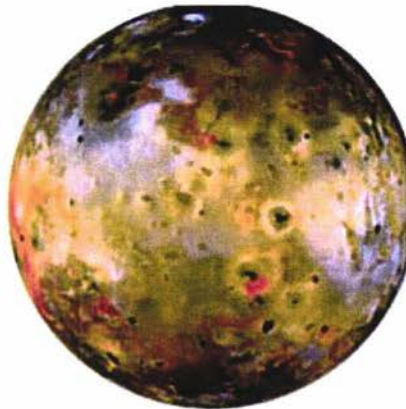


Fig. 3.8 Io

Este satélite tiene también una gran reflectividad superficial, pero en lugar de la superficie de hielo blanca y suave como en Europa, o la superficie gris de hielo contaminado de Ganímedes o Calixto, la de Io es una superficie de múltiples coloraciones amarillas, naranjas, rojas, cafés, negras y blancas. No hay rastros de agua, probablemente lo sea el lugar más seco en el sistema solar exterior.

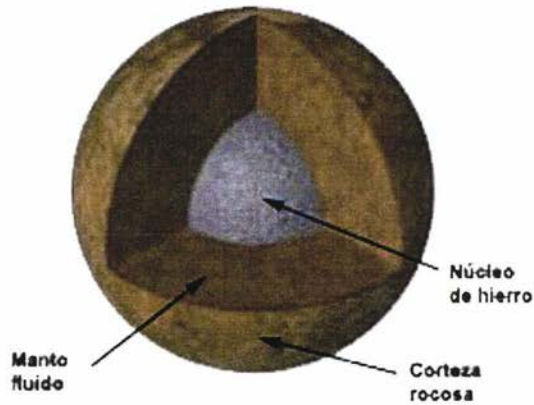


Fig. 3.9 Interior de Io.

Con respecto a los colores observados, se sabe que las tonalidades amarillo-naranjas tienen que ver con la presencia de sodio en las capas superiores de la corteza, a este respecto es importante recordar que las sondas de exploración Ulises y Galileo detectaron la presencia de este elemento en la nube que alimenta el Toro de Io (Ver Sección 2.4) (Hartmann, 1993). Las tonalidades blanquizas pueden tener algo de potasio, pero básicamente es dióxido de azufre el principal componente, pues, aunque en la Tierra se presenta como gas volcánico, en Io está congelado como escarcha blanca. Al respecto de este compuesto, mencionaremos que ha sido detectado en forma gaseosa en una atmósfera tenue en torno al satélite. Por último, las tonalidades oscuras se deben al azufre, el cual es el elemento más abundante en este satélite. Sin embargo, este elemento tiene la propiedad de presentar distintos colores dependiendo de la temperatura a que este sometido y de la manera de enfriarse en estado líquido.

En Io no se aprecian cráteres de impacto. Esto se debe a la constante renovación superficial provocada por la actividad volcánica. La hipótesis más aceptada que explica este fenómeno es que la cercanía del satélite a Júpiter y la gran diferencia de masas y tamaños, generan enormes fuerzas de marea que provocan tensiones y compresiones (dependiendo de que en su órbita elíptica, Io se encuentre en el perijove o en el apojove) en Io, lo que redundará en el calentamiento y la generación de magma, que da lugar a tales fenómenos volcánicos (Johnson, 1994). Cálculos de la proporción de la renovación superficial indican que cientos de metros de nueva corteza debe ser formada cada millón de años.

Este panorama volcánico se observa en Io con distintas características como son: planicies y flujos de lava, conos volcánicos y calderas de lava. De algunas fracturas en la superficie salen largos y ondulantes flujos de lava, mientras que otras están rodeadas por cubiertas blancas, aparentemente depósitos de escarcha

de dióxido de azufre. Las cadenas volcánicas son muy altas, hasta de 9 Km, las montañas de Io son las más grandes de los satélites galileanos (Johnson, 1994).

3.6.1 PLUMAS VOLCÁNICAS

Los eventos más espectaculares en Io son las plumas volcánicas fotografiadas por las sondas Viajero y la sonda Galileo. En marzo de 1979, la sonda Viajero I fotografió 9 plumas elevándose hasta 300 Km sobre la superficie. Cuatro meses más tarde, la sonda Viajero II encontró que todos los volcanes seguían en actividad, excepto uno de ellos (Baugher, 1988).

Las plumas nacen de aberturas o agujeros llamados calderas volcánicas, y se clasifican de la siguiente manera: aquellas cuyas erupciones son violentas y de corta vida, produciendo un depósito superficial rojo oscuro. El mejor ejemplo de este tipo es la pluma Pele, la más grande fotografiada por las sondas Viajero y Galileo. La temperatura de las calderas que dan lugar a este tipo de plumas, está por encima de los 700 K, y su velocidad de eyección también es muy alta (≈ 1000 m/s). El material eyectado es azufre. En el segundo tipo de plumas, las erupciones son de larga vida y aquí el material eyectado es dióxido de azufre. Estas plumas tienen bajas temperaturas y bajas velocidades de eyección.

La mayoría del azufre y del dióxido de azufre de las plumas llueve de regreso a la superficie, pero una pequeña fracción, probablemente diez toneladas por segundo, escapa de Io (Guillot et al, 1997). Estas partículas se rompen rápidamente bajo la radiación electromagnética del Sol y por el impacto de partículas energéticas magnetosféricas. De esta manera este material se convierte en el principal contribuyente de iones cargados de azufre y oxígeno de la magnetosfera interior y principalmente del Toro de Io.

El análisis de las imágenes de las sondas espaciales indica que cerca de 100,000 toneladas de material son eyectadas cada segundo en estas plumas, suficiente para cubrir la superficie entera de Io a una profundidad de decenas de metros en un millón de años, o para alterar el color de un área de miles de kilómetros cuadrados en unas pocas semanas (Gehrels, 1976).

3.7 SATÉLITES NO GALILEANOS

En 1892 E. E. Barnard encontró un satélite pequeño orbitando Júpiter dentro de la órbita de Io, con un periodo de revolución de poco menos de 12 horas. Fue nombrado Amaltea (Fig. 3.10), y fue el último satélite joviano en ser descubierto por observación directa -también es conocido como JV-. La sonda Galileo descubrió que Amaltea es un satélite plagado de agujeros y que probablemente contiene más espacios huecos que roca sólida. Su baja densidad y su aspecto irregular sugieren que debe estar formado por piezas distintas unidas unas contra otras por la fuerza de gravedad y mezcladas con espacios vacíos en su interior (Anderson, 2002).

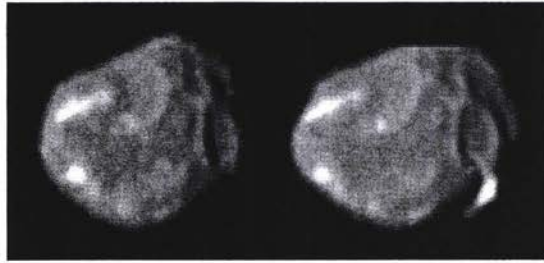


Fig. 3.10 Amaltea (www.jpl.nasa.gov)

Entre 1904 y 1905 C.D. Perrine analizando imágenes fotográficas de este satélite, encontró otros dos cuerpos pequeños orbitando más allá de la órbita de Calixto. Fueron nombrados, Himalia (JVI) y Elara (JVII). Por el mismo método de análisis, en 1908 P. Melotte, descubrió un octavo satélite, con movimiento de traslación retrógrado.

En 1914 S. B. Nicholson anunció el descubrimiento de un noveno satélite ubicado también más allá de la órbita de Calixto y también con movimiento de traslación retrógrado. En 1938 el mismo investigador descubre los décimo y onceavo satélites de Júpiter. Y en 1951 este mismo científico descubre el cuarto satélite exterior, convirtiéndose en la segunda persona después de Galileo en descubrir cuatro satélites jovianos.

El satélite JXIII fue descubierto en 1975 por Kowal, y fue el último en ser descubierto por observadores en tierra, antes de la era espacial. A partir de aquí fueron las fotografías de la sonda Viajero las que proporcionaron la información suficiente para que los científicos hallaran más satélites. De esta manera Jewitt y Danielson descubren el satélite JXIV y Synnott los satélites JXV y JXVI (1979).

Los satélites JXIV y JXVI tienen diámetros de entre 20 a 40 Km y orbitan al planeta en poco más de 7 horas. El satélite JXV también es pequeño, pero da una vuelta a Júpiter en casi 16 horas y se ubica entre lo y Amaltea.

De esta manera, la familia de satélites de Júpiter se extendió hasta 16 miembros. Los cuatro galileanos con órbitas casi circulares localizadas en el plano ecuatorial del planeta y con periodos de traslación de 1.8 a 16.7 días. Cuatro interiores a la órbita de lo: Metis, Adrastea, Amaltea y Thebe, con órbitas que no sobrepasan los 3.5 radios jovianos. Otras cuatro lunas pequeñas: Himalia, Elara, Lysitea y Leda. Con diámetros de 10 a 100 Km y órbitas elípticas a distancias de entre 155.5 a 164.5 Rj. Sus periodos de revolución van de 239 a 260 días. Cuatro lunas mas, muy alejadas del planeta (con órbitas de 240 a 320 Rj): Pasiphae, Sinope, Carme y Ananke. La inclinación de sus planos orbitales es de 16° a 30° respecto al plano ecuatorial joviano y periodos de traslación de 231 a 758 días. Este movimiento de traslación es en dirección retrógrada.

En la actualidad y con el descubrimiento en el año 2001 de doce lunas más en Júpiter, el número de éstas aumentó hasta 40, las cuales se enlistan en la Tabla 3.1.

Tabla 3.1 Satélites de Júpiter.

<u>NOMBRE</u>	<u>DESCUBIERTO POR</u>	<u>ÓRBITA</u> (semieje mayor km x 10 ³)	<u>PERIODO</u> (DÍAS)	<u>DIÁMETRO</u> KM	<u>MASA</u> (10 ²⁰ kg)	<u>DENSIDAD</u> (g/cm ³)	<u>MATERIAL DE LA SUPERFICIE</u>
Metis	Viajero (1979)	128	0.29	20	9	====	roca?
Adrastea	Viajero (1979)	129	0.30	40	2	====	roca?
Amalthea	Barnard (1892)	181	0.50	200	7.2	====	roca, azufre
Thebe	Viajero (1979)	222	0.67	90	8	====	roca?
Io	Galileo (1610)	422	1.77	3630	894	3.6	azufre, so ₂
Europa	Galileo (1610)	671	3.55	3138	480	3.0	hielo
Ganimedes	Galileo (1610)	1070	7.16	5262	1482	1.9	hielo sucio
Calisto	Galileo (1610)	1883	16.69	4800	1077	1.9	hielo sucio
Themisto	====	====	====	====	====	====	====
Leda	Kowal (1974)	11090	239	15?	6	====	====
Himalia	Perrine (1904)	11480	251	180	9.5	====	carbonacea
Lysithea	Nicholson (1938)	11720	259	40	8	====	carbonacea
Elara	Perrine (1905)	11740	260	80	8	====	carbonacea
S/2000 J11	====	====	====	====	====	====	====
Locaste	====	====	====	====	====	====	====
Praxidike	====	====	====	====	====	====	====
Harpalyke	====	====	====	====	====	====	====
Ananke	Nicholson (1951)	21200	631	30?	4	====	====
Isonoe	====	====	====	====	====	====	====
Erinome	====	====	====	====	====	====	====
Taygete	====	====	====	====	====	====	====
Chaldene	====	====	====	====	====	====	====
Carme	Nicholson (1938)	22600	692	40?	9	====	====
Pasiphae	Melotte (1908)	23500	735	40?	2	====	====
Kalyke	====	====	====	====	====	====	====
Magaclite	====	====	====	====	====	====	====
Sinope	Nicholson (1914)	23700	758	40?	8	====	====
Callirrhoe	====	====	====	====	====	====	====

Tabla 3.1 Satélites de Júpiter (continuación)

<u>NOMBRE</u>	<u>DESCUBIERTO POR</u>	<u>ÓRBITA</u> <u>(semieje mayor km x 10³)</u>	<u>PERIODO</u> <u>(DÍAS)</u>	<u>DIÁMETRO</u> <u>KM</u>	<u>MASA</u> <u>(10²⁰ kg)</u>	<u>DENSIDAD</u> <u>(g/cm³)</u>	<u>MATERIAL DE LA</u> <u>SUPERFICIE</u>
S/2001 J10	Sheppard, et al (2001)	====	====	2-4	====	====	====
S/2001 J8	Sheppard, et al (2001)	====	====	2-4	====	====	====
S/2001 J9	Sheppard, et al (2001)	====	====	2-4	====	====	====
S/2001 J2	Sheppard, et al (2001)	====	====	2-4	====	====	====
S/2001 J7	Sheppard, et al (2001)	====	====	2-4	====	====	====
S/2001 J3	Sheppard, et al (2001)	====	====	2-4	====	====	====
S/2001 J6	Sheppard, et al (2001)	====	====	2-4	====	====	====
S/2001 J4	Sheppard, et al (2001)	====	====	2-4	====	====	====
S/2001 J11	Sheppard, et al (2001)	====	====	2-4	====	====	====
S/2001 J5	Sheppard, et al (2001)	====	====	2-4	====	====	====
S/2001 J1	Sheppard, et al (2001)	====	====	2-4	====	====	====
S/2001 J12	Sheppard, et al (2001)	====	====	2-4	====	====	====

(Morrison 1988, www.jpl.nasa.gov.)

CAPITULO 4. ANILLOS

4.1 MARCO HISTÓRICO

Las primeras observaciones hechas por Galileo de los anillos de Saturno en 1610, se realizaron con los primeros telescopios que se fabricaron en el mundo. De tal manera que al ser estos, instrumentos muy rudimentarios, la descripción de lo que vio fueron tres objetos, uno grande y dos más pequeños, muy cercana uno del otro (Fig 4.1. I). Cuando en 1612 nuevamente Galileo apuntó su telescopio al planeta descubrió, con gran asombro, que los objetos laterales habían desaparecido, lo que lo llevó a recordar aquella leyenda de la mitología griega que dice que el dios Saturno devora a sus hijos. Sin embargo, como hombre de ciencia que era, Galileo sospechaba que tal fenómeno tenía una explicación natural. Lo cual confirmó en las observaciones que hizo en 1616, en las que las formas laterales volvieron a aparecer, pero esta vez lo que observó lo dejó más perplejo: “dos medias elipses con dos pequeños triángulos oscuros en la mitad de las figuras y contiguas al disco de Saturno” (Fig 4.1 IX). Como ahora se sabe, tales diferencias de lo observado por Galileo durante distintos años se debieron a la inclinación de 27° de los anillos con respecto al plano orbital del planeta, y con respecto al observador.

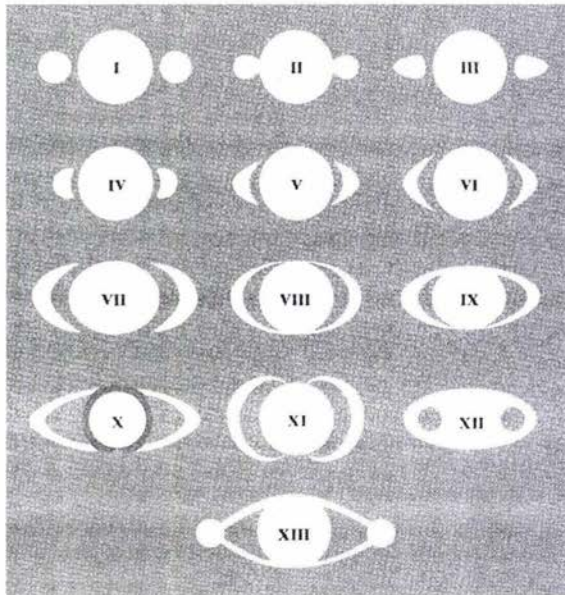


Fig 4.1 Compilación hecha por Huygens sobre las observaciones de los anillos de Saturno. Las imágenes I y IX son similares a algunas observadas por Galileo (Elliot, Kerr, 1987).

Estas variadas –y a veces extrañas– figuras observadas por Galileo y sus contemporáneos, fueron descifradas años después, cuando Christian Huygens (1655), a partir de compilar todas las observaciones del planeta Saturno incluyendo las suyas propias (que lo llevaron a descubrir el satélite Titan), concluyó que tales formas en torno al planeta representaban “un anillo plano y delgado que no toca en punto alguno al planeta y que está inclinado con respecto a la eclíptica”.

Esta respuesta al cuestionamiento inicial, trajo aparejada otra cuestión: ¿De qué está formado él o los anillos?. Tal requerimiento se hizo más complejo cuando en 1675 Jean Dominique Cassini descubrió una línea oscura que dividía al anillo en dos. Ahora conocida como división de Cassini.

Con respecto a esta cuestión hubo dos hipótesis en torno a las cuales se inclinarían los científicos y filósofos que se interesaron en el problema. Por un lado, estaban aquellos que plantearon anillos de estructura sólida y homogénea, uno de ellos fue William Herschel –uno de los más prominentes astrónomos del siglo XVIII– quien a partir de analizar y estudiar las investigaciones de Huygens concluyó que los anillos debían ser sólidos. Otro gran pensador de la época, Pierre Simon de Laplace, apoyó esta teoría con el argumento de que durante la formación del Sistema Solar, así como la materia se condensó para formar planetas y satélites, también se condensó y solidificó para formar anillos. Por supuesto que contra la teoría de anillos sólidos estaba el problema de la división de Cassini, sin embargo fue el mismo Laplace quien estableció que además de esta división existían otras muchas más que no se observan desde la Tierra, lo que es lo mismo decir que el anillo observado consistía de múltiples anillos concéntricos separados unos de otros. De esta manera se explica y justifica la estabilidad mecánica de la estructura anillada.

El asunto se complicó cuando se descubrieron anillos en torno a otros planetas, sin observar aparentemente alguna división. Como en el caso de los anillos de Urano, descritos por el mismo Herschel o cuando a mediados del siglo XIX fue descubierto Neptuno y William Lassell (1846), un novel astrónomo inglés, descubrió anillos en torno a él.

La otra hipótesis, que habla de anillos formados por diminutos trozos de materia, tuvo pocos adeptos sobre todo por las implicaciones teóricas de su descripción. Hubo quien incluso planteó que los anillos debían ser fluidos (George Bond, 1850) y fue hasta 1857, cuando James Clerk Maxwell, dió una demostración teórica satisfactoria de que los anillos no podrían mantenerse estables teniendo una estructura sólida, y de ser fluidos tenderían a aglomerarse para formar satélites. Su conclusión fue que “el único sistema de anillos que presenta alto grado de estabilidad es el formado por un número indefinido de partículas girando en torno al planeta, con diferentes velocidades”. La demostración de esta teoría la hizo James Keeler (1895) quien a través del análisis espectroscópico registró velocidades más pequeñas para el material en la parte externa del anillo y más grandes para el que se ubica en la parte interna. Lo cual solo es posible para una estructura formada por un conjunto de partículas.

En la actualidad se han desarrollado distintas teorías con respecto a la formación de los anillos planetarios. A continuación se describen tales modelos.

4.2 MODELOS DE ORIGEN Y FORMACIÓN DE LOS ANILLOS PLANETARIOS

Son dos los modelos del origen de los anillos planetarios: la ruptura de un satélite y la acreción incompleta. El primero fue construido por Edouard Roche, a mediados del siglo XIX, quien estableció que existe una distancia crítica dentro de la cual cualquier cuerpo muy grande puede ser destrozado por la fuerza de marea y para las partículas ya presentes allí, esta misma fuerza las mantiene separadas, sin permitir que se agrupen en cuerpos más grandes. Esta distancia depende del tamaño (R) y densidad del planeta (ρ') y la densidad de la partícula en órbita (ρ). La relación matemática que identifica esta relación es: $L_r = 2.456 R (\rho' / \rho)^{1/3}$ (Fig 4.2). Así se puede pensar que los anillos podrían ser los restos de un cometa u otro cuerpo interplanetario, que alguna vez estuvo dentro del límite de Roche (Burns, 1994).

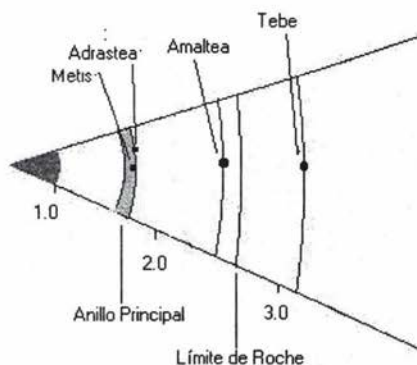


Fig 4.2 Límite de Roche en los anillos jovianos.

Sin embargo, estando a la distancia apropiada (2 a 3 R_j), es posible que algunos fragmentos tengan tamaños de varios kilómetros de diámetro, aún después de haberse desgastado por colisiones durante miles de millones de años, como es el caso de las pequeñas lunetas cercanas a los anillos jovianos.

Estas lunetas y pequeños satélites juegan un papel importante en la dinámica de los anillos planetarios. Debido a que la gravedad de un planeta atrae el material interplanetario de la cercanía, la frecuencia de colisiones es más alta cerca del planeta. Por lo que estas lunetas y satélites cercanos se ven constantemente bombardeados por proyectiles interplanetarios, lo que genera una constante expulsión de material de su superficie, entrando así en una dinámica de retroalimentación con los anillos, como es el caso de los anillos de Júpiter que se mencionarán en la siguiente sección.

El segundo modelo de formación de anillos fue propuesto por Laplace y Kant a finales del siglo XVIII. Desde su punto de vista, los anillos de Saturno, los cuales

se formaron de la misma nebulosa que dio lugar al planeta y sus satélites, no lograron reagruparse para formar un cuerpo más grande. Con respecto a esto, Shoemaker demostró que a principios de la historia del Sistema Solar, cualquier satélite del tamaño de Mimas que estuviera dentro de una región de dos radios planetarios se habría destrozado completamente. En cambio, a la distancia de Mimas el anillo de fragmentos se reagrupó en un solo objeto, mientras que aquellos fragmentos más cercanos (dentro del límite de Roche) no lo hicieron, formando así, un anillo permanente. Una vez formado, el anillo presenta movimientos muy interesantes, los cuales se describen a continuación.

4.2.1. DINÁMICA DE LOS ANILLOS PLANETARIOS

Antes de formar el anillo planetario, un conjunto de partículas en torno a un planeta, evoluciona en una dinámica de varias etapas: primero, su choque constante las lleva a reducir la velocidad relativa entre ellas y a desplazar su plano de movimiento orbital hacia un plano orbital medio en torno al planeta, llamado plano laplaciano. Dentro de este plano, las partículas más cercanas al planeta se mueven más rápido que las más alejadas. Esta diferencia de velocidades provoca que al chocar las partículas, con el paso del tiempo, se alejen unas de otras, hasta el punto de que están tan alejadas que ya no interactúan entre ellas. A partir de entonces, el anillo se mantiene dinámicamente estable a menos que actúen fuerzas externas sobre él (Morrison, 1988).

Sin embargo, el movimiento de las partículas que forman los anillos se ven afectadas no solo por la fuerza gravitacional del planeta sino por la de los satélites cercanos, e incluso por las fuerzas de campo magnético (en el caso de que el planeta lo tenga). En el primer caso, un satélite afectará la dinámica de un anillo, sobre todo en las órbitas resonantes del mismo. Como se sabe, estas orbitas son fracciones enteras de los periodos orbitales del satélite. En estos casos, la fuerza gravitacional se ve incrementada, lo que genera un aumento en la probabilidad de colisiones, aumentando también la inestabilidad en esas zonas y dando como resultado final, un desplazamiento por choques continuos de las partículas hacia regiones más estables del anillo. El ejemplo más conocido de órbita resonante es la división de Cassini en los anillos de Saturno, cuyo periodo orbital es la mitad de la del periodo del satélite Mimas.

Una vez que hemos conocido las características y formación de los anillos planetarios, a continuación describiremos los del sistema joviano.

4.3 ANILLOS DE JÚPITER

Cuando la sonda Pionero 11 se encontraba a una distancia aproximada de 1.6 R_J de Júpiter, decreció el conteo de partículas de alta energía, por lo que, Acuña y Ness (1974) conjeturaron que tal vez algún satélite o anillo estaba absorbiendo las partículas faltantes. Con estos antecedentes, la sonda Viajero I –una de cuyas observaciones programadas era el plano ecuatorial de Júpiter- detectó y fotografió un disco tenue de material que circunda al planeta. Posteriormente la sonda Viajero II registró y confirmó la presencia de un sistema de anillos en torno a Júpiter.

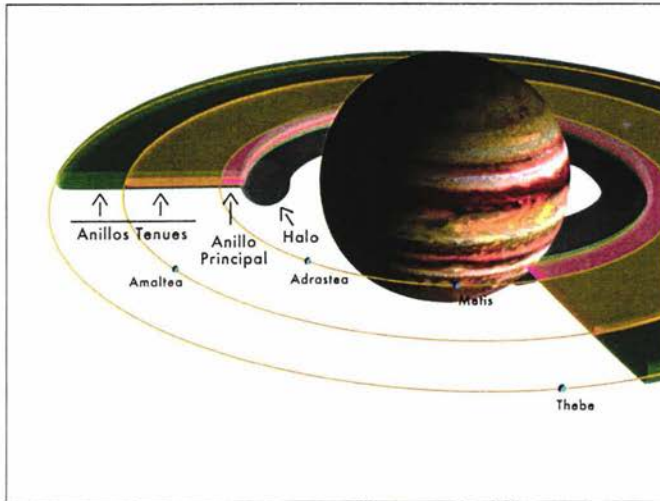


Fig 4.3 Anillos jovianos y satélites cercanos (Belton, Klaasen, 1999).

Hacia el borde exterior del Anillo Principal, se ubican los **Anillos Tenués**, que se extienden desde la frontera exterior del Anillo Principal hasta aproximadamente 221,000 km (cerca de la órbita de Tebe) del planeta. El **Anillo Tenue más Denso**, en torno a la órbita de Amaltea, y el **Anillo Tenue Menos Denso** –y de formación más reciente - en torno a la órbita de Tebe. Por cierto que, relacionado con este anillo más tenue se ha descubierto material que se está difundiendo más allá de la órbita de ese pequeño satélite.

La información enviada por la sonda Galileo, también permitió a los científicos confirmar la relación entre los anillos de Júpiter y las lunetas inmersas o cercanas a ellos, al descubrir en las superficies de éstas, una elevada densidad de cráteres formados por micrometeoritos, y observar una coincidencia en las longitudes de onda en el infrarrojo, emitidas por estas superficies y las emitidas, también en este rango, por las partículas de los anillos, demostrando de esta manera, que efectivamente estos satélites pequeños proporcionan el material para los anillos: por un lado Adrastea y Metis ceden partículas al **Anillo Principal** y Amaltea y Tebe a los **Anillos Tenués**.

Como se ha mencionado, el principal componente de los anillos son diminutas partículas de materia que forman el polvo interplanetario. Acerca de sus propiedades y características hablaremos a continuación.

4.4 POLVO INTERPLANETARIO

El polvo interplanetario existente en el Sistema Solar es resultado tanto de fenómenos catastróficos como de interacciones físicas, puede ser generado por colisiones entre objetos en el interior de los anillos planetarios, por colisiones de meteoritos o micrometeoritos con satélites o planetas e inclusive puede ser capturado por las magnetosferas planetarias.

A primera aproximación se lograron identificar tres componentes en tal sistema. Sin embargo, con las imágenes e información enviadas por las sondas Ulises y Galileo se descubrió que el llamado anillo tenue, en realidad está formado por dos anillos, por lo que se han identificado las cuatro estructuras del sistema de anillos joviano (Fig 4.3, Tabla 4.1).

Tabla 4.1 Estructura de los anillos jovianos.

	Satélites Asociados
Anillos Tenues	
Radio Exterior 1: 182,500 Km. (2.556 Rj)	Semieje mayor Amaltea: 181,366 Km. (2.540 Rj)
Radio Exterior 2: 225,000 Km. (3.151 Rj)	Semieje mayor Tebe: 221,888 Km. (3.108 Rj)
Anillo Principal	
Radio Exterior: 128,940 ± 73 Km. (1.806 Rj)	Semieje mayor Adrastea: 128,980 Km. (1.807 Rj)
Ancho Radial: 1000 Km.	Resonancia Amaltea 5:3, 129,400 Km. (1.812 Rj)
Disminución de Brillo: 127,910 ± 66 Km. (1.792 Rj)	Semieje mayor Metis: 127,979 Km. (1.793 Rj)
Radio Interior: 122,500 km (1.716 Rj)	
Ancho Radial: 4400 km	
Halo Toroidal	
Radio Interior: 92,000 ± 1000 km (1.2900 Rj)	
Limites Superior e Inferior: 25,000 Km. al plano del anillo.	

1Rj = 71,398 km.

(Belton, Klaasen, 1999)

El Anillo Principal (Fig 4.3), con un espesor de casi 30 km es el más brillante y se extiende a lo largo de 6,440 km desde la frontera exterior del Halo Toroidal (a 128,940 km del planeta, en torno a la órbita de Adrastea), región donde el anillo es muy brillante, hasta aproximadamente 128,980 km (en la vecindad de la órbita de Metis), donde su brillantez disminuye. Las imágenes de la sonda Galileo, han mostrado un par de características más en el Anillo Principal: manchas oscuras y claras en distintas regiones del anillo y presencia de material por encima y por debajo del mismo, algo así como una nube de material, a alturas de hasta 300 km, la cual tal vez sea reminiscente del Halo, pues se ubica en las áreas internas del Anillo Principal (Belton, Klaasen, 1999).

El anillo más interno del sistema es un **Halo Toroidal**, que se extiende desde 92,000 km del planeta, hasta cerca de 122,500 km de Júpiter. Su brillantez disminuye con el aumento de la distancia al plano ecuatorial y en las regiones más cercanas al planeta. Esta cercanía a Júpiter genera que la dinámica de partículas llegue hasta la atmósfera superior.

Se localiza en distintas regiones del sistema solar, como el cinturón de asteroides o las colas cometarias, pero básicamente es de nuestro interés su presencia en torno a los cuerpos planetarios, tanto el que forma parte de los anillos como el que es arrastrado por la magnetosfera (como es el caso de parte del polvo del sistema joviano). En todos estos casos entenderemos por polvo a las partículas sólidas (granos) con tamaños que van de nanómetros a micras, que son no solamente de material rocoso o rocoso-metálico sino que también puede ser rocoso-refractario o puede estar compuesto de partículas de hielo como es el caso del polvo que está presente en cometas y en el Sistema Solar Exterior.

Debido principalmente a su tamaño, el polvo interplanetario es significativamente influenciado por fuerzas electromagnéticas y gravitacionales, por lo que es un buen parámetro de información de las condiciones físicas del ambiente en el que se ubica, así como del que proviene.

Una partícula de polvo en el espacio interplanetario puede adquirir carga eléctrica por distintas formas: a) a través de la radiación ultravioleta proveniente del Sol, b) por iones y electrones inmersos en el plasma del viento solar, c) por partículas energéticas magnetosféricas (Krüger, et al, 1997).

Por un lado, la radiación electromagnética de longitud de onda ultravioleta al incidir en la partícula libera fotoelectrones de ella, dejándola cargada positivamente. También esta partícula de polvo recibe iones y electrones del plasma del viento solar, liberando a su vez electrones secundarios. Sin embargo, el que estos iones y electrones permanezcan o no en la partícula de polvo, dependerá de su energía y del potencial eléctrico y polaridad de dicha partícula. El fenómeno predominante en el espacio interplanetario es el de la liberación de fotoelectrones, por lo que la mayoría de los granos están cargados positivamente y con un potencial de bajo voltaje. Solo en algunos casos, sobre todo cuando aumenta el flujo del viento solar, la cantidad de electrones también es mayor en el espacio interplanetario por lo que las partículas se cargan negativamente (Greenberg, 1984).

Sin embargo, es la población de polvo en el ambiente joviano la que nos ocupa y se menciona a continuación.

4.5 POLVO JOVIANO

La presencia de polvo en Júpiter fue pura especulación hasta el comienzo de la exploración espacial, cuando los detectores de polvo de las Pioneer 10 y 11 registraron varios impactos de partículas, los cuales marcaron la pauta para que posteriormente las sondas Viajero registraran las primeras imágenes de los anillos de polvo jovianos.

El siguiente gran paso vino de las sondas Ulises en 1992 y Galileo en 1996. Sus detectores de polvo eran cinco órdenes de magnitud más sensibles que los de las sondas Pioneer. Estos detectores por su alta eficiencia fueron utilizados en ambos proyectos de exploración. Algunas de sus características técnicas son que tiene un área sensible de 0.1 m^2 la cual recibe los impactos de las partículas de polvo. Cualquiera de estas partículas que entre al detector y golpee una placa dorada a una velocidad mayor de 1 km/s producirá un microcráter de impacto, además de generar electrones libres e iones. Estas partículas con carga eléctrica son separadas con un campo eléctrico dentro del detector a través de electrodos, lo

que genera una señal eléctrica que puede ser medida y de esta manera calcular la masa y velocidad de las partículas de impacto (Krüger, et al, 1997). Así, estas sondas espaciales descubrieron haces colimados intermitentes de partículas de polvo, con intervalos de ocurrencia de 28 ± 3 días. Como muestra la gráfica formada con los datos registrados por la sonda Ulises (Fig 4.4), cerca de un mes después de su máximo acercamiento al planeta, la sonda registró la ráfaga de polvo más intensa a una distancia de Júpiter de aproximadamente 4×10^6 km, mientras que durante cerca de 10 horas la proporción de partículas de polvo se incrementó un factor de 1000. La similitud de las señales de impacto y dirección indicó que las partículas de la ráfaga se mueven en flujos colimados a velocidades de varios cientos de kilómetros por segundo (200 km/s) con tamaños de 5 a 15 nm (Grün, 1999).

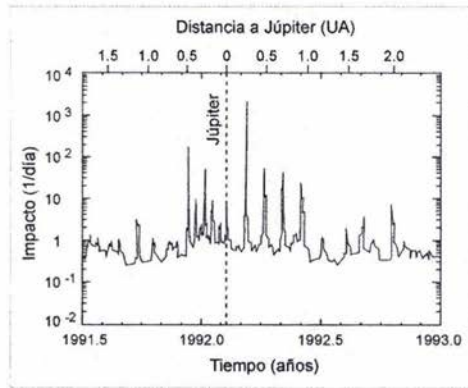


Fig. 4.4 Registro de impactos del detector de polvo de la sonda Ulises (Krüger, et al, 1997).

Con esta información se logró establecer las características básicas del polvo joviano:

Las distintas poblaciones de polvo en torno al medio interplanetario de Júpiter pueden ubicarse en un rango de densidades de 1.35 a 2.0 g cm^{-3} (Tabla 4.2), además de esto, y por el tamaño de las partículas que las forman, hacen que este polvo sea influido por distintas fuerzas: gravitacionales por parte del planeta y de los satélites cercanos, fuerzas de Lorentz debidas a la carga eléctrica positiva adquirida por los granos de polvo en la magnetosfera y en el campo magnético joviano, e incluso por la presión de radiación solar.

Tabla 4.2. Poblaciones de polvo en Júpiter

Población	Tamaño de Partícula (μm)	Distancia al Centro de Júpiter	Densidad (g cm^{-3})
Chorro de Partículas	~ 0.01	6 Rj – 2AU	$10^{-26} - 10^{-31}$
Nubes de Polvo	0.3 – 1	$\leq 10 R_{\text{SAT}}$	$10^{-22} - 10^{-23}$
Anillos de Polvo	0.6 – 2	6 – 30 Rj	$10^{-23} - 10^{-24}$
Partículas Capturadas	0.5 – 1.5	6 – 20 Rj	$\sim 10^{-24}$
Falda de	1 – 2	$\geq 50 Rj$	$\sim 10^{-25}$

1 Rj = 71.398×10^8 cm.

$1\mu\text{m} = 0.001$ cm.

(Krüger, et al, 1997)

Con respecto a la concentración de polvo en torno a los satélites no hay duda de que éstas son en sí mismas fuentes de polvo ya que sus fuerzas gravitacional y electromagnética no son lo suficientemente intensas como para capturar polvo interplanetario e interestelar. Además, debido a que no hay evidencia de géisers de gran dimensión en Europa, Ganímedes y Calixto, se entiende que sus superficies son bombardeadas por micrometeoritos, eyectando así, polvo al medio magnetosférico. Sin embargo, en el caso de lo, el polvo puede ser eyectado en las plumas volcánicas, el cual entra al toro de plasma frío donde se carga negativamente y queda confinado allí, en cambio, las partículas que alcanzan las regiones exteriores más calientes del toro se cargan positivamente debido a la abundante producción secundaria de electrones en esa región (ver capítulo 3). Acerca de esta adquisición de carga eléctrica haremos un análisis con datos registrados por la sonda Ulises.

4.6 RELACIÓN RADIO-CARGA ELÉCTRICA DE LAS PARTÍCULAS DE POLVO PROVENIENTES DE LOS VOLCANES DE IO

Para calcular la carga eléctrica de las partículas de polvo nos basamos en el modelo establecido por Horanyi, Morfill y Grün (1993), el cual dice que: para entender la dinámica de un pequeño grano de polvo inmerso en la magnetosfera joviana, es necesario calcular su carga eléctrica adquirida. Para esto, es necesario considerar que esta carga estará en función de la composición, la temperatura y la densidad del plasma, además de la composición química del grano, su velocidad de desplazamiento y la carga eléctrica previa que pudiera tener. En el entorno joviano se espera que las contribuciones principales para este proceso de carga sean los flujos de electrones e iones térmicos, además del flujo

de electrones secundarios (como causa de la radiación electromagnética del viento solar).

la suma de estas corrientes eléctricas determina la evolución de la carga q de un grano, lo cual se puede escribir como:

$$\frac{dq}{dt} = \sum_i I_i \quad (4.6.1)$$

donde, q : carga eléctrica, t : tiempo, I : corrientes eléctricas generadas por distintos procesos.

El comportamiento de esta ecuación ha sido calculado con los registros llevados a cabo por la sonda Viajero cerca de los 5 R_j, y con los realizados por la sonda Ulises aproximadamente a los 5.9 R_j, donde se ubica el toro de plasma de lo, el cual, como ya se ha mencionado es alimentado básicamente por las erupciones volcánicas del satélite. Son estos últimos registros los que utilizaremos para la evaluación de la carga eléctrica. Los cuales fueron obtenidos de la pagina web: <http://ulysses.jpl.nasa.gov>. En primer lugar consideraremos a las partículas de polvo como pequeñas esferas, por lo cual aplicaremos la Ley de Gauss para calcular su carga eléctrica :

$$\Phi = \frac{q}{4\pi\epsilon r} \quad (4.6.2)$$

Φ : potencial eléctrico (volts)
 q : carga eléctrica (coulombs)
 ϵ : constante de permitividad
 r : radio de la partícula (m)

de tal manera que:

$$q = \Phi(4\pi\epsilon r) \quad (4.6.3)$$

Por otro lado, debido a que las mediciones de la sonda Ulises indican la masa de las partículas, fue necesario en la tabulación hallar el tamaño correspondiente a cada masa dada de los granos de polvo, para lo cual se consideró la relación:

$$V = \frac{m}{\rho} \quad (4.6.4)$$

V : volumen de la partícula,
 m : masa de la partícula,
 ρ : densidad de la partícula,

recordamos que estamos considerando partículas esféricas, por lo que:

$$\frac{4}{3}\pi r^3 = \frac{m}{\rho} \quad (4.6.5)$$

de tal manera que:

$$r = \sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\rho}} \quad (4.6.6)$$

Otro punto importante a considerar es que debido a que las partículas provienen de los volcanes de Io, entonces pueden ser, Azufre, Monóxido de Azufre o Dióxido de Azufre (ver sección 3.4) en su gran mayoría. Por lo que aplicaremos la ecuación (4.6.6) para los tres compuestos mencionados, y cuyas densidades tienen los siguientes valores (los que son válidos para la Tierra por lo que los resultados a los que lleguen serán una aproximación a los resultados reales pues no sabemos la densidad real de estos componentes en Io o en el entorno joviano):

$$\rho_s = 2.07 \frac{g}{cm^3} \quad (4.6.7)$$

$$\rho_{so} = 2.145 \times 10^{-3} \frac{g}{cm^3} \quad (4.6.8)$$

$$\rho_{so_2} = 2.93 \times 10^{-3} \frac{g}{cm^3} \quad (4.6.9)$$

Una vez encontrados los radios de los granos de polvo con la ecuación (4.6.6) procedemos a calcular la carga con la ecuación (4.6.3), para lo cual consideraremos los potenciales de 3 volts (valor medido por las sondas espaciales) y 10 volts (este valor fue calculado teóricamente), de acuerdo al modelo que estamos siguiendo (Horanyi, Morfill, Grün, 1993).

4.6.1 ANÁLISIS DE DATOS Y RESULTADOS

Como puede verse en el registro de los datos enviados por la sonda Ulises (Apéndice A), estos fueron registrados durante el periodo de 1990 a 1999.

Debido a que el detector de la sonda espacial registró la masa de las partículas, procedimos a calcular el radio de las mismas, utilizando para esto la ecuación 4.6.6, trabajando cada año por separado.

Con respecto a la densidad de las partículas se consideró que tales granos de polvo al provenir de los volcanes del satélite Io, deben ser de Azufre (S), Monóxido de Azufre (SO) o Dióxido de Azufre (SO₂) (ecuaciones 4.6.7, 4.6.8, 4.6.9).

Con el radio obtenido, se procedió a calcular la carga eléctrica para cada partícula de S, SO y SO₂. Para esto, se consideró un potencial eléctrico en el plasma de 3

Volts, y se sustituyo en la ecuación 4.6.3. Sin embargo, también se calculó la carga para un potencial de 10 Volts.

De esta manera, se obtuvo una gráfica de resultados de carga eléctrica con respecto al tamaño de la partícula, para cada una de las densidades dadas, para cada uno de los potenciales dados y para cada año de datos obtenidos (excepto para 1992, pues en ese año la cantidad de datos fue un poco más de la mitad de la suma total de los otros años, de tal manera que al intentar graficarlos, no se podía percibir la comparación con los otros años).

Por último, se procedió a unificar las gráficas obtenidas, por densidad y por potencial, dando como resultado las gráficas 4.6.1 a 4.6.6, en las cuales observamos un comportamiento muy similar en todos los años calculados, por lo que procedimos a obtener un promedio de tales resultados, obteniendo de esta manera las gráficas 4.6.7 a 4.6.12.

De las gráficas originales (4.6.1 a 4.6.6) y las gráficas promedio (4.6.7 a 4.6.12) observamos lo siguiente:

Como era de esperarse, los resultados teóricos obtenidos con el modelo de Horanyi, Morfill y Grün (1993) coinciden con los valores calculados a partir de los datos obtenidos con la sonda espacial, i.e. la carga eléctrica de las partículas es directamente proporcional a su tamaño.

Las diferencias perceptibles (además del tamaño de los granos de Azufre, de Monóxido de Azufre y de Dióxido de Azufre) se observan en la variación de la carga que depende del potencial eléctrico en el que se encontraban inmersas tales partículas. A partir de esta variación y tomando en cuenta el tamaño de la partícula, podemos obtener los siguientes resultados:

Para los granos de Azufre (gráficas 4.6.1, 4.6.2, 4.6.7 y 4.6.8):

- a) Las partículas de Azufre más pequeñas son del orden de 2.1918×10^{-6} cm, mientras que las más grandes son del orden de 1.1386×10^{-4} cm.
- b) Para partículas de este tipo, con tamaños en el intervalo de 2.1918×10^{-6} cm a 2.0991×10^{-5} cm, la carga aumenta desde cero hasta 2.07×10^{-7} esu a un potencial de 3 volts, y desde cero hasta 6.7582×10^{-7} esu a un potencial de 10 volts.
- c) En el siguiente intervalo de tamaños, que va de 2.0991×10^{-5} cm a 3.97356×10^{-5} cm, la carga aumenta desde 2.0×10^{-7} esu a 4.0×10^{-7} esu a un potencial de 3 volts y de 6.7582×10^{-7} esu a 1.35796×10^{-6} esu a un potencial de 10 volts.
- d) En el siguiente intervalo de tamaños, que va de 3.97356×10^{-5} cm a 6.08124×10^{-5} cm, la carga aumenta desde 4.0×10^{-7} esu a 6.0×10^{-7} esu a un potencial de 3 volts y de 1.35796×10^{-6} esu a 2.0×10^{-6} esu a un potencial de 10 volts.
- e) En el último intervalo de tamaños, que va de 6.08124×10^{-5} cm a 1.1386×10^{-4} cm, la carga aumenta desde 6.0×10^{-7} esu a aproximadamente 1.0×10^{-6} esu a un potencial de 3 volts y de 2.0×10^{-6} esu a 3.30979×10^{-6} esu a un potencial de 10 volts.

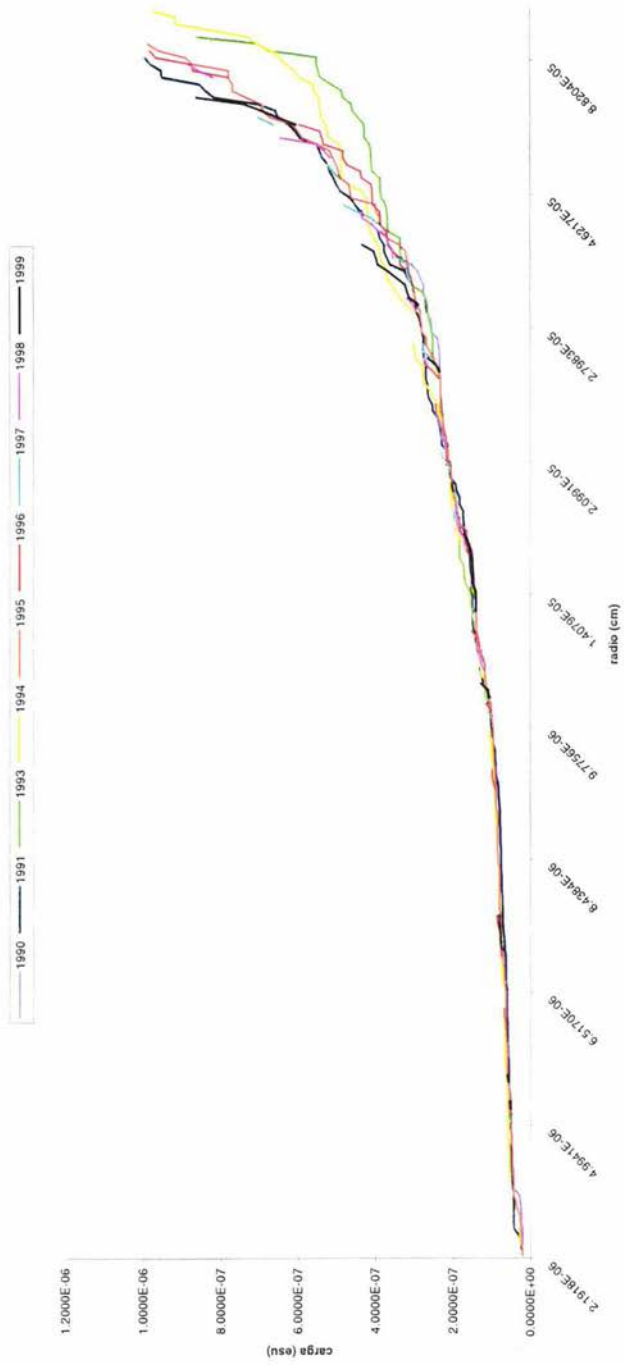
Para los granos de Monóxido de Azufre (gráficas 4.6.3, 4.6.4, 4.6.9 y 4.6.10):

- a) Las partículas de Monóxido de Azufre más pequeñas son del orden 2.1660×10^{-5} cm, mientras que las más grandes son del orden de 1.1453×10^{-3} cm.
- b) Para partículas de este tipo, con tamaños en el intervalo de 2.1660×10^{-5} cm a 2.0744×10^{-4} cm, la carga aumenta desde cero a 2.0×10^{-6} esu a un potencial de 3 volts y desde cero a 7.43086×10^{-6} esu a un potencial de 10 volts.
- c) En el siguiente intervalo de tamaños, que va de 2.0744×10^{-4} cm a 4.0×10^{-4} cm, la carga aumenta de 2.0×10^{-6} esu a 4.0×10^{-6} esu a un potencial de 3 volts y de 7.43086×10^{-6} esu a 1.35×10^{-5} esu a un potencial de 10 volts.
- d) En el siguiente intervalo de tamaños que va de 4.0×10^{-4} cm a 6.0×10^{-4} cm, la carga aumenta de 4.0×10^{-6} esu a 6.0×10^{-6} esu a un potencial de 3 volts y de 1.35×10^{-5} esu a 2.0×10^{-5} esu a un potencial de 10 volts.
- e) En el último intervalo de tamaños, que va de 6.0×10^{-4} cm a 1.1453×10^{-3} cm, la carga aumenta de 6.0×10^{-6} esu a aproximadamente 1.0×10^{-5} esu a un potencial de 3 volts y de 2.0×10^{-5} esu a 3.33108×10^{-5} esu a un potencial de 10 volts.

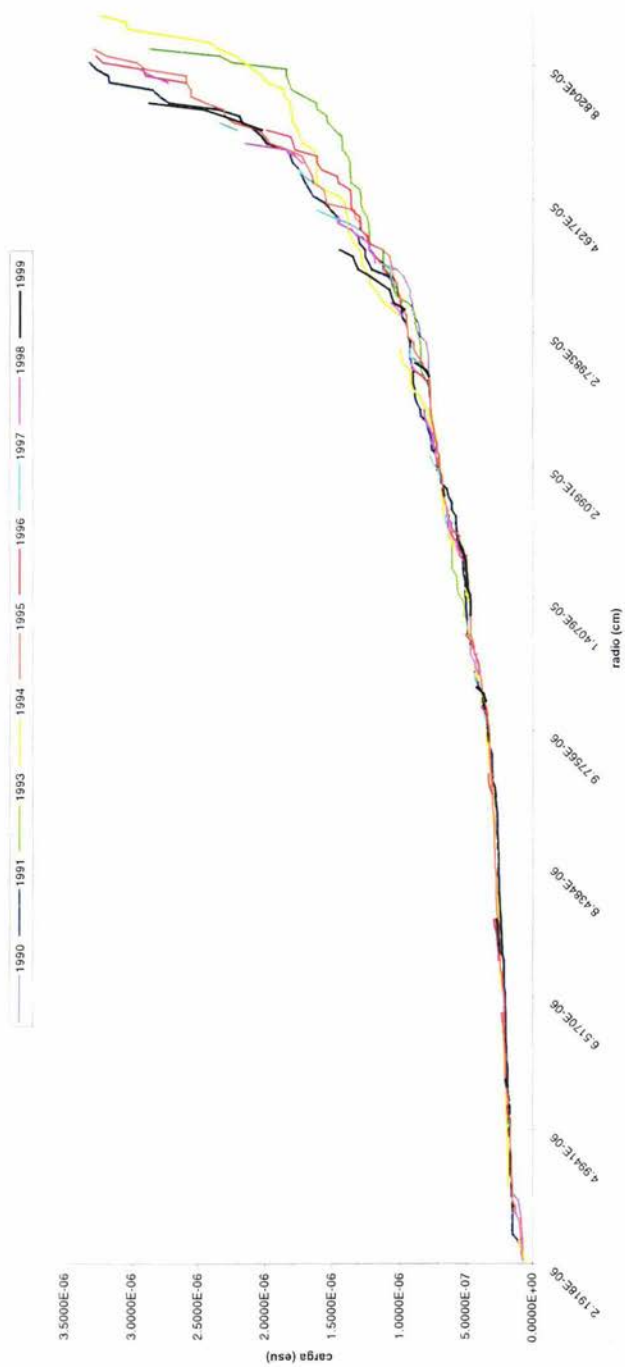
Para los granos de Dióxido de Azufre (gráficas 4.6.5, 4.6.6, 4.6.11 y 4.6.12):

- a) Las partículas de Dióxido de Azufre más pequeñas son del orden de 1.9521×10^{-5} cm, mientras que las más grandes son del orden de 1.0619×10^{-3} cm.
- b) Para partículas de este tipo, con tamaños en el intervalo de 1.9521×10^{-5} cm a 1.9165×10^{-4} cm, la carga aumenta desde cero a 2.0×10^{-6} esu a un potencial de 3 volts y desde cero a 6.6971×10^{-6} esu a un potencial de 10 volts.
- c) En el siguiente intervalo de tamaños, que va de 1.9165×10^{-4} cm a 4.1163×10^{-4} cm, la carga aumenta de 2.0×10^{-6} esu a 4.1725×10^{-6} esu, a un potencial de 3 volts y de 6.6971×10^{-6} esu a 1.3×10^{-5} esu a un potencial de 10 volts.
- d) En el siguiente intervalo de tamaños, que va de 4.1163×10^{-4} cm a 5.938×10^{-4} cm, la carga aumenta de 4.1725×10^{-6} esu a 6.0×10^{-6} esu a un potencial de 3 volts y de 1.3×10^{-5} esu a 2.0×10^{-5} esu a un potencial de 10 volts.
- e) En el último intervalo de tamaños, que va de 5.938×10^{-4} cm a 1.0619×10^{-3} cm, la carga aumenta de 6.0×10^{-6} esu a 9.332×10^{-6} esu a un potencial de 3 volts y de 2.0×10^{-5} esu a 3.11×10^{-5} esu a un potencial de 10 volts.

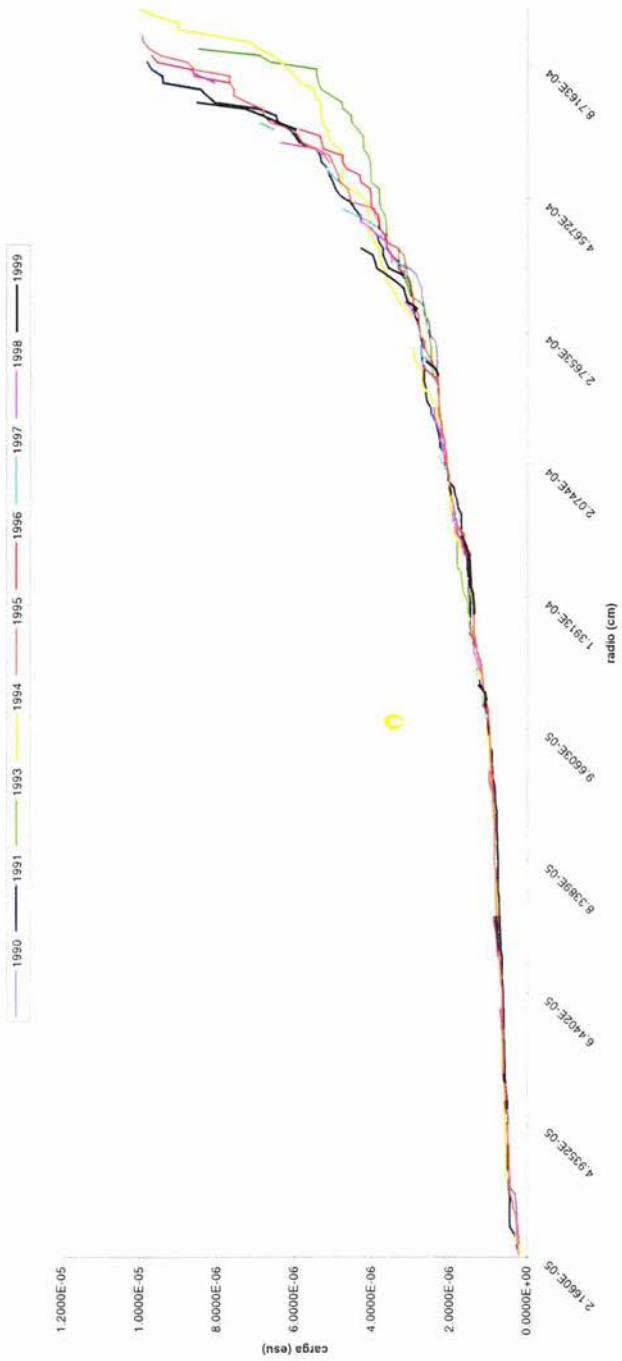
Gráfica 4.6.1 Radio y Carga Eléctrica de las partículas de Azufre inmersas en un potencial de 3 volts



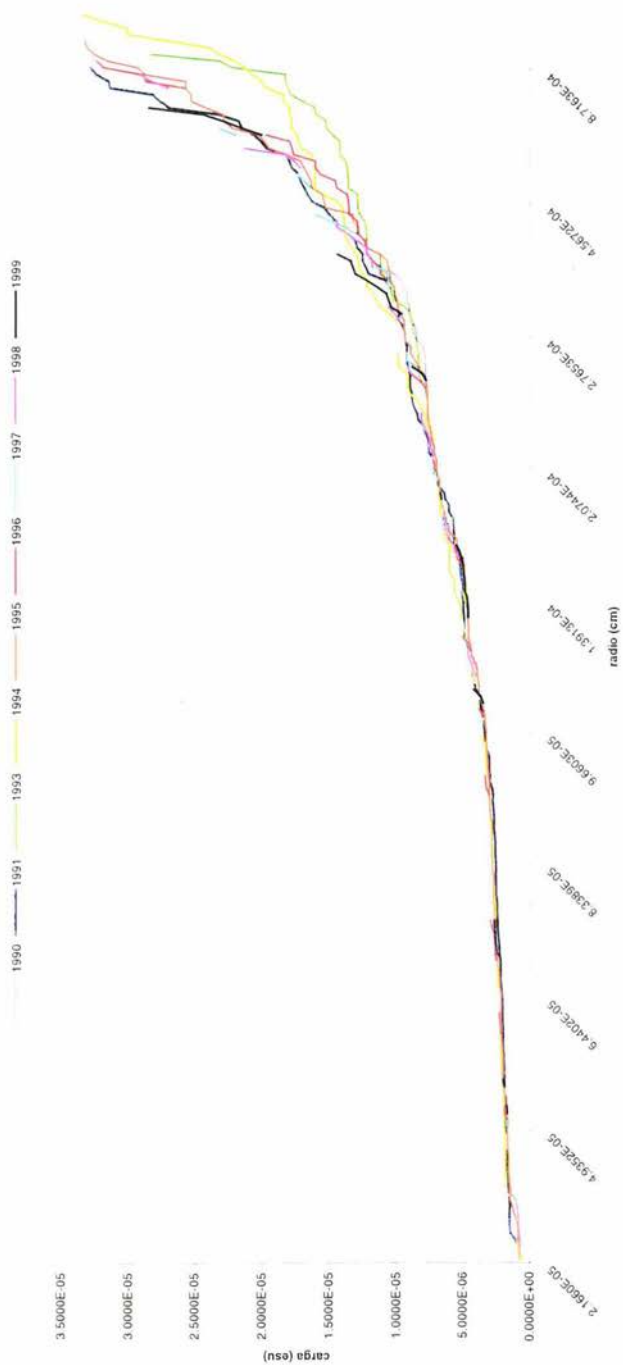
Gráfica 4.6.2 Radio y Carga Eléctrica de las partículas de Azufre inmersas en un potencial de 10 volts



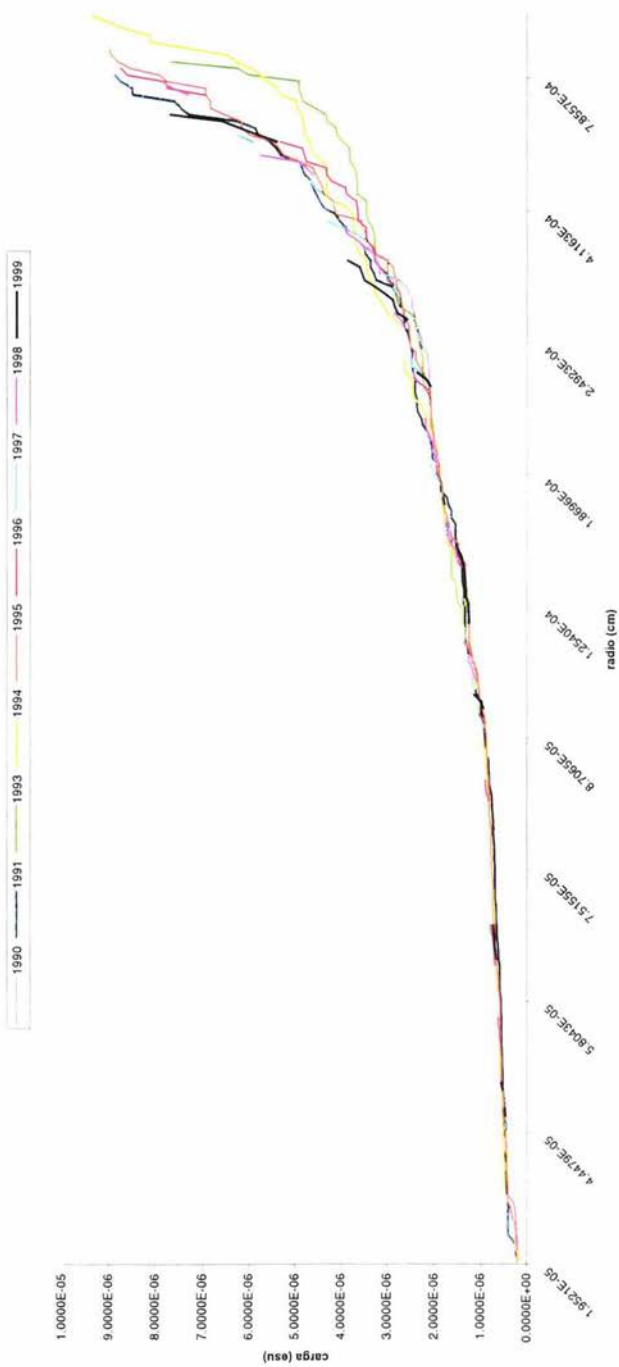
Gráfica 4.6.3 Radio y Carga Eléctrica de las partículas de Monóxido de Azufre Inmersas en un potencial de 3 volts



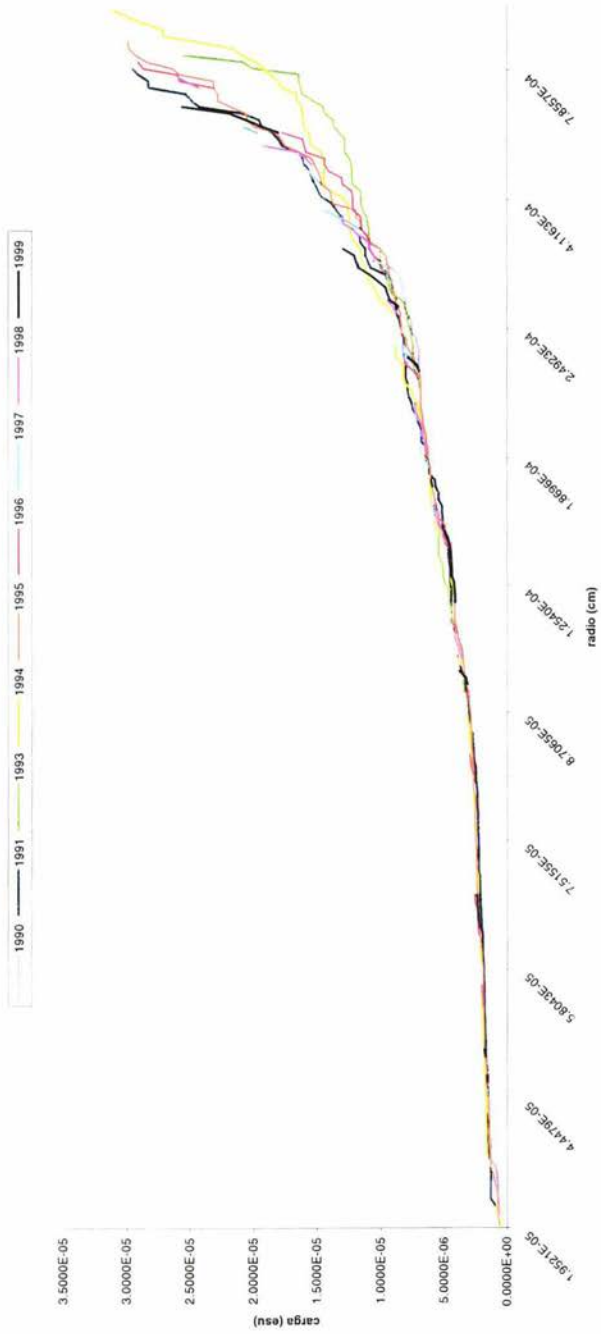
Gráfica 4.6.4 Radio y Carga Eléctrica de las partículas de Monóxido de Azufre inmersas en un potencial de 10volts



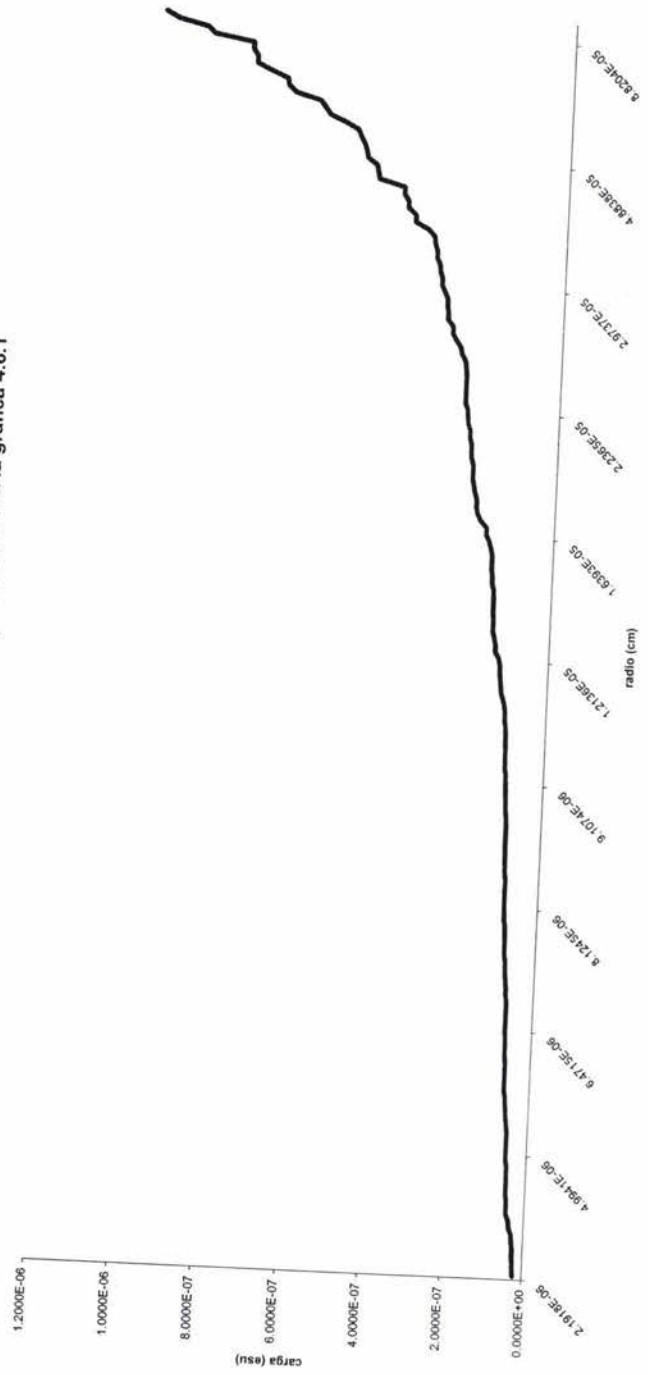
Gráfica 4.6.5 Radio y Carga Eléctrica de las partículas de Dióxido de Azufre inmersas en un potencial de 3volts



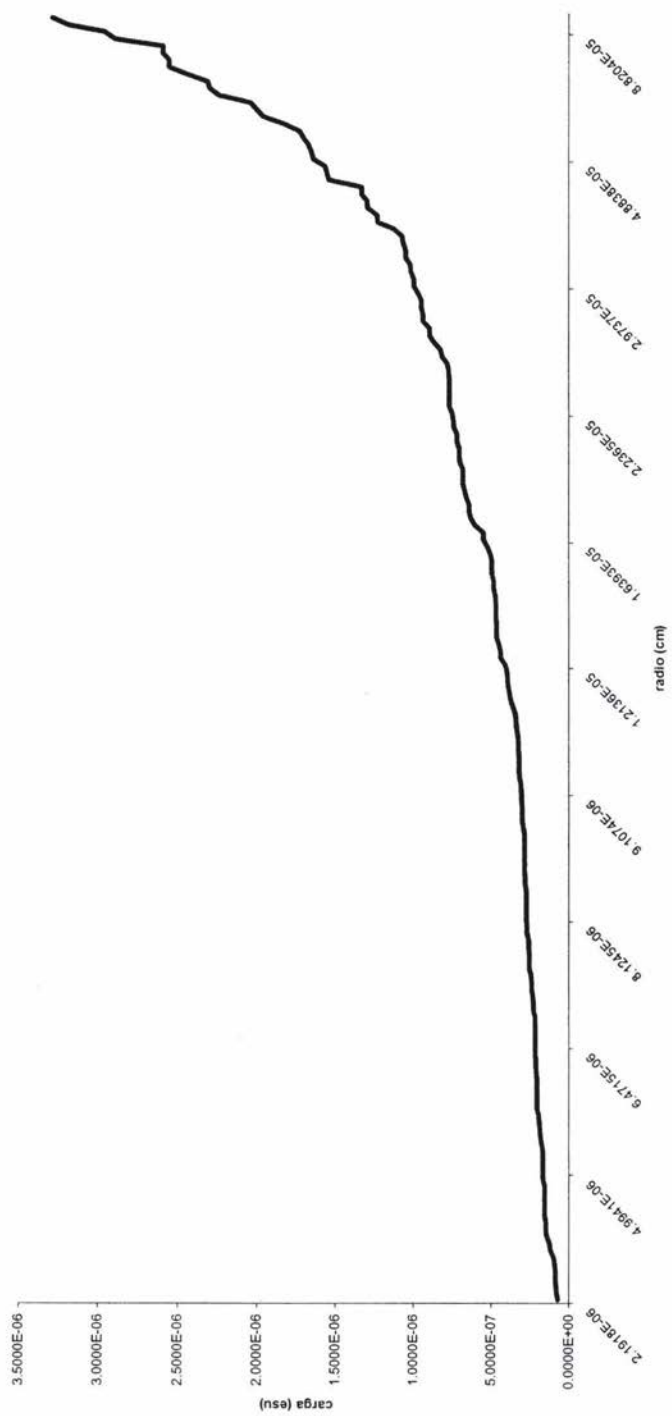
Gráfica 4.6.6 Radio y Carga Eléctrica de las partículas de Dióxido de Azufre inmersas en un potencial de 10 volts



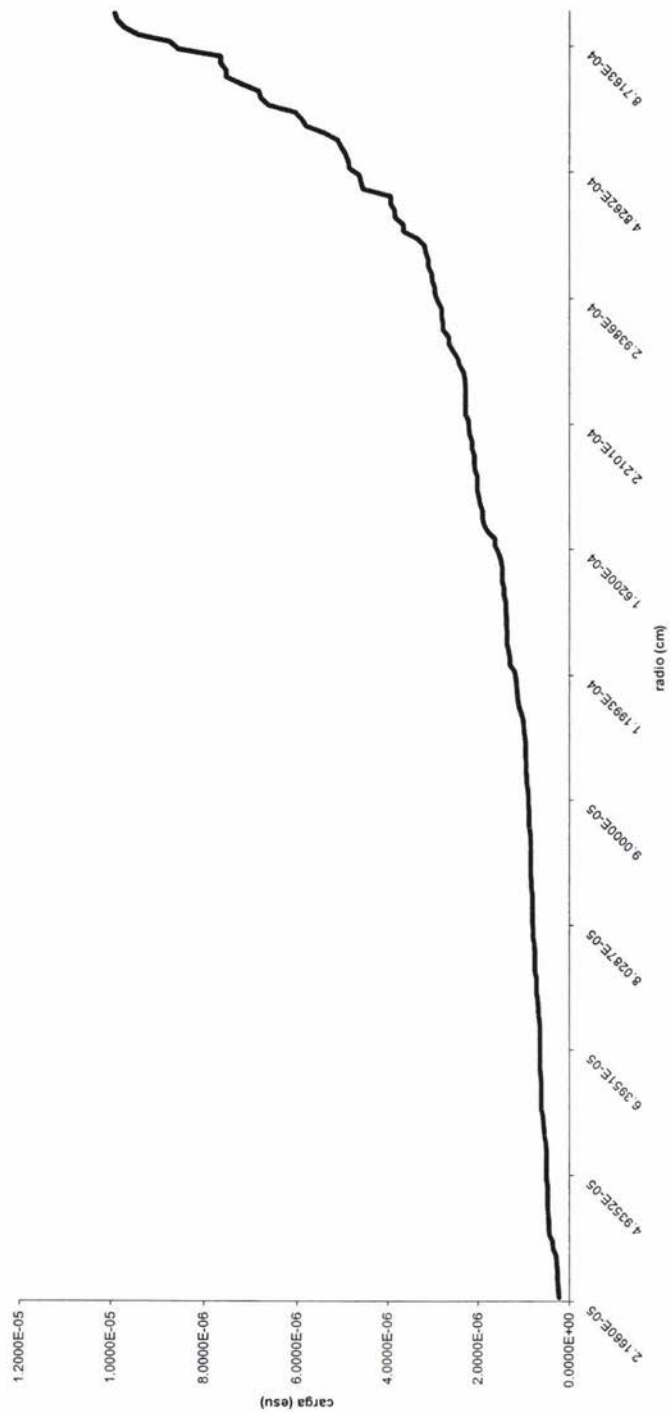
Gráfica 4.6.7 Promedio de los valores representados en la gráfica 4.6.1



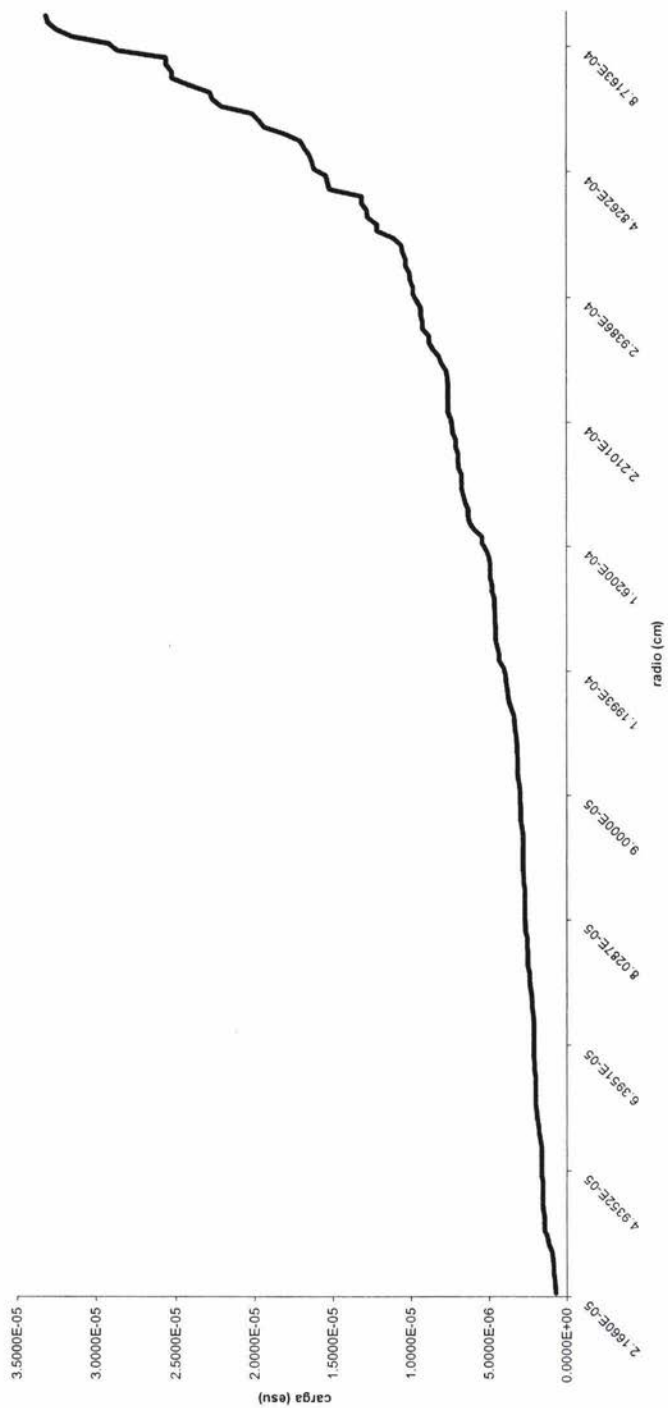
Gráfica 4.6.8 Promedio de los valores representados en la gráfica 4.6.2



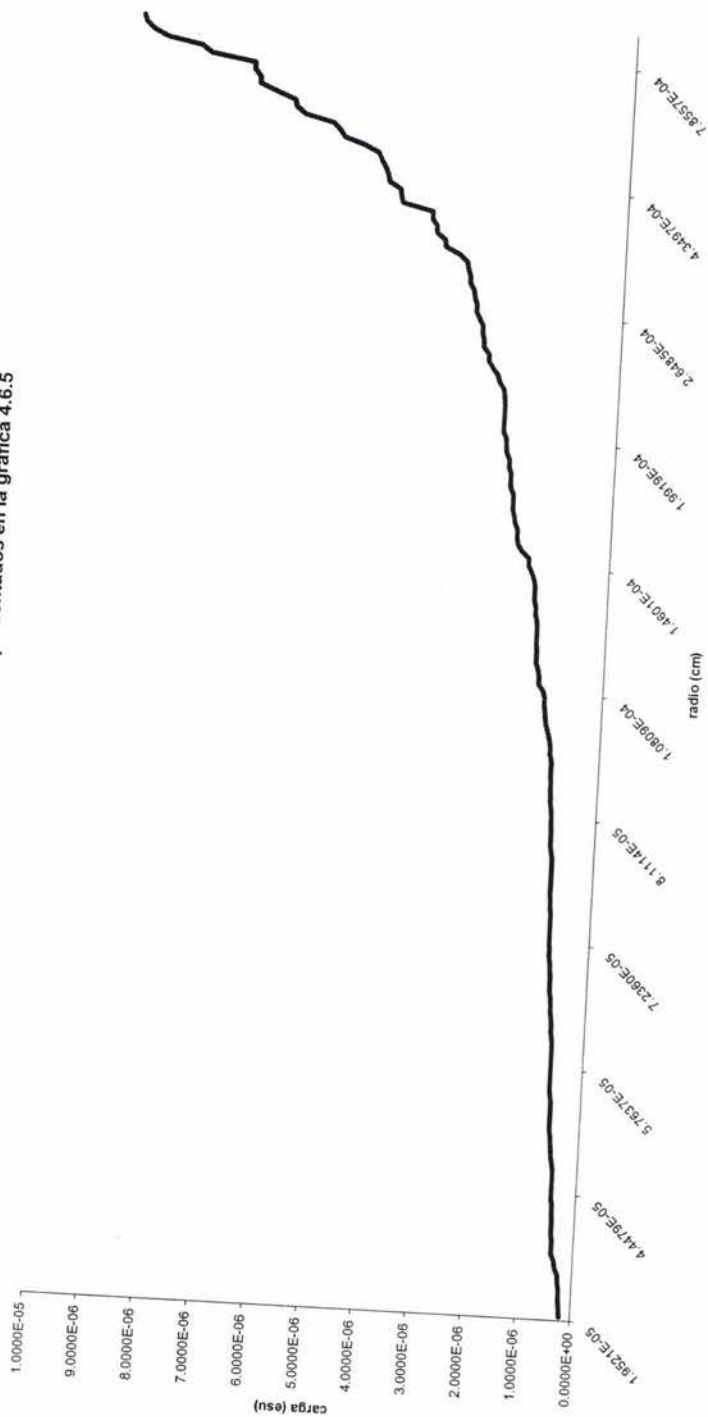
Gráfica 4.6.9 Promedio de los valores representados en la gráfica 4.6.3



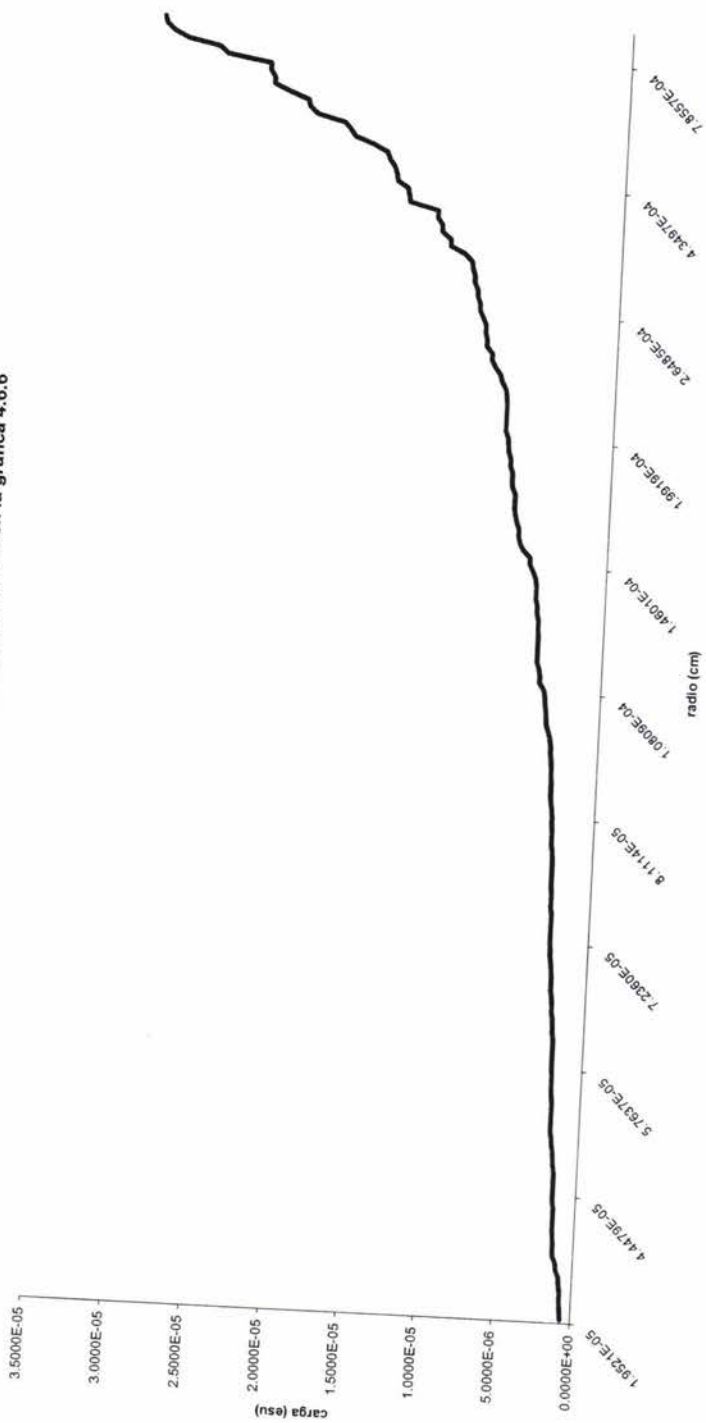
Gráfica 4.6.10 Promedio de los valores representados en la gráfica 4.6.4



Gráfica 4.6.11 Promedio de los valores representados en la gráfica 4.6.5



Gráfica 4.6.12 Promedio de los valores representados en la gráfica 4.6.6



CONCLUSIONES

- Saber como se formó el Sistema Solar es importante para entender la composición e incluso el comportamiento de los objetos que lo forman. En particular, fue de nuestro interés este conocimiento para comprender muchas de las características del Sistema Joviano. El cual, con su sistema de satélites y anillos puede verse como una mini réplica del Sistema Solar.
- El acercamiento de las sondas espaciales Ulises y Galileo al planeta Júpiter ha permitido un mejor conocimiento de este gigante, en lo que respecta a su interior, su atmósfera, su magnetosfera y sus sistemas de anillos y satélites.
- De los descubrimientos que se hicieron, algunos de los más relevantes han sido los realizados en los satélites jovianos: por un lado, el descubrimiento de un gran número de lunetas, que sumadas a las lunas ya existentes, da un total de 40 satélites orbitando en torno a Júpiter. Por otro lado, con la información enviada por la sonda Galileo ha sido reforzada la hipótesis del océano en Europa y la existencia del campo magnético de Ganímedes. Así mismo, con el detector de partículas de polvo de la sonda Ulises, fueron registrados los haces de partículas cargadas eléctricamente que salen eyectadas de la magnetosfera joviana.
- La existencia de estos haces de partículas de polvo, así como el hecho de que provienen de las erupciones volcánicas de Io, son una muestra significativa de que la dinámica magnetosférica es de singular importancia en el sistema joviano. Por lo que a través del análisis del mencionado polvo, es posible entender muchos de los fenómenos en Júpiter y sus satélites.
- El análisis llevado a cabo en este trabajo, utilizando el modelo de Horanyi, et al (1993), permitió conocer la relación entre el tamaño de los granos de polvo eyectados por los volcanes de Io y la magnitud de la carga eléctrica que adquieren al interactuar con el plasma magnetosférico. El análisis se realizó usando los datos de 1990 a 1999 (exceptuando 1992). De los resultados obtenidos se obtuvieron las siguientes conclusiones:
 - a) Los granos de Azufre detectados tienen tamaños comprendidos en el intervalo $[2.1918 \times 10^{-6} \text{ cm} - 9.9611 \times 10^{-5} \text{ cm}]$ mientras que los de Dióxido de Azufre, tienen un radio en el intervalo $[1.9521 \times 10^{-5} \text{ cm} - 8.9095 \times 10^{-4} \text{ cm}]$. Respecto a los granos de Monóxido de Azufre, éstos fueron los granos más grandes detectados por la sonda ya que su tamaño se encuentra en el intervalo $[2.166 \times 10^{-5} \text{ cm} - 9.8856 \times 10^{-4} \text{ cm}]$.
 - b) La carga eléctrica en los granos de Azufre tuvo una variación (aumentando desde las partículas más pequeñas hasta las más grandes) entre $[1.9452 \times 10^{-8} \text{ esu} - 9.8574 \times 10^{-7} \text{ esu}]$, para el caso de que estas partículas se encontraran inmersas en un potencial de 3 volts, y de $[6.1074 \times 10^{-8} \text{ esu} - 3.2858 \times 10^{-6} \text{ esu}]$, para el caso de que estuvieran inmersas en un potencial de 10 volts. Como podemos ver (y como era de esperarse) las partículas de Azufre adquieren mayor carga eléctrica cuando el potencial es mayor.

- c) Las partículas de Dióxido de Azufre adquirieron una carga de [1.6318×10^{-7} esu - 8.7794×10^{-6} esu], sometidas a un potencial de 3 volts y de [5.4395×10^{-7} esu - 2.9265×10^{-5} esu] a un potencial de 10 volts. Nuevamente observamos que las partículas sometidas a un potencial mayor adquieren mayor carga eléctrica.
- d) Por último, las partículas de Monóxido de Azufre variaron su carga de [1.8106×10^{-7} esu - 9.7412×10^{-6} esu] inmersas en un potencial de 3 volts y de [6.0354×10^{-7} esu - 3.2471×10^{-5} esu] a un potencial de 10 volts.
- De acuerdo a los tres incisos anteriores (b, c y d), de los tres tipos de granos de polvo, al estar inmersos en un potencial de 3 volts, los que adquirieron menos carga fueron los de Azufre, luego los de Dióxido de azufre y los que se obtuvieron mayor carga fueron los de Monóxido de azufre lo que implica que la composición química es un factor importante directamente relacionado con la magnitud de la carga eléctrica.
 - Los mismos órdenes, para el tamaño de las partículas de polvo, se presentan cuando están sumergidas en un plasma con potencial eléctrico igual a 10 volts solo que la magnitud de la carga eléctrica es mayor para todos los casos.

**APÉNDICE A. DATOS REGISTRADOS POR LA SONDA ESPACIAL
ULISES REFERENTE A LAS PARTÍCULAS DE POLVO DE LOS HACES DE
PARTICULAS PROVENIENTES DE LOS VOLCANES DE IO.**

<u>Fecha y hora de impacto</u>	<u>Velocidad de impacto (km/s)</u>	<u>Masa (g)</u>
1990-301\\13:53:14	43.50	0.239E-14
1990-301\\18:48:10	11.83	0.170E-12
1990-302\\03:16:27	8.57	0.693E-10
1990-302\\21:35:40	56.00	0.264E-15
1990-302\\22:05:32	21.40	0.174E-13
1990-303\\04:24:13	36.70	0.129E-14
1990-303\\13:12:46	43.70	0.639E-14
1990-303\\23:13:18	43.70	0.121E-14
1990-304\\13:32:32	43.50	0.208E-14
1990-304\\13:41:36	11.83	0.140E-12
1990-305\\07:41:37	10.00	0.246E-12
1990-305\\13:48:02	34.10	0.518E-13
1990-306\\06:22:11	34.10	0.169E-13
1990-306\\10:07:47	56.00	0.181E-15
1990-306\\10:45:07	43.50	0.620E-14
1990-306\\11:53:55	21.40	0.174E-13
1990-306\\13:25:40	11.83	0.885E-13
1990-307\\21:41:10	34.10	0.138E-14
1990-308\\00:44:07	38.70	0.173E-14
1990-308\\19:52:56	28.10	0.438E-12
1990-308\\20:26:00	2.14	0.203E-09
1990-310\\01:01:15	21.40	0.282E-13
1990-310\\02:10:35	34.10	0.720E-14
1990-310\\13:27:56	21.40	0.425E-13
1990-311\\03:14:05	11.83	0.181E-12
1990-311\\07:18:54	48.86	0.895E-15
1990-311\\13:47:10	34.62	0.275E-14
1990-312\\21:25:21	43.50	0.329E-14
1990-312\\22:30:25	56.00	0.126E-15
1990-313\\05:39:46	21.40	0.282E-13
1990-314\\06:36:52	55.18	0.108E-14
1990-314\\23:38:13	11.83	0.348E-12
1990-315\\08:35:50	21.40	0.366E-13
1990-315\\17:38:47	70.00	0.913E-16
1990-316\\13:39:21	43.50	0.327E-14
1990-317\\12:19:54	48.86	0.106E-14
1990-318\\17:25:33	34.10	0.893E-15
1990-318\\23:21:50	70.00	0.627E-16
1990-319\\16:24:47	11.83	0.165E-12
1990-321\\01:06:58	36.70	0.129E-14
1990-321\\07:37:55	2.50	0.369E-08
1990-321\\17:06:27	11.83	0.119E-12
1990-322\\09:39:33	34.62	0.267E-14
1990-322\\09:39:33	34.10	0.286E-13
1990-322\\22:09:58	56.00	0.151E-15
1990-323\\02:53:43	31.42	0.218E-14
1990-323\\07:16:39	70.00	0.913E-16

1990-323\\16:42:32	43.70	0.724E-15
1990-323\\18:32:24	48.86	0.753E-15
1990-324\\02:19:05	34.62	0.192E-14
1990-324\\23:22:34	43.50	0.173E-14
1990-325\\16:46:20	43.70	0.101E-14
1990-326\\12:51:42	11.83	0.639E-10
1990-326\\22:25:03	11.83	0.181E-12
1990-327\\12:27:12	14.10	0.642E-13
1990-327\\16:46:24	35.38	0.211E-14
1990-327\\19:05:04	28.02	0.379E-12
1990-328\\13:57:54	5.69	0.478E-12
1990-330\\04:37:58	70.00	0.764E-16
1990-331\\19:05:13	21.40	0.703E-13
1990-331\\20:22:01	43.70	0.170E-14
1990-332\\13:22:51	11.83	0.102E-12
1990-332\\13:45:15	14.10	0.111E-12
1990-333\\22:00:46	43.50	0.204E-14
1990-334\\06:41:50	21.40	0.280E-13
1990-334\\08:07:42	21.40	0.239E-13
1990-335\\15:04:49	11.83	0.408E-12
1990-336\\04:07:14	14.10	0.210E-12
1990-336\\17:18:43	14.10	0.111E-12
1990-336\\18:35:00	14.10	0.111E-12
1990-336\\22:02:28	2.50	0.103E-10
1990-337\\02:52:04	43.70	0.468E-14
1990-337\\09:10:45	14.10	0.111E-12
1990-338\\17:52:24	43.50	0.852E-15
1990-338\\22:12:08	14.10	0.111E-12
1990-338\\23:17:12	70.00	0.764E-16
1990-339\\04:06:49	21.40	0.146E-12
1990-339\\06:04:41	43.70	0.468E-14
1990-340\\03:57:15	21.40	0.425E-13
1990-340\\18:28:44	38.70	0.101E-14
1990-342\\18:40:00	11.83	0.791E-12
1990-343\\17:51:30	43.70	0.235E-14
1990-345\\04:00:37	43.50	0.236E-14
1990-345\\13:11:02	3.20	0.251E-11
1990-346\\01:33:59	56.00	0.126E-15
1990-347\\01:18:33	43.70	0.101E-14
1990-348\\17:11:41	10.40	0.196E-12
1990-349\\19:01:03	43.70	0.143E-14
1990-353\\03:24:38	11.83	0.141E-12
1990-356\\16:30:53	11.83	0.170E-12
1990-360\\10:53:57	34.10	0.518E-13
1990-361\\01:30:46	43.50	0.265E-14
1990-363\\01:47:54	9.59	0.115E-12
1990-365\\17:48:32	43.70	0.724E-15
1991-001\\04:19:28	70.00	0.913E-16
1991-004\\02:44:38	11.83	0.102E-12
1991-004\\07:33:42	11.83	0.230E-13
1991-005\\06:16:24	43.70	0.334E-14
1991-005\\13:58:49	43.70	0.235E-14
1991-010\\14:19:46	43.70	0.235E-14
1991-011\\20:57:08	36.70	0.740E-15
1991-014\\16:49:13	2.50	0.103E-10
1991-015\\11:42:02	2.00	0.191E-10
1991-015\\13:29:47	28.10	0.370E-14

1991-019\\23:55:30	5.00	0.234E-11
1991-025\\16:55:55	25.88	0.430E-12
1991-026\\09:13:00	35.38	0.293E-14
1991-033\\09:27:36	49.36	0.102E-14
1991-033\\18:35:21	23.81	0.585E-13
1991-038\\05:27:12	36.70	0.108E-14
1991-038\\08:49:52	21.40	0.265E-10
1991-040\\15:10:44	22.75	0.783E-14
1991-041\\00:12:05	11.83	0.201E-12
1991-048\\00:34:08	34.10	0.203E-14
1991-049\\11:49:22	12.84	0.850E-13
1991-052\\01:15:50	11.83	0.299E-13
1991-052\\03:31:18	21.40	0.228E-09
1991-053\\10:58:16	34.10	0.329E-14
1991-056\\01:19:40	7.91	0.834E-11
1991-058\\00:03:59	36.70	0.143E-10
1991-063\\00:40:23	14.10	0.180E-13
1991-066\\04:41:32	11.83	0.319E-13
1991-067\\21:02:23	36.70	0.740E-15
1991-068\\08:56:32	36.70	0.108E-14
1991-071\\06:22:28	34.10	0.381E-14
1991-072\\23:35:35	34.10	0.518E-13
1991-073\\09:03:36	6.72	0.787E-12
1991-073\\12:44:24	43.50	0.282E-15
1991-077\\18:52:31	21.40	0.613E-14
1991-079\\10:40:49	31.30	0.188E-14
1991-082\\20:58:31	28.02	0.313E-14
1991-085\\01:36:58	34.62	0.192E-14
1991-086\\16:26:04	43.70	0.235E-14
1991-086\\23:30:05	14.10	0.121E-11
1991-087\\04:37:17	21.40	0.391E-14
1991-088\\00:35:43	11.83	0.101E-12
1991-091\\14:31:32	34.10	0.286E-13
1991-092\\01:28:37	2.50	0.230E-09
1991-096\\23:40:28	21.40	0.115E-13
1991-099\\03:48:32	34.10	0.331E-13
1991-104\\12:44:08	43.70	0.121E-14
1991-105\\02:04:09	19.54	0.132E-11
1991-111\\05:21:38	11.83	0.280E-13
1991-111\\20:16:35	34.62	0.883E-14
1991-112\\00:19:47	14.10	0.143E-11
1991-113\\01:05:41	25.88	0.515E-13
1991-118\\16:37:33	14.49	0.243E-12
1991-120\\13:34:40	43.70	0.170E-14
1991-121\\11:50:09	43.70	0.199E-14
1991-121\\13:24:01	43.70	0.639E-14
1991-122\\06:44:02	21.40	0.197E-10
1991-122\\11:59:47	43.70	0.235E-14
1991-134\\08:09:40	10.40	0.101E-11
1991-138\\06:26:17	43.70	0.286E-14
1991-140\\04:27:56	2.00	0.195E-08
1991-145\\11:26:12	21.40	0.909E-14
1991-146\\01:17:09	43.70	0.170E-14
1991-157\\14:38:33	34.10	0.439E-13
1991-158\\11:12:43	31.42	0.180E-11
1991-159\\05:46:20	14.10	0.406E-12
1991-160\\18:32:14	43.70	0.160E-12

1991-170\\19:07:42	14.10	0.364E-10
1991-171\\00:22:22	34.62	0.622E-14
1991-172\\09:58:24	22.75	0.241E-11
1991-172\\19:08:49	2.50	0.527E-11
1991-172\\22:32:33	34.10	0.286E-13
1991-173\\07:16:18	12.55	0.813E-10
1991-174\\16:52:52	21.40	0.142E-10
1991-179\\20:04:27	11.83	0.364E-13
1991-187\\12:38:14	28.02	0.434E-14
1991-189\\07:41:13	11.83	0.225E-12
1991-189\\09:05:29	16.88	0.749E-13
1991-192\\19:58:22	28.10	0.136E-11
1991-193\\09:43:59	14.10	0.334E-13
1991-194\\08:00:32	2.30	0.730E-11
1991-195\\10:39:30	5.00	0.700E-12
1991-196\\04:46:28	36.70	0.108E-14
1991-198\\02:28:55	4.89	0.107E-11
1991-201\\04:11:56	8.86	0.176E-12
1991-201\\22:03:25	43.70	0.400E-14
1991-203\\16:12:32	19.33	0.118E-11
1991-204\\16:49:53	2.40	0.787E-10
1991-206\\21:03:48	43.50	0.849E-15
1991-208\\06:07:50	14.10	0.295E-12
1991-209\\15:38:32	38.70	0.717E-12
1991-209\\18:07:52	21.01	0.112E-11
1991-211\\13:15:39	11.83	0.280E-13
1991-214\\23:32:16	43.50	0.466E-14
1991-219\\23:49:27	22.75	0.582E-12
1991-220\\03:47:51	34.10	0.126E-14
1991-221\\00:26:16	22.75	0.206E-11
1991-225\\13:24:32	5.00	0.518E-12
1991-226\\21:35:14	25.88	0.501E-12
1991-227\\18:04:03	48.86	0.269E-12
1991-228\\11:09:40	28.02	0.434E-14
1991-228\\11:10:12	10.40	0.295E-11
1991-235\\15:56:16	19.33	0.192E-12
1991-238\\08:18:44	34.10	0.831E-13
1991-239\\10:50:46	3.39	0.800E-11
1991-239\\12:15:02	21.40	0.327E-13
1991-241\\23:14:50	2.00	0.108E-08
1991-242\\01:24:58	7.80	0.461E-11
1991-245\\12:29:04	11.83	0.194E-13
1991-251\\04:04:08	43.70	0.724E-15
1991-251\\14:22:49	21.01	0.927E-14
1991-266\\06:14:37	28.10	0.370E-14
1991-266\\15:29:18	34.10	0.836E-14
1991-267\\07:17:35	28.02	0.374E-14
1991-267\\12:32:47	10.40	0.853E-12
1991-267\\19:53:19	25.88	0.495E-14
1991-268\\05:23:28	31.30	0.157E-14
1991-269\\10:15:14	43.70	0.199E-14
1991-269\\15:04:50	14.10	0.770E-13
1991-270\\05:34:11	35.38	0.155E-13
1991-272\\06:54:14	43.70	0.334E-14
1991-274\\19:38:33	11.83	0.299E-13
1991-284\\22:19:20	21.40	0.168E-12
1991-289\\02:09:50	43.70	0.400E-14

1991-289\\03:06:22	34.10	0.267E-13
1991-291\\12:38:09	21.40	0.168E-10
1991-292\\19:38:59	10.40	0.190E-12
1991-293\\16:44:36	11.83	0.181E-12
1991-295\\17:36:55	10.40	0.432E-13
1991-301\\01:11:27	21.40	0.228E-10
1991-304\\22:59:17	2.40	0.735E-11
1991-309\\05:31:56	14.10	0.280E-10
1991-313\\16:29:06	11.83	0.181E-12
1991-313\\18:25:22	28.10	0.190E-11
1991-315\\18:03:33	14.10	0.105E-12
1991-316\\19:36:55	10.40	0.112E-12
1991-317\\21:57:45	21.40	0.859E-13
1991-321\\01:31:09	21.40	0.168E-12
1991-322\\01:03:27	34.10	0.116E-13
1991-323\\07:32:17	14.10	0.457E-12
1991-327\\09:44:39	21.40	0.160E-12
1991-327\\13:11:35	34.10	0.116E-13
1991-329\\14:02:18	5.00	0.498E-11
1991-330\\01:18:35	28.02	0.521E-14
1991-330\\09:52:43	14.10	0.457E-12
1991-337\\08:37:09	14.10	0.278E-13
1991-343\\08:50:38	26.50	0.268E-14
1991-343\\13:31:10	34.10	0.439E-13
1991-344\\17:22:40	31.30	0.129E-14
1991-345\\05:48:49	31.30	0.155E-14
1991-346\\10:52:51	36.70	0.740E-15
1991-346\\12:52:19	36.70	0.108E-14
1991-346\\15:17:55	11.83	0.181E-12
1991-346\\15:29:07	34.62	0.267E-14
1991-346\\15:30:43	31.30	0.188E-14
1991-346\\15:38:11	22.75	0.655E-14
1991-346\\15:49:23	36.70	0.108E-14
1991-346\\16:15:31	31.30	0.129E-14
1991-346\\16:19:15	28.02	0.374E-14
1991-346\\16:30:27	31.30	0.157E-14
1991-346\\17:17:23	11.83	0.221E-12
1991-346\\17:37:39	28.10	0.370E-14
1991-346\\17:41:23	11.83	0.299E-13
1991-346\\17:52:35	31.30	0.129E-14
1991-346\\18:07:31	14.10	0.168E-12
1991-346\\18:38:59	34.62	0.192E-14
1991-346\\19:46:11	31.30	0.129E-14
1991-346\\20:01:07	22.75	0.655E-14
1991-346\\20:27:47	31.30	0.188E-14
1991-346\\21:05:07	21.40	0.425E-13
1991-346\\21:20:03	25.88	0.414E-14
1991-347\\00:22:28	28.02	0.434E-14
1991-347\\01:27:32	43.70	0.136E-12
1991-347\\05:58:28	26.50	0.223E-14
1991-347\\07:47:16	36.70	0.740E-15
1991-347\\10:41:08	48.86	0.139E-12
1991-347\\13:11:32	31.30	0.157E-14
1991-347\\14:23:00	10.40	0.220E-12
1991-348\\02:36:53	21.40	0.167E-13
1991-349\\04:28:23	21.40	0.425E-13
1991-352\\10:45:00	14.10	0.232E-12

1991-354\\05:31:58	56.00	0.126E-15
1991-355\\05:42:40	36.70	0.886E-15
1991-357\\01:14:26	21.40	0.200E-13
1991-357\\14:01:55	34.10	0.610E-13
1991-357\\22:06:12	36.70	0.901E-15
1991-358\\01:24:04	56.00	0.154E-15
1991-358\\02:31:16	36.70	0.740E-15
1991-358\\12:12:05	25.88	0.495E-14
1991-358\\13:08:05	31.30	0.157E-14
1991-358\\15:07:33	28.02	0.313E-14
1991-358\\16:01:25	22.75	0.939E-14
1991-361\\14:05:13	21.40	0.117E-12
1991-363\\16:53:16	28.02	0.242E-13
1991-363\\20:14:20	35.38	0.176E-14
1991-364\\13:59:57	11.83	0.236E-13
1991-365\\00:23:58	56.00	0.151E-15
1992-001\\00:05:52	2.50	0.166E-09
1992-001\\19:26:57	34.10	0.893E-15
1992-001\\20:36:17	21.01	0.829E-13
1992-002\\04:40:01	34.62	0.503E-12
1992-003\\11:55:15	10.40	0.159E-12
1992-005\\16:25:10	21.40	0.440E-13
1992-005\\23:35:35	31.30	0.155E-14
1992-006\\14:33:12	36.70	0.108E-14
1992-006\\18:17:12	36.70	0.108E-14
1992-006\\19:05:12	36.70	0.740E-15
1992-006\\22:41:44	31.30	0.129E-14
1992-007\\00:23:36	56.00	0.126E-15
1992-007\\02:56:41	31.30	0.129E-14
1992-007\\03:20:41	56.00	0.220E-15
1992-007\\03:45:13	31.30	0.129E-14
1992-007\\05:50:01	31.30	0.129E-14
1992-007\\06:03:21	56.00	0.126E-15
1992-007\\06:42:17	56.00	0.151E-15
1992-007\\06:44:25	26.50	0.272E-14
1992-007\\08:23:05	36.70	0.740E-15
1992-007\\09:32:25	31.30	0.188E-14
1992-007\\09:39:53	31.30	0.155E-14
1992-007\\09:58:33	36.70	0.108E-14
1992-007\\11:44:41	31.30	0.188E-14
1992-007\\12:03:21	36.70	0.129E-14
1992-007\\12:16:41	11.83	0.181E-12
1992-007\\14:46:01	56.00	0.126E-15
1992-007\\17:45:13	11.83	0.181E-12
1992-010\\02:22:37	43.70	0.286E-14
1992-010\\04:25:49	11.83	0.221E-12
1992-010\\04:48:13	7.02	0.821E-12
1992-010\\06:42:53	36.70	0.886E-15
1992-013\\15:54:26	36.70	0.886E-15
1992-014\\21:21:56	23.81	0.153E-13
1992-015\\09:45:57	28.02	0.443E-12
1992-016\\09:15:34	34.10	0.125E-12
1992-016\\23:53:59	36.70	0.740E-15
1992-017\\03:08:07	35.38	0.694E-14
1992-017\\22:40:56	56.00	0.151E-15
1992-018\\15:15:05	36.70	0.740E-15
1992-018\\16:22:17	36.70	0.886E-15

1992-018\\18:10:02	31.30	0.129E-14
1992-019\\01:44:58	36.70	0.740E-15
1992-019\\03:04:58	34.10	0.893E-15
1992-019\\07:15:06	2.14	0.563E-10
1992-019\\13:18:51	31.30	0.188E-14
1992-019\\13:33:47	36.70	0.108E-14
1992-020\\00:14:19	36.70	0.886E-15
1992-020\\07:49:48	31.30	0.225E-14
1992-020\\09:58:52	34.62	0.319E-14
1992-021\\20:25:34	21.40	0.242E-12
1992-021\\21:32:46	4.24	0.207E-11
1992-022\\00:00:30	36.70	0.108E-14
1992-022\\15:00:15	31.30	0.188E-14
1992-022\\15:49:19	11.83	0.299E-13
1992-025\\10:58:11	34.10	0.163E-14
1992-028\\14:56:08	10.40	0.118E-11
1992-029\\13:00:57	2.00	0.264E-10
1992-029\\15:45:13	34.10	0.138E-14
1992-030\\01:19:06	31.30	0.157E-14
1992-031\\07:16:28	36.70	0.108E-14
1992-031\\15:40:28	21.40	0.391E-14
1992-032\\04:46:37	11.83	0.181E-12
1992-032\\16:23:10	34.62	0.167E-12
1992-034\\17:57:05	34.10	0.191E-13
1992-037\\18:54:45	43.70	0.136E-12
1992-038\\21:13:27	10.58	0.824E-12
1992-039\\05:50:48	49.36	0.956E-13
1992-039\\15:51:52	2.00	0.278E-09
1992-039\\17:03:20	7.80	0.102E-09
1992-039\\20:34:00	25.88	0.493E-12
1992-040\\03:52:57	39.96	0.789E-14
1992-040\\06:04:41	5.77	0.348E-10
1992-040\\23:07:38	21.01	0.115E-12
1992-041\\19:56:43	25.88	0.320E-13
1992-042\\07:33:16	7.80	0.706E-12
1992-043\\21:23:10	35.38	0.183E-13
1992-046\\23:16:51	34.62	0.167E-12
1992-047\\03:41:23	14.10	0.344E-13
1992-048\\02:44:53	34.10	0.676E-14
1992-051\\07:42:33	43.70	0.121E-14
1992-054\\16:23:10	21.40	0.398E-13
1992-057\\12:20:03	28.02	0.738E-14
1992-057\\17:03:47	31.30	0.188E-14
1992-059\\11:38:30	14.10	0.344E-13
1992-060\\02:03:03	28.10	0.444E-14
1992-063\\11:41:16	43.70	0.101E-14
1992-065\\21:46:39	5.00	0.336E-11
1992-068\\23:22:44	22.75	0.783E-14
1992-069\\00:29:56	31.30	0.129E-14
1992-069\\00:59:48	11.83	0.299E-13
1992-070\\01:56:53	28.02	0.738E-14
1992-070\\03:39:50	34.62	0.267E-14
1992-070\\05:43:02	11.83	0.299E-13
1992-070\\06:36:54	28.10	0.370E-14
1992-070\\07:03:02	28.02	0.521E-14
1992-070\\09:21:10	43.70	0.143E-14
1992-070\\09:24:54	31.30	0.157E-14

1992-070\\10:39:34	25.88	0.689E-14
1992-070\\10:50:46	28.02	0.434E-14
1992-070\\11:05:42	28.02	0.521E-14
1992-070\\11:15:18	43.70	0.119E-14
1992-070\\13:18:30	28.02	0.103E-13
1992-070\\13:37:10	35.38	0.347E-14
1992-070\\13:44:38	21.40	0.465E-14
1992-070\\13:59:34	14.10	0.214E-13
1992-070\\14:27:18	28.02	0.374E-14
1992-070\\14:29:26	28.02	0.521E-14
1992-070\\15:03:02	35.38	0.694E-14
1992-070\\15:04:38	28.02	0.623E-14
1992-070\\15:17:58	34.62	0.319E-14
1992-070\\15:23:18	34.62	0.449E-14
1992-070\\15:27:02	28.02	0.521E-14
1992-070\\15:49:26	43.70	0.235E-14
1992-070\\15:51:34	28.02	0.878E-14
1992-070\\16:17:42	43.70	0.199E-14
1992-070\\16:21:26	43.70	0.143E-14
1992-070\\16:23:02	43.70	0.235E-14
1992-070\\16:58:46	28.02	0.521E-14
1992-070\\17:02:30	34.62	0.378E-14
1992-070\\17:07:50	35.38	0.413E-14
1992-070\\17:09:58	35.38	0.413E-14
1992-070\\17:17:26	43.70	0.199E-14
1992-070\\17:19:02	21.40	0.454E-14
1992-070\\17:21:10	43.70	0.170E-14
1992-070\\17:26:30	28.02	0.261E-14
1992-070\\17:33:58	43.70	0.235E-14
1992-070\\17:37:42	34.10	0.121E-14
1992-070\\17:39:50	21.40	0.454E-14
1992-070\\17:41:26	43.70	0.170E-14
1992-070\\17:47:18	43.70	0.235E-14
1992-070\\17:48:54	43.70	0.235E-14
1992-070\\17:51:02	11.83	0.194E-13
1992-070\\17:58:30	43.70	0.235E-14
1992-070\\18:02:14	34.62	0.449E-14
1992-070\\18:05:58	43.70	0.235E-14
1992-070\\18:09:42	14.10	0.180E-13
1992-070\\18:11:18	43.70	0.170E-14
1992-070\\18:13:26	34.62	0.531E-14
1992-070\\18:17:10	43.70	0.235E-14
1992-070\\18:18:46	43.70	0.199E-14
1992-070\\18:20:54	43.70	0.235E-14
1992-070\\18:26:14	43.70	0.286E-14
1992-070\\18:29:58	35.38	0.413E-14
1992-070\\18:32:06	43.70	0.286E-14
1992-070\\18:37:26	43.70	0.286E-14
1992-070\\18:44:55	43.70	0.235E-14
1992-070\\18:48:39	34.62	0.378E-14
1992-070\\18:50:47	43.70	0.170E-14
1992-070\\18:52:23	34.62	0.449E-14
1992-070\\18:54:31	43.70	0.235E-14
1992-070\\18:56:07	43.70	0.334E-14
1992-070\\19:01:59	43.70	0.170E-14
1992-070\\19:05:43	11.83	0.105E-12
1992-070\\19:09:27	21.40	0.465E-14

1992-070\\19:13:11	34.62	0.622E-14
1992-070\\19:16:55	14.10	0.180E-13
1992-070\\19:18:31	43.70	0.235E-14
1992-070\\19:20:39	43.70	0.235E-14
1992-070\\19:24:23	43.70	0.286E-14
1992-070\\19:24:23	34.62	0.622E-14
1992-070\\19:25:59	43.70	0.235E-14
1992-070\\19:29:43	43.70	0.334E-14
1992-070\\19:31:51	21.40	0.465E-14
1992-070\\19:33:27	43.70	0.235E-14
1992-070\\19:35:35	34.62	0.449E-14
1992-070\\19:37:11	28.02	0.121E-13
1992-070\\19:39:19	21.40	0.425E-13
1992-070\\19:40:55	35.38	0.694E-14
1992-070\\19:40:55	28.02	0.121E-13
1992-070\\19:43:03	35.38	0.347E-14
1992-070\\19:50:31	34.62	0.726E-14
1992-070\\19:52:07	34.62	0.726E-14
1992-070\\19:54:15	35.38	0.694E-14
1992-070\\19:55:51	43.70	0.235E-14
1992-070\\19:57:59	43.70	0.334E-14
1992-070\\20:03:19	35.38	0.571E-14
1992-070\\20:03:19	35.38	0.571E-14
1992-070\\20:05:27	43.70	0.334E-14
1992-070\\20:05:27	43.70	0.235E-14
1992-070\\20:09:11	34.62	0.449E-14
1992-070\\20:10:47	43.70	0.235E-14
1992-070\\20:12:55	43.70	0.199E-14
1992-070\\20:14:31	43.70	0.201E-14
1992-070\\20:18:15	43.70	0.334E-14
1992-070\\20:20:23	43.70	0.170E-14
1992-070\\20:24:07	35.38	0.667E-14
1992-070\\20:24:07	43.70	0.400E-14
1992-070\\20:25:43	35.38	0.694E-14
1992-070\\20:27:51	43.70	0.334E-14
1992-070\\20:29:27	34.62	0.449E-14
1992-070\\20:35:19	43.70	0.170E-14
1992-070\\20:35:19	43.70	0.235E-14
1992-070\\20:36:55	43.70	0.170E-14
1992-070\\20:39:03	43.70	0.235E-14
1992-070\\20:39:03	43.70	0.274E-14
1992-070\\20:40:39	43.70	0.143E-14
1992-070\\20:42:47	43.70	0.170E-14
1992-070\\20:42:47	43.70	0.334E-14
1992-070\\20:44:23	43.70	0.334E-14
1992-070\\20:46:31	43.70	0.334E-14
1992-070\\20:48:07	35.38	0.488E-14
1992-070\\20:50:15	43.70	0.274E-14
1992-070\\20:51:51	21.40	0.540E-14
1992-070\\20:56:07	39.96	0.583E-14
1992-070\\20:59:19	35.38	0.349E-14
1992-070\\21:01:27	43.70	0.235E-14
1992-070\\21:01:27	43.70	0.400E-14
1992-070\\21:03:03	43.70	0.334E-14
1992-070\\21:08:55	34.62	0.622E-14
1992-070\\21:10:31	35.38	0.571E-14
1992-070\\21:12:39	43.70	0.334E-14

1992-070\\21:14:15	21.40	0.639E-14
1992-070\\21:16:23	43.70	0.235E-14
1992-070\\21:20:07	34.62	0.449E-14
1992-070\\21:21:43	26.50	0.272E-14
1992-070\\21:23:51	43.70	0.235E-14
1992-070\\21:25:27	43.70	0.170E-14
1992-070\\21:29:11	43.70	0.334E-14
1992-070\\21:31:19	14.10	0.214E-13
1992-070\\21:32:55	21.40	0.241E-13
1992-070\\21:35:03	43.70	0.170E-14
1992-070\\21:36:39	35.38	0.694E-14
1992-070\\21:38:47	43.70	0.334E-14
1992-070\\21:46:15	43.70	0.334E-14
1992-070\\21:49:59	43.70	0.235E-14
1992-070\\21:53:43	43.70	0.334E-14
1992-070\\21:55:19	43.70	0.201E-14
1992-070\\21:57:27	43.70	0.235E-14
1992-070\\21:57:27	28.02	0.738E-14
1992-070\\21:59:03	43.70	0.334E-14
1992-070\\22:01:11	43.70	0.170E-14
1992-070\\22:02:47	43.70	0.334E-14
1992-070\\22:02:47	43.70	0.235E-14
1992-070\\22:04:55	43.70	0.201E-14
1992-070\\22:06:31	21.40	0.454E-14
1992-070\\22:08:39	43.50	0.327E-14
1992-070\\22:12:23	11.83	0.280E-13
1992-070\\22:16:07	43.70	0.199E-14
1992-070\\22:17:43	43.70	0.199E-14
1992-070\\22:19:51	21.40	0.540E-14
1992-070\\22:21:27	43.70	0.235E-14
1992-070\\22:23:35	43.70	0.235E-14
1992-070\\22:25:11	43.70	0.286E-14
1992-070\\22:28:55	43.70	0.199E-14
1992-070\\22:31:03	21.40	0.538E-14
1992-070\\22:32:39	43.70	0.235E-14
1992-070\\22:34:47	43.70	0.235E-14
1992-070\\22:36:23	21.40	0.540E-14
1992-070\\22:38:31	43.70	0.235E-14
1992-070\\22:40:07	43.70	0.170E-14
1992-070\\22:42:15	43.70	0.334E-14
1992-070\\22:45:59	43.70	0.235E-14
1992-070\\22:48:07	43.70	0.400E-14
1992-070\\22:49:43	43.70	0.400E-14
1992-070\\22:55:03	43.70	0.334E-14
1992-070\\22:57:11	43.70	0.286E-14
1992-070\\22:58:47	43.70	0.274E-14
1992-070\\23:00:55	35.38	0.571E-14
1992-070\\23:02:31	28.02	0.374E-14
1992-070\\23:04:39	11.83	0.262E-13
1992-070\\23:08:23	43.70	0.170E-14
1992-070\\23:09:59	34.62	0.319E-14
1992-070\\23:12:07	43.70	0.390E-14
1992-070\\23:13:43	11.83	0.145E-12
1992-070\\23:17:27	11.83	0.299E-13
1992-070\\23:21:11	43.70	0.334E-14
1992-070\\23:23:19	43.70	0.334E-14
1992-070\\23:24:55	43.70	0.334E-14

1992-070\\23:27:03	43.70	0.400E-14
1992-070\\23:28:39	35.38	0.694E-14
1992-070\\23:30:47	28.02	0.172E-13
1992-070\\23:32:23	43.70	0.235E-14
1992-070\\23:34:31	43.70	0.235E-14
1992-070\\23:34:31	43.70	0.468E-14
1992-070\\23:36:07	43.70	0.274E-14
1992-070\\23:38:15	43.70	0.334E-14
1992-070\\23:41:59	35.38	0.483E-14
1992-070\\23:43:35	43.70	0.334E-14
1992-070\\23:45:43	43.70	0.235E-14
1992-070\\23:49:27	43.70	0.286E-14
1992-070\\23:51:03	43.70	0.334E-14
1992-070\\23:53:11	43.70	0.334E-14
1992-070\\23:54:47	43.70	0.235E-14
1992-070\\23:56:55	43.70	0.390E-14
1992-071\\00:00:39	21.40	0.639E-14
1992-071\\00:02:15	43.70	0.201E-14
1992-071\\00:04:23	43.70	0.235E-14
1992-071\\00:05:59	43.70	0.235E-14
1992-071\\00:08:07	35.38	0.413E-14
1992-071\\00:13:27	21.40	0.613E-14
1992-071\\00:15:35	34.10	0.141E-13
1992-071\\00:20:55	34.10	0.116E-13
1992-071\\00:23:03	43.70	0.286E-14
1992-071\\00:24:39	34.62	0.622E-14
1992-071\\00:26:47	43.70	0.235E-14
1992-071\\00:26:47	43.70	0.468E-14
1992-071\\00:32:07	34.62	0.622E-14
1992-071\\00:34:15	43.70	0.235E-14
1992-071\\00:35:51	43.70	0.235E-14
1992-071\\00:39:35	43.70	0.334E-14
1992-071\\00:41:43	43.70	0.286E-14
1992-071\\00:43:19	43.70	0.390E-14
1992-071\\00:45:27	43.70	0.286E-14
1992-071\\00:45:27	43.70	0.639E-14
1992-071\\00:47:03	43.70	0.170E-14
1992-071\\00:52:55	43.70	0.334E-14
1992-071\\00:52:55	43.70	0.334E-14
1992-071\\00:54:31	34.62	0.622E-14
1992-071\\00:58:15	43.70	0.235E-14
1992-071\\01:01:59	43.70	0.235E-14
1992-071\\01:04:07	43.70	0.334E-14
1992-071\\01:07:51	34.62	0.449E-14
1992-071\\01:11:35	43.70	0.201E-14
1992-071\\01:13:43	43.70	0.400E-14
1992-071\\01:15:19	43.70	0.235E-14
1992-071\\01:19:03	43.70	0.334E-14
1992-071\\01:22:47	43.70	0.334E-14
1992-071\\01:24:23	43.70	0.235E-14
1992-071\\01:28:07	43.70	0.235E-14
1992-071\\01:33:59	43.70	0.199E-14
1992-071\\01:33:59	43.70	0.468E-14
1992-071\\01:35:35	43.70	0.235E-14
1992-071\\01:36:07	35.38	0.114E-13
1992-071\\01:37:43	35.38	0.571E-14
1992-071\\01:39:19	35.38	0.413E-14

1992-071\\01:39:51	43.70	0.400E-14
1992-071\\01:43:03	21.40	0.726E-14
1992-071\\01:45:11	43.70	0.334E-14
1992-071\\01:46:47	34.62	0.531E-14
1992-071\\01:48:55	43.70	0.468E-14
1992-071\\01:52:39	43.70	0.334E-14
1992-071\\01:54:15	43.70	0.334E-14
1992-071\\01:56:23	43.70	0.235E-14
1992-071\\01:57:59	43.70	0.334E-14
1992-071\\02:01:43	43.70	0.170E-14
1992-071\\02:05:27	43.70	0.235E-14
1992-071\\02:05:27	35.38	0.810E-14
1992-071\\02:07:35	43.70	0.274E-14
1992-071\\02:11:19	43.70	0.235E-14
1992-071\\02:11:19	43.70	0.334E-14
1992-071\\02:15:03	43.70	0.274E-14
1992-071\\02:16:39	43.70	0.390E-14
1992-071\\02:18:47	43.70	0.235E-14
1992-071\\02:20:23	11.83	0.280E-13
1992-071\\02:22:31	43.70	0.334E-14
1992-071\\02:24:07	43.70	0.286E-14
1992-071\\02:26:15	34.10	0.143E-14
1992-071\\02:27:51	43.70	0.334E-14
1992-071\\02:29:59	43.70	0.286E-14
1992-071\\02:31:35	43.70	0.274E-14
1992-071\\02:35:51	43.70	0.400E-14
1992-071\\02:44:55	34.10	0.106E-14
1992-071\\02:50:15	43.70	0.334E-14
1992-071\\02:52:23	43.70	0.334E-14
1992-071\\02:57:43	43.70	0.334E-14
1992-071\\02:58:15	43.70	0.468E-14
1992-071\\03:01:27	43.70	0.334E-14
1992-071\\03:03:35	34.10	0.106E-14
1992-071\\03:05:11	43.70	0.201E-14
1992-071\\03:05:43	43.70	0.468E-14
1992-071\\03:07:19	43.70	0.235E-14
1992-071\\03:12:39	43.70	0.235E-14
1992-071\\03:14:47	43.70	0.334E-14
1992-071\\03:16:23	43.70	0.201E-14
1992-071\\03:20:39	43.70	0.468E-14
1992-071\\03:22:15	43.70	0.334E-14
1992-071\\03:23:51	43.70	0.235E-14
1992-071\\03:27:35	31.30	0.157E-14
1992-071\\03:29:43	21.40	0.540E-14
1992-071\\03:33:27	43.70	0.334E-14
1992-071\\03:33:27	43.70	0.400E-14
1992-071\\03:38:47	43.70	0.235E-14
1992-071\\03:40:55	43.70	0.334E-14
1992-071\\03:42:31	43.70	0.235E-14
1992-071\\03:49:59	43.70	0.334E-14
1992-071\\03:50:31	43.70	0.400E-14
1992-071\\03:55:51	43.70	0.235E-14
1992-071\\03:59:35	43.70	0.235E-14
1992-071\\04:03:19	34.10	0.106E-14
1992-071\\04:04:55	43.70	0.235E-14
1992-071\\04:07:03	35.38	0.488E-14
1992-071\\04:08:39	43.70	0.235E-14

1992-071\\04:18:15	34.10	0.126E-14
1992-071\\04:19:51	43.70	0.235E-14
1992-071\\04:21:59	34.62	0.531E-14
1992-071\\04:25:43	43.70	0.274E-14
1992-071\\04:40:39	43.70	0.201E-14
1992-071\\04:45:59	43.70	0.235E-14
1992-071\\04:45:59	43.70	0.334E-14
1992-071\\04:53:27	43.70	0.334E-14
1992-071\\04:57:43	43.70	0.468E-14
1992-071\\05:06:47	43.70	0.235E-14
1992-071\\05:08:23	43.70	0.235E-14
1992-071\\05:14:15	43.70	0.334E-14
1992-071\\05:17:59	43.70	0.390E-14
1992-071\\05:19:35	34.10	0.106E-14
1992-071\\05:27:03	43.70	0.334E-14
1992-071\\05:29:11	43.70	0.235E-14
1992-071\\05:32:55	43.70	0.468E-14
1992-071\\05:34:31	35.38	0.483E-14
1992-071\\05:53:11	43.70	0.274E-14
1992-071\\06:02:47	35.38	0.694E-14
1992-071\\06:11:51	34.10	0.143E-14
1992-071\\06:13:59	21.40	0.528E-14
1992-071\\06:26:47	11.83	0.145E-12
1992-071\\06:45:27	34.10	0.116E-13
1992-071\\06:47:35	43.70	0.274E-14
1992-071\\06:56:39	43.70	0.334E-14
1992-071\\06:58:47	43.70	0.334E-14
1992-071\\07:06:15	34.10	0.143E-14
1992-071\\07:28:39	43.70	0.334E-14
1992-071\\07:30:15	43.70	0.334E-14
1992-071\\08:28:23	34.10	0.143E-14
1992-071\\08:56:07	21.40	0.639E-14
1992-071\\10:12:55	43.70	0.468E-14
1992-071\\10:24:07	43.70	0.468E-14
1992-071\\10:25:43	43.70	0.334E-14
1992-072\\04:14:01	34.10	0.169E-13
1992-072\\13:55:53	22.75	0.909E-14
1992-072\\19:54:18	11.83	0.221E-12
1992-073\\09:22:50	31.30	0.188E-14
1992-073\\21:21:15	10.40	0.442E-13
1992-074\\12:21:32	21.40	0.123E-12
1992-076\\17:09:03	21.40	0.454E-14
1992-079\\14:20:04	10.40	0.580E-10
1992-080\\09:09:09	21.40	0.366E-13
1992-080\\19:43:18	3.39	0.204E-11
1992-084\\21:09:48	14.10	0.282E-13
1992-086\\11:31:42	7.02	0.564E-12
1992-087\\09:09:51	28.02	0.278E-12
1992-087\\23:29:36	34.10	0.710E-13
1992-093\\02:19:51	14.10	0.451E-13
1992-093\\03:45:43	35.38	0.132E-13
1992-094\\01:56:57	14.10	0.696E-13
1992-094\\15:30:50	34.10	0.121E-14
1992-095\\11:02:03	43.50	0.412E-14
1992-097\\16:12:30	26.50	0.223E-14
1992-097\\18:40:46	36.70	0.901E-15
1992-098\\01:53:50	22.75	0.783E-14

1992-098\\02:50:23	18.04	0.460E-11
1992-098\\03:30:55	21.40	0.366E-13
1992-098\\05:11:11	26.50	0.326E-14
1992-098\\05:26:07	31.30	0.129E-14
1992-098\\06:22:39	26.50	0.223E-14
1992-098\\06:40:47	36.70	0.129E-14
1992-098\\06:48:15	28.02	0.449E-14
1992-098\\07:44:47	22.75	0.939E-14
1992-098\\09:39:59	31.30	0.155E-14
1992-098\\09:47:27	31.30	0.188E-14
1992-098\\11:43:43	32.67	0.230E-14
1992-098\\11:46:55	31.30	0.155E-14
1992-098\\11:54:23	36.70	0.106E-14
1992-098\\13:23:59	22.75	0.783E-14
1992-098\\15:01:03	35.38	0.347E-14
1992-098\\18:22:39	56.00	0.220E-15
1992-098\\18:31:43	36.70	0.129E-14
1992-099\\02:30:08	34.62	0.319E-14
1992-099\\02:45:04	34.62	0.319E-14
1992-099\\08:43:28	43.70	0.170E-14
1992-099\\09:02:40	28.02	0.623E-14
1992-099\\09:20:48	28.02	0.449E-14
1992-099\\14:31:13	43.70	0.199E-14
1992-099\\16:48:49	21.40	0.391E-14
1992-099\\23:36:49	22.75	0.939E-14
1992-100\\04:59:29	28.02	0.374E-14
1992-100\\15:49:06	21.01	0.510E-13
1992-102\\09:49:41	4.24	0.101E-11
1992-103\\03:13:58	10.40	0.431E-11
1992-105\\05:38:01	43.70	0.754E-14
1992-105\\12:58:33	21.40	0.993E-13
1992-106\\07:13:30	56.00	0.151E-15
1992-109\\14:32:31	10.40	0.432E-13
1992-112\\16:18:43	34.10	0.331E-13
1992-112\\17:21:39	10.40	0.435E-12
1992-114\\22:07:34	36.70	0.108E-14
1992-120\\00:10:21	34.10	0.314E-13
1992-121\\00:53:35	34.10	0.267E-13
1992-122\\12:38:41	34.10	0.390E-13
1992-123\\20:20:03	25.88	0.195E-13
1992-125\\00:45:08	31.30	0.188E-14
1992-125\\04:18:29	31.30	0.129E-14
1992-125\\04:29:09	11.83	0.299E-13
1992-125\\05:28:53	11.83	0.181E-12
1992-125\\09:20:21	36.70	0.740E-15
1992-125\\12:00:53	11.83	0.299E-13
1992-125\\13:32:05	36.70	0.740E-15
1992-125\\18:26:30	36.70	0.901E-15
1992-125\\20:40:54	11.83	0.221E-12
1992-125\\21:15:02	26.50	0.272E-14
1992-125\\22:23:18	31.30	0.129E-14
1992-125\\22:29:10	14.10	0.168E-12
1992-125\\22:40:22	36.70	0.901E-15
1992-125\\23:36:22	26.50	0.272E-14
1992-126\\05:16:06	22.75	0.909E-14
1992-126\\06:00:54	36.70	0.740E-15
1992-126\\06:13:42	28.02	0.374E-14

1992-126\\06:47:18	31.30	0.188E-14
1992-126\\08:17:26	20.20	0.645E-14
1992-126\\08:47:18	26.50	0.223E-14
1992-126\\09:28:54	28.02	0.374E-14
1992-126\\10:39:18	11.83	0.299E-13
1992-126\\14:38:15	36.70	0.129E-14
1992-126\\15:57:11	35.38	0.245E-14
1992-126\\16:07:51	31.30	0.157E-14
1992-126\\17:22:31	31.30	0.129E-14
1992-126\\18:33:59	25.88	0.495E-14
1992-126\\19:18:47	11.83	0.607E-13
1992-126\\22:55:19	28.02	0.434E-14
1992-126\\23:36:23	28.02	0.434E-14
1992-127\\01:26:15	28.02	0.434E-14
1992-127\\06:06:16	31.30	0.188E-14
1992-127\\08:23:52	35.38	0.347E-14
1992-127\\17:43:52	14.10	0.151E-12
1992-128\\03:20:57	43.70	0.199E-14
1992-129\\07:31:38	28.02	0.443E-12
1992-130\\13:22:36	21.40	0.338E-12
1992-131\\08:01:33	14.10	0.228E-11
1992-135\\08:17:39	34.10	0.331E-13
1992-136\\15:54:13	21.40	0.188E-12
1992-137\\16:41:10	34.10	0.141E-13
1992-139\\21:59:05	28.02	0.379E-12
1992-142\\02:08:44	25.88	0.784E-12
1992-142\\08:54:05	28.02	0.330E-13
1992-143\\09:42:06	18.04	0.333E-11
1992-143\\22:54:39	43.70	0.286E-14
1992-146\\14:46:11	34.10	0.518E-13
1992-146\\20:12:35	14.10	0.351E-12
1992-146\\20:38:11	11.83	0.194E-13
1992-148\\14:18:30	14.10	0.775E-12
1992-148\\18:11:02	35.38	0.178E-12
1992-152\\15:46:03	36.70	0.740E-15
1992-152\\18:07:55	31.30	0.155E-14
1992-152\\20:12:43	31.30	0.129E-14
1992-152\\20:29:15	26.50	0.223E-14
1992-152\\21:16:12	20.20	0.645E-14
1992-152\\21:34:52	31.30	0.157E-14
1992-152\\23:41:48	31.30	0.188E-14
1992-153\\05:57:16	36.70	0.129E-14
1992-153\\06:37:48	11.83	0.194E-13
1992-153\\09:22:04	36.70	0.108E-14
1992-153\\14:39:57	11.83	0.221E-12
1992-153\\16:21:17	22.75	0.783E-14
1992-153\\20:46:53	28.02	0.700E-12
1992-154\\01:16:45	26.50	0.223E-14
1992-154\\03:48:13	21.40	0.366E-13
1992-154\\06:20:45	56.00	0.126E-15
1992-154\\08:35:10	21.40	0.366E-13
1992-154\\10:16:30	14.10	0.753E-13
1992-154\\10:42:06	31.30	0.188E-14
1992-154\\17:22:06	31.30	0.188E-14
1992-155\\02:43:11	26.50	0.223E-14
1992-155\\11:11:59	28.02	0.374E-14
1992-155\\15:10:55	56.00	0.181E-15

1992-156\\01:34:56	36.70	0.129E-14
1992-156\\08:45:52	11.83	0.181E-12
1992-156\\11:40:49	36.70	0.108E-14
1992-156\\12:44:49	28.02	0.374E-14
1992-156\\14:06:57	28.02	0.521E-14
1992-156\\15:17:21	36.70	0.108E-14
1992-156\\22:40:01	28.02	0.374E-14
1992-157\\03:21:37	28.02	0.374E-14
1992-157\\05:02:26	36.70	0.740E-15
1992-157\\05:15:46	28.02	0.521E-14
1992-157\\13:13:38	56.00	0.184E-15
1992-157\\16:12:50	36.70	0.155E-14
1992-157\\18:08:02	34.62	0.192E-14
1992-158\\02:50:11	26.50	0.272E-14
1992-158\\05:34:59	31.30	0.225E-14
1992-158\\06:00:35	31.30	0.188E-14
1992-158\\08:11:47	31.30	0.129E-14
1992-158\\12:06:27	28.02	0.374E-14
1992-160\\00:56:37	35.38	0.183E-13
1992-163\\14:22:03	35.38	0.178E-12
1992-167\\02:05:35	55.18	0.603E-13
1992-167\\10:05:04	14.10	0.248E-13
1992-168\\15:38:58	21.40	0.310E-12
1992-171\\06:15:49	34.10	0.518E-13
1992-183\\04:13:25	26.50	0.272E-14
1992-183\\18:01:10	34.62	0.192E-14
1992-183\\21:01:58	28.02	0.374E-14
1992-186\\03:38:17	21.40	0.222E-12
1992-187\\13:47:23	35.38	0.132E-13
1992-188\\12:39:08	14.10	0.633E-13
1992-189\\16:30:38	43.70	0.160E-12
1992-194\\03:29:24	36.70	0.886E-15
1992-196\\23:55:36	11.83	0.230E-13
1992-199\\12:08:28	43.70	0.115E-12
1992-207\\06:24:38	21.40	0.589E-13
1992-209\\19:59:38	14.10	0.669E-12
1992-210\\20:09:47	11.83	0.299E-13
1992-220\\03:23:36	21.40	0.613E-14
1992-220\\21:12:57	34.10	0.610E-13
1992-222\\14:09:32	21.40	0.528E-14
1992-222\\15:48:44	11.83	0.432E-13
1992-222\\16:31:56	7.80	0.218E-11
1992-223\\05:41:49	34.10	0.193E-14
1992-227\\00:16:34	2.50	0.103E-10
1992-229\\04:41:09	34.62	0.702E-12
1992-230\\23:51:03	21.40	0.140E-13
1992-231\\03:55:20	11.83	0.230E-13
1992-234\\08:34:52	11.83	0.299E-13
1992-240\\11:10:44	11.83	0.280E-13
1992-241\\10:46:46	11.83	0.641E-13
1992-242\\09:35:51	56.00	0.220E-15
1992-243\\08:45:12	31.30	0.157E-14
1992-243\\20:48:57	36.70	0.740E-15
1992-245\\17:47:40	36.70	0.108E-14
1992-245\\22:06:52	36.70	0.129E-14
1992-246\\22:55:57	25.88	0.430E-12
1992-247\\22:11:11	31.30	0.155E-14

1992-248\\03:47:11	31.30	0.129E-14
1992-248\\15:35:28	31.30	0.129E-14
1992-249\\09:51:29	11.83	0.262E-13
1992-249\\10:06:25	56.00	0.151E-15
1992-249\\13:24:49	21.40	0.168E-12
1992-252\\16:13:57	21.40	0.465E-14
1992-257\\13:30:52	43.70	0.160E-12
1992-259\\13:20:15	34.62	0.267E-14
1992-260\\02:53:35	21.40	0.897E-13
1992-261\\13:28:17	21.40	0.423E-12
1992-264\\09:32:05	11.83	0.280E-13
1992-265\\01:44:54	11.83	0.299E-13
1992-265\\11:34:47	21.40	0.223E-12
1992-266\\00:27:03	22.75	0.783E-14
1992-267\\07:53:29	31.30	0.129E-14
1992-271\\09:37:03	36.70	0.740E-15
1992-273\\04:53:53	22.75	0.655E-14
1992-274\\05:36:35	31.30	0.188E-14
1992-276\\04:17:41	5.00	0.393E-12
1992-284\\09:24:01	19.33	0.139E-11
1992-288\\12:20:06	11.83	0.585E-13
1992-290\\23:06:02	19.33	0.753E-13
1992-291\\15:09:46	21.40	0.193E-13
1992-291\\15:32:10	36.70	0.108E-14
1992-291\\19:31:07	34.62	0.192E-14
1992-292\\00:41:31	32.67	0.508E-12
1992-292\\06:43:07	25.88	0.574E-14
1992-292\\10:07:55	36.70	0.740E-15
1992-292\\20:42:36	36.70	0.108E-14
1992-292\\23:41:48	43.70	0.235E-14
1992-293\\02:00:28	11.83	0.319E-13
1992-293\\05:56:13	21.01	0.927E-14
1992-294\\08:16:30	22.75	0.909E-14
1992-294\\16:52:15	36.70	0.108E-14
1992-295\\20:48:32	28.02	0.313E-14
1992-295\\22:36:48	43.70	0.143E-14
1992-296\\06:53:21	10.40	0.138E-11
1992-296\\16:11:45	7.80	0.706E-12
1992-301\\07:04:40	43.70	0.170E-14
1992-302\\09:11:37	21.40	0.146E-12
1992-304\\19:16:28	28.02	0.593E-12
1992-309\\13:20:19	7.80	0.954E-13
1992-310\\17:55:32	43.70	0.136E-12
1992-310\\18:44:04	21.40	0.423E-12
1992-311\\13:22:29	10.40	0.442E-13
1992-312\\13:12:55	11.83	0.364E-13
1992-318\\07:16:47	14.10	0.107E-12
1992-319\\17:30:09	21.40	0.495E-12
1992-320\\10:51:14	14.10	0.247E-13
1992-321\\15:52:03	25.88	0.437E-13
1992-326\\07:52:10	28.02	0.330E-13
1992-328\\20:46:37	21.40	0.263E-12
1992-330\\02:45:03	11.83	0.236E-13
1992-330\\14:51:27	21.40	0.223E-12
1992-335\\07:40:38	34.10	0.974E-13
1992-338\\10:47:54	22.75	0.582E-12
1992-339\\15:04:28	28.02	0.278E-12

1992-346\\05:00:20	21.40	0.716E-13
1992-347\\14:35:18	35.38	0.132E-13
1992-348\\06:46:31	21.40	0.146E-12
1992-349\\21:51:05	7.80	0.408E-11
1992-354\\19:22:56	11.83	0.230E-13
1992-357\\07:47:32	19.33	0.880E-13
1992-362\\18:38:19	10.40	0.108E-11
1992-363\\16:39:56	21.40	0.223E-12
1992-364\\01:07:09	34.10	0.831E-13
1993-001\\08:03:45	14.10	0.543E-13
1993-003\\09:06:12	28.02	0.593E-12
1993-004\\10:56:37	34.10	0.518E-13
1993-005\\05:55:50	43.50	0.846E-14
1993-005\\13:43:35	21.01	0.824E-12
1993-008\\15:36:43	21.01	0.716E-13
1993-012\\20:05:05	14.10	0.580E-13
1993-012\\23:34:41	34.10	0.274E-14
1993-014\\02:40:50	21.40	0.168E-12
1993-018\\08:39:20	7.80	0.126E-12
1993-021\\13:52:28	24.13	0.247E-12
1993-024\\09:11:28	20.79	0.140E-12
1993-026\\14:10:11	28.02	0.325E-12
1993-035\\02:33:51	34.10	0.390E-13
1993-038\\01:40:35	14.10	0.418E-13
1993-040\\18:36:06	11.83	0.230E-13
1993-041\\12:09:59	21.40	0.993E-13
1993-044\\06:24:27	25.88	0.136E-13
1993-047\\00:51:43	34.10	0.105E-12
1993-049\\13:05:06	35.38	0.155E-13
1993-051\\08:32:37	34.10	0.518E-13
1993-052\\03:08:54	25.88	0.501E-12
1993-052\\08:57:42	21.40	0.423E-12
1993-053\\02:21:27	19.33	0.139E-11
1993-063\\13:11:49	14.10	0.919E-13
1993-066\\23:27:53	56.00	0.151E-15
1993-070\\08:31:58	34.10	0.439E-13
1993-070\\16:19:10	34.10	0.518E-13
1993-071\\06:43:43	2.00	0.186E-10
1993-073\\19:21:39	7.80	0.910E-10
1993-074\\22:26:44	14.10	0.669E-12
1993-077\\08:18:47	34.10	0.331E-13
1993-078\\00:18:16	21.40	0.675E-12
1993-079\\18:50:51	34.62	0.590E-12
1993-080\\08:50:51	34.10	0.990E-14
1993-083\\14:50:56	21.40	0.136E-12
1993-084\\18:01:53	10.40	0.479E-12
1993-086\\14:07:16	43.70	0.136E-12
1993-086\\21:34:12	34.10	0.518E-13
1993-087\\21:41:10	34.10	0.286E-13
1993-088\\00:36:38	21.40	0.136E-12
1993-091\\13:36:27	11.83	0.319E-13
1993-095\\16:13:52	14.10	0.669E-12
1993-096\\09:35:29	7.80	0.135E-11
1993-097\\01:22:10	10.40	0.311E-12
1993-100\\02:20:54	19.33	0.133E-13
1993-102\\05:13:13	10.40	0.159E-12
1993-104\\10:41:48	21.40	0.138E-13

1993-110\\03:31:00	34.10	0.831E-13
1993-112\\11:11:51	14.10	0.919E-13
1993-115\\12:43:39	34.10	0.710E-13
1993-117\\17:30:38	21.40	0.495E-12
1993-118\\07:41:18	34.10	0.191E-14
1993-119\\12:55:28	10.40	0.187E-09
1993-122\\04:32:36	4.89	0.259E-11
1993-122\\07:37:40	34.10	0.518E-13
1993-131\\12:23:44	31.30	0.157E-14
1993-145\\21:41:55	10.40	0.260E-12
1993-154\\21:05:19	24.13	0.748E-12
1993-155\\20:43:29	11.83	0.262E-13
1993-158\\20:55:49	11.83	0.578E-13
1993-160\\04:10:30	11.83	0.230E-13
1993-162\\17:15:38	43.70	0.160E-12
1993-163\\15:09:47	2.14	0.141E-10
1993-171\\19:01:26	25.88	0.430E-12
1993-176\\22:59:57	21.40	0.423E-12
1993-193\\10:41:38	34.10	0.107E-12
1993-197\\08:49:43	10.40	0.585E-12
1993-203\\00:22:06	28.02	0.325E-12
1993-213\\20:04:12	35.38	0.279E-12
1993-215\\18:32:31	34.10	0.831E-13
1993-217\\16:28:50	28.02	0.521E-14
1993-217\\16:49:06	43.70	0.136E-12
1993-227\\01:34:06	5.00	0.116E-11
1993-227\\08:50:22	21.40	0.146E-12
1993-233\\08:37:42	43.70	0.734E-13
1993-233\\13:27:51	21.40	0.423E-12
1993-233\\14:05:11	34.10	0.831E-13
1993-233\\20:04:39	21.01	0.963E-12
1993-237\\12:44:12	21.40	0.613E-14
1993-248\\02:48:10	35.38	0.694E-14
1993-248\\14:18:18	43.70	0.841E-15
1993-256\\08:54:45	10.40	0.293E-11
1993-258\\00:01:59	14.10	0.422E-13
1993-263\\21:54:39	25.88	0.273E-13
1993-267\\18:55:00	14.10	0.143E-11
1993-272\\08:20:26	28.02	0.617E-14
1993-272\\12:41:46	11.83	0.319E-13
1993-272\\18:08:10	14.10	0.143E-11
1993-275\\13:58:38	34.10	0.206E-13
1993-278\\13:17:38	21.40	0.495E-12
1993-281\\01:19:17	28.02	0.443E-12
1993-283\\02:02:00	34.10	0.329E-14
1993-286\\09:31:08	10.40	0.109E-12
1993-289\\02:17:04	11.83	0.340E-09
1993-289\\15:05:37	10.40	0.598E-13
1993-291\\06:05:23	10.40	0.104E-12
1993-296\\21:08:26	35.38	0.279E-12
1993-299\\20:05:34	38.70	0.836E-12
1993-301\\02:49:20	34.10	0.518E-13
1993-303\\11:39:31	22.75	0.582E-12
1993-306\\21:56:40	11.83	0.236E-13
1993-311\\21:54:06	34.62	0.980E-12
1993-314\\14:57:06	43.50	0.443E-15
1993-315\\01:15:46	28.02	0.521E-14

1993-319\\15:34:33	34.10	0.974E-13
1993-319\\17:36:41	34.10	0.974E-13
1993-320\\03:49:29	56.00	0.184E-15
1993-321\\11:24:59	43.70	0.468E-14
1993-323\\09:14:54	21.40	0.909E-14
1993-323\\18:53:34	14.10	0.659E-13
1993-324\\03:31:27	5.00	0.614E-12
1993-325\\08:32:16	43.70	0.734E-13
1993-325\\19:17:37	28.10	0.538E-11
1993-326\\15:21:54	34.10	0.106E-14
1993-343\\03:13:44	43.70	0.468E-14
1993-344\\14:09:14	11.83	0.102E-12
1993-345\\15:17:31	12.55	0.372E-10
1993-345\\18:07:07	7.80	0.910E-10
1993-347\\07:50:05	43.70	0.115E-12
1993-349\\02:45:04	43.70	0.190E-12
1993-363\\14:05:23	7.80	0.153E-12
1993-364\\16:19:17	28.02	0.325E-12
1994-005\\20:40:13	28.10	0.190E-11
1994-005\\20:55:41	11.83	0.864E-13
1994-008\\16:32:17	14.10	0.228E-11
1994-010\\03:52:51	25.88	0.430E-12
1994-016\\19:49:16	21.40	0.850E-14
1994-019\\18:56:32	35.38	0.413E-14
1994-019\\20:49:36	22.75	0.980E-11
1994-020\\14:01:05	35.38	0.406E-14
1994-021\\10:20:18	11.83	0.236E-13
1994-023\\13:27:01	11.83	0.864E-13
1994-024\\06:21:26	34.10	0.107E-12
1994-029\\00:21:00	34.62	0.267E-14
1994-035\\11:15:01	28.02	0.593E-12
1994-036\\00:01:57	2.83	0.103E-08
1994-036\\04:45:42	43.70	0.734E-13
1994-037\\05:32:39	31.30	0.188E-14
1994-040\\03:11:55	43.70	0.115E-12
1994-041\\22:30:21	21.40	0.762E-13
1994-057\\03:32:34	35.38	0.245E-14
1994-064\\04:07:55	19.33	0.252E-11
1994-069\\17:45:07	28.02	0.521E-14
1994-073\\23:07:21	38.70	0.617E-12
1994-080\\10:04:01	28.02	0.313E-14
1994-083\\03:03:17	11.83	0.140E-12
1994-083\\13:58:14	2.83	0.350E-09
1994-083\\23:02:14	43.70	0.143E-14
1994-085\\18:43:05	34.62	0.622E-14
1994-085\\18:46:17	14.10	0.381E-13
1994-087\\16:23:23	28.02	0.521E-14
1994-088\\19:11:57	10.40	0.998E-12
1994-093\\21:33:56	28.02	0.521E-14
1994-095\\19:27:02	14.10	0.137E-11
1994-102\\19:30:24	2.50	0.462E-11
1994-105\\01:02:11	28.10	0.973E-12
1994-105\\03:19:47	22.75	0.783E-14
1994-105\\14:57:24	34.10	0.243E-14
1994-106\\22:57:26	28.10	0.973E-12
1994-107\\16:25:59	21.40	0.391E-14
1994-111\\12:06:20	31.30	0.188E-14

1994-114\\13:38:40	5.69	0.555E-12
1994-118\\01:22:45	5.77	0.407E-10
1994-120\\10:01:12	2.00	0.416E-06
1994-124\\00:09:17	43.70	0.235E-14
1994-134\\19:59:55	22.75	0.124E-11
1994-136\\02:05:48	14.10	0.446E-13
1994-139\\05:49:52	34.62	0.169E-13
1994-144\\14:15:35	34.10	0.710E-13
1994-145\\10:38:00	10.40	0.184E-12
1994-149\\19:51:42	28.10	0.973E-12
1994-151\\19:17:37	28.02	0.379E-12
1994-155\\19:42:14	22.75	0.783E-14
1994-157\\08:49:28	2.40	0.881E-11
1994-161\\23:58:54	21.40	0.423E-12
1994-166\\14:38:28	21.40	0.223E-12
1994-169\\13:31:20	4.24	0.121E-11
1994-170\\15:59:37	43.70	0.143E-14
1994-175\\03:30:23	28.02	0.325E-12
1994-176\\09:34:41	70.00	0.210E-15
1994-177\\05:28:18	10.40	0.580E-10
1994-178\\07:10:43	34.10	0.138E-14
1994-178\\15:19:16	49.36	0.280E-14
1994-179\\11:06:29	35.38	0.245E-14
1994-180\\01:46:30	34.10	0.286E-13
1994-181\\11:02:15	11.83	0.299E-13
1994-182\\09:04:24	43.70	0.334E-14
1994-183\\06:06:17	2.14	0.141E-10
1994-184\\14:18:35	31.30	0.157E-14
1994-184\\15:06:35	7.80	0.236E-12
1994-185\\02:03:07	28.02	0.374E-14
1994-188\\17:00:48	7.80	0.133E-11
1994-190\\02:55:30	28.02	0.521E-14
1994-194\\13:53:12	38.70	0.617E-12
1994-195\\03:00:57	10.40	0.228E-12
1994-195\\09:05:13	34.10	0.449E-14
1994-195\\13:34:01	14.10	0.180E-12
1994-198\\10:17:49	10.40	0.273E-12
1994-199\\10:06:07	22.75	0.155E-13
1994-200\\15:37:52	56.00	0.184E-15
1994-201\\23:45:54	10.40	0.666E-13
1994-204\\06:15:17	28.10	0.973E-12
1994-207\\17:11:54	10.40	0.217E-12
1994-209\\12:31:24	31.30	0.188E-14
1994-218\\14:32:09	10.40	0.101E-11
1994-222\\13:18:38	22.75	0.783E-14
1994-223\\15:28:48	43.70	0.143E-14
1994-224\\04:15:45	34.62	0.883E-14
1994-228\\05:41:42	2.00	0.272E-06
1994-228\\16:49:59	70.00	0.524E-16
1994-230\\05:18:17	11.83	0.607E-13
1994-231\\08:34:03	28.02	0.617E-14
1994-234\\04:14:23	2.40	0.576E-10
1994-234\\10:36:47	43.70	0.400E-14
1994-236\\03:34:57	43.70	0.468E-14
1994-236\\08:32:02	5.00	0.456E-12
1994-237\\14:05:55	31.30	0.188E-14
1994-241\\02:58:16	35.38	0.245E-14

1994-241\\08:38:33	43.70	0.143E-14
1994-244\\22:16:46	35.38	0.347E-14
1994-246\\12:01:20	10.40	0.642E-12
1994-247\\01:02:41	19.54	0.180E-11
1994-250\\08:00:53	28.10	0.136E-11
1994-255\\02:26:36	11.83	0.885E-13
1994-258\\02:26:09	70.00	0.750E-16
1994-258\\22:05:54	31.42	0.133E-11
1994-261\\16:34:46	43.70	0.199E-14
1994-263\\08:45:28	34.10	0.974E-13
1994-272\\05:54:29	21.40	0.107E-12
1994-273\\11:01:11	11.83	0.885E-13
1994-273\\20:07:20	10.40	0.211E-11
1994-275\\22:23:23	2.00	0.947E-06
1994-276\\18:57:00	34.62	0.267E-14
1994-278\\06:01:02	14.10	0.351E-12
1994-281\\16:51:47	22.75	0.655E-14
1994-282\\00:48:04	35.38	0.694E-14
1994-282\\10:11:48	28.02	0.103E-13
1994-282\\10:47:33	24.13	0.324E-11
1994-286\\10:57:15	34.10	0.242E-13
1994-286\\21:03:07	14.10	0.247E-13
1994-287\\02:51:56	22.75	0.147E-11
1994-289\\09:58:07	14.10	0.905E-10
1994-290\\14:44:01	31.30	0.155E-14
1994-291\\21:18:43	28.02	0.313E-14
1994-293\\23:11:18	43.70	0.199E-14
1994-296\\10:59:06	43.50	0.760E-14
1994-296\\17:22:03	22.75	0.147E-11
1994-298\\03:50:21	34.10	0.603E-13
1994-301\\00:16:34	28.02	0.374E-14
1994-301\\11:16:51	25.88	0.574E-14
1994-301\\19:56:19	15.62	0.776E-11
1994-303\\15:55:19	34.10	0.710E-13
1994-305\\21:18:34	10.40	0.118E-11
1994-306\\02:32:11	5.00	0.645E-11
1994-306\\08:20:59	11.83	0.280E-13
1994-307\\15:37:17	34.62	0.378E-14
1994-308\\01:45:50	11.83	0.607E-13
1994-310\\04:04:34	14.10	0.132E-12
1994-310\\04:06:10	34.62	0.883E-14
1994-310\\14:46:10	11.83	0.194E-13
1994-310\\21:03:15	34.62	0.449E-14
1994-311\\12:10:28	43.70	0.235E-14
1994-314\\12:12:09	35.38	0.406E-14
1994-315\\16:03:07	21.40	0.495E-12
1994-320\\14:24:35	22.75	0.644E-11
1994-321\\18:01:41	21.40	0.981E-14
1994-322\\02:29:25	5.00	0.873E-12
1994-323\\09:22:48	43.70	0.334E-14
1994-325\\02:32:42	34.10	0.565E-14
1994-325\\16:09:15	26.98	0.296E-11
1994-328\\13:29:20	14.10	0.180E-12
1994-330\\09:47:31	34.10	0.163E-14
1994-332\\21:54:31	34.62	0.503E-12
1994-333\\12:38:48	14.10	0.488E-12
1994-334\\02:01:29	34.10	0.163E-14

1994-335\\16:57:31	21.40	0.265E-10
1994-338\\00:39:59	34.10	0.114E-12
1994-340\\19:37:07	21.40	0.636E-12
1994-341\\04:20:20	14.10	0.623E-12
1994-341\\11:44:05	10.40	0.502E-13
1994-341\\12:14:29	28.02	0.700E-12
1994-344\\16:44:26	21.40	0.540E-14
1994-345\\17:15:23	35.38	0.176E-14
1994-351\\23:53:57	43.70	0.334E-14
1994-353\\10:33:27	43.50	0.165E-14
1994-353\\17:53:28	34.10	0.698E-10
1994-354\\04:36:09	21.40	0.200E-13
1994-356\\08:47:56	21.40	0.228E-10
1994-358\\17:46:40	7.80	0.162E-09
1994-361\\00:02:44	43.70	0.639E-14
1994-363\\00:40:07	43.70	0.468E-14
1995-004\\03:58:09	10.40	0.101E-11
1995-004\\13:56:34	25.88	0.430E-12
1995-007\\05:04:22	11.83	0.105E-12
1995-009\\11:27:22	34.62	0.173E-11
1995-012\\03:31:10	14.10	0.651E-10
1995-014\\12:22:58	28.10	0.257E-11
1995-015\\14:43:48	36.70	0.740E-15
1995-016\\15:32:54	31.30	0.225E-14
1995-017\\10:28:23	10.40	0.431E-12
1995-017\\11:03:03	34.62	0.160E-14
1995-020\\19:30:53	34.62	0.378E-14
1995-022\\17:59:12	2.50	0.144E-06
1995-023\\07:13:21	14.10	0.802E-13
1995-024\\09:03:47	11.83	0.864E-13
1995-025\\08:51:33	21.40	0.540E-14
1995-025\\09:48:05	34.62	0.503E-12
1995-026\\05:38:30	21.40	0.748E-14
1995-028\\07:12:26	2.30	0.127E-10
1995-029\\04:29:47	21.40	0.391E-14
1995-029\\19:54:36	43.70	0.170E-14
1995-030\\02:28:45	11.83	0.864E-13
1995-030\\12:48:29	36.70	0.886E-15
1995-030\\17:40:14	21.40	0.544E-12
1995-037\\06:21:29	21.40	0.280E-13
1995-038\\21:39:23	11.83	0.230E-13
1995-038\\23:24:28	11.83	0.607E-13
1995-040\\23:50:07	7.80	0.868E-11
1995-048\\09:56:43	36.70	0.108E-14
1995-048\\19:22:04	11.83	0.340E-09
1995-049\\04:31:25	34.10	0.138E-14
1995-050\\02:44:14	14.10	0.876E-12
1995-052\\05:48:18	3.39	0.283E-11
1995-054\\02:07:33	26.98	0.143E-13
1995-055\\14:55:36	49.36	0.858E-15
1995-055\\21:43:37	5.43	0.548E-09
1995-056\\05:27:37	10.00	0.211E-12
1995-056\\08:51:22	18.04	0.333E-11
1995-056\\22:25:15	14.10	0.195E-11
1995-057\\09:23:56	10.40	0.266E-12
1995-057\\20:24:45	34.10	0.214E-14
1995-058\\08:10:22	11.83	0.105E-12

1995-058\\19:21:18	2.00	0.201E-06
1995-060\\06:24:17	2.50	0.209E-10
1995-060\\21:52:51	2.00	0.134E-07
1995-060\\23:27:15	2.50	0.857E-11
1995-061\\09:39:32	43.50	0.240E-14
1995-061\\14:19:32	10.40	0.266E-12
1995-061\\16:53:08	2.00	0.231E-08
1995-062\\06:35:33	11.83	0.727E-13
1995-063\\05:53:59	5.00	0.816E-11
1995-063\\18:36:08	2.00	0.433E-08
1995-064\\12:39:54	2.50	0.546E-10
1995-064\\14:52:42	14.10	0.802E-13
1995-066\\16:34:06	2.50	0.343E-10
1995-066\\17:51:58	34.10	0.471E-14
1995-067\\03:53:03	70.00	0.913E-16
1995-067\\17:04:32	10.40	0.196E-12
1995-068\\07:38:41	2.00	0.167E-08
1995-068\\19:12:34	11.83	0.194E-13
1995-068\\20:04:50	14.10	0.110E-12
1995-069\\00:14:58	43.50	0.388E-15
1995-069\\18:34:44	70.00	0.128E-15
1995-070\\13:16:21	11.83	0.262E-13
1995-070\\23:35:02	7.80	0.285E-10
1995-071\\00:14:30	36.70	0.128E-10
1995-071\\14:58:48	5.43	0.579E-10
1995-071\\20:17:44	2.53	0.642E-10
1995-071\\23:49:28	2.00	0.416E-06
1995-072\\10:52:57	21.40	0.280E-13
1995-072\\12:37:29	4.24	0.140E-11
1995-072\\17:53:14	10.40	0.229E-12
1995-073\\03:18:35	11.83	0.230E-13
1995-075\\00:55:10	11.83	0.165E-12
1995-075\\11:38:55	11.83	0.105E-12
1995-075\\15:04:47	10.40	0.196E-12
1995-076\\03:22:56	11.83	0.194E-13
1995-076\\16:29:05	19.33	0.118E-11
1995-076\\18:34:57	34.62	0.449E-14
1995-077\\00:05:37	21.40	0.172E-09
1995-078\\09:18:12	70.00	0.110E-15
1995-081\\05:51:53	43.70	0.199E-14
1995-082\\19:04:59	11.83	0.124E-12
1995-083\\09:05:32	2.30	0.106E-10
1995-083\\13:38:37	5.69	0.595E-11
1995-083\\22:41:33	10.58	0.130E-12
1995-084\\04:15:26	21.40	0.396E-09
1995-084\\15:03:26	34.10	0.226E-14
1995-085\\10:40:00	21.40	0.499E-12
1995-085\\16:08:00	2.50	0.560E-10
1995-087\\02:40:35	10.40	0.305E-08
1995-087\\14:28:51	14.10	0.209E-13
1995-087\\19:18:28	10.40	0.995E-10
1995-088\\02:27:48	19.54	0.399E-11
1995-088\\07:29:41	36.70	0.886E-15
1995-089\\03:14:14	2.00	0.290E-06
1995-089\\08:17:42	21.40	0.239E-13
1995-090\\18:30:01	14.10	0.557E-09
1995-090\\23:42:33	43.70	0.199E-14

1995-091\\17:32:26	5.69	0.113E-11
1995-091\\18:43:22	34.62	0.230E-14
1995-091\\21:42:35	21.40	0.140E-13
1995-092\\08:13:31	19.33	0.133E-13
1995-092\\10:22:04	34.10	0.893E-15
1995-092\\22:50:52	11.83	0.236E-13
1995-092\\22:59:56	43.70	0.199E-14
1995-095\\11:51:13	21.40	0.629E-14
1995-095\\16:41:21	43.70	0.190E-12
1995-096\\01:27:14	43.70	0.334E-14
1995-096\\20:22:11	11.83	0.727E-13
1995-097\\21:17:09	21.40	0.528E-14
1995-099\\06:06:47	22.75	0.783E-14
1995-099\\06:23:51	2.50	0.319E-08
1995-099\\11:12:55	56.00	0.220E-15
1995-099\\18:48:24	7.02	0.245E-12
1995-100\\21:48:42	11.83	0.105E-12
1995-101\\09:22:35	11.83	0.226E-08
1995-103\\13:33:18	34.10	0.106E-14
1995-107\\02:46:28	14.10	0.659E-13
1995-108\\04:50:46	4.89	0.183E-11
1995-108\\13:16:23	56.00	0.151E-15
1995-110\\19:24:26	10.40	0.789E-13
1995-112\\20:30:38	2.00	0.718E-09
1995-113\\06:23:42	11.83	0.970E-13
1995-116\\02:16:51	10.40	0.228E-12
1995-116\\11:46:28	11.83	0.165E-12
1995-116\\22:41:24	34.10	0.323E-14
1995-119\\14:50:33	56.00	0.151E-15
1995-128\\11:48:23	43.70	0.199E-14
1995-130\\18:54:03	10.40	0.107E-11
1995-132\\10:27:26	38.70	0.836E-12
1995-133\\22:21:05	10.40	0.933E-13
1995-134\\08:37:05	11.83	0.299E-13
1995-136\\21:13:25	11.83	0.727E-13
1995-139\\08:14:18	34.10	0.270E-14
1995-139\\11:09:46	19.33	0.155E-13
1995-141\\03:32:44	34.62	0.883E-14
1995-141\\09:49:49	28.02	0.374E-14
1995-142\\18:17:03	34.10	0.643E-14
1995-144\\22:04:51	28.02	0.738E-14
1995-154\\09:51:46	19.54	0.399E-11
1995-154\\15:30:59	34.62	0.378E-14
1995-156\\01:53:57	21.40	0.465E-14
1995-162\\03:26:23	7.80	0.241E-12
1995-164\\03:19:31	34.10	0.331E-13
1995-167\\22:23:05	11.83	0.607E-13
1995-170\\09:59:41	21.40	0.465E-14
1995-181\\01:05:03	43.70	0.235E-14
1995-181\\21:10:56	22.75	0.655E-14
1995-183\\00:17:06	43.70	0.541E-14
1995-184\\13:36:37	35.38	0.810E-14
1995-186\\14:57:12	36.70	0.901E-15
1995-192\\23:17:07	43.70	0.754E-14
1995-199\\11:31:41	14.49	0.382E-11
1995-200\\06:05:50	34.10	0.274E-14
1995-201\\10:29:52	14.10	0.382E-13

1995-201\\11:50:24	22.75	0.939E-14
1995-204\\22:17:10	34.10	0.147E-14
1995-206\\07:19:36	11.83	0.236E-13
1995-209\\11:13:16	21.40	0.103E-11
1995-209\\23:26:37	43.70	0.400E-14
1995-211\\09:05:51	21.40	0.540E-14
1995-213\\04:07:46	10.40	0.856E-12
1995-215\\23:45:58	34.10	0.676E-14
1995-216\\00:51:02	11.83	0.230E-13
1995-218\\16:24:58	34.62	0.106E-13
1995-218\\19:50:19	21.40	0.544E-12
1995-222\\06:58:08	43.70	0.754E-14
1995-223\\04:56:01	43.70	0.121E-14
1995-225\\02:52:52	43.70	0.199E-14
1995-226\\07:22:46	34.62	0.319E-14
1995-227\\00:57:43	56.00	0.181E-15
1995-228\\04:20:24	36.70	0.108E-14
1995-230\\09:52:44	36.70	0.108E-14
1995-232\\01:05:18	21.40	0.105E-12
1995-235\\12:40:52	43.70	0.235E-14
1995-238\\09:48:40	36.70	0.108E-14
1995-240\\19:35:24	2.30	0.742E-11
1995-241\\10:59:09	36.70	0.740E-15
1995-243\\06:12:15	7.80	0.286E-12
1995-245\\19:13:07	28.02	0.121E-13
1995-246\\22:43:17	2.00	0.272E-06
1995-250\\09:51:38	28.02	0.878E-14
1995-255\\12:36:02	14.49	0.382E-11
1995-260\\08:15:53	21.40	0.540E-14
1995-260\\18:57:30	19.54	0.557E-11
1995-262\\23:29:01	10.40	0.135E-10
1995-262\\23:37:33	34.62	0.449E-14
1995-263\\01:51:57	43.70	0.235E-14
1995-264\\04:11:11	28.02	0.623E-14
1995-266\\19:06:11	34.10	0.107E-12
1995-270\\05:58:32	34.62	0.622E-14
1995-277\\14:49:22	43.50	0.454E-15
1995-281\\14:28:08	10.40	0.502E-13
1995-287\\14:01:04	25.88	0.574E-14
1995-292\\20:18:16	34.10	0.471E-14
1995-295\\06:19:23	28.02	0.521E-14
1995-295\\07:50:03	14.10	0.147E-10
1995-295\\15:49:00	35.38	0.329E-12
1995-296\\04:38:04	43.70	0.286E-14
1995-301\\04:17:55	11.83	0.280E-13
1995-302\\21:28:22	11.83	0.262E-13
1995-304\\07:23:36	14.10	0.949E-13
1995-310\\09:16:48	43.70	0.235E-14
1995-313\\18:47:33	28.02	0.521E-14
1995-315\\18:29:59	21.40	0.538E-14
1995-317\\08:05:30	7.80	0.149E-12
1995-318\\22:12:28	35.38	0.279E-12
1995-322\\00:37:36	34.10	0.242E-13
1995-325\\03:34:44	10.40	0.574E-13
1995-325\\04:08:52	43.70	0.468E-14
1995-336\\13:32:19	43.70	0.724E-15
1995-342\\11:21:15	4.24	0.278E-11

1995-347\\05:06:58	10.40	0.690E-13
1995-349\\04:45:40	43.70	0.190E-12
1995-353\\13:46:02	34.10	0.128E-13
1995-355\\15:17:49	34.10	0.782E-14
1995-362\\01:08:21	14.10	0.382E-13
1996-001\\20:55:38	18.04	0.763E-11
1996-002\\16:12:59	22.75	0.783E-14
1996-004\\12:16:14	35.38	0.413E-14
1996-006\\11:13:20	28.02	0.379E-12
1996-009\\04:15:16	22.75	0.582E-12
1996-015\\21:10:52	38.70	0.442E-12
1996-016\\15:18:53	4.89	0.129E-11
1996-023\\14:47:02	28.02	0.325E-12
1996-024\\21:53:44	34.10	0.126E-14
1996-026\\00:11:21	35.38	0.132E-13
1996-032\\07:20:49	43.70	0.235E-14
1996-041\\08:11:09	34.62	0.531E-14
1996-042\\09:46:38	5.69	0.132E-11
1996-049\\19:34:31	25.88	0.574E-14
1996-052\\08:09:46	11.83	0.727E-13
1996-058\\20:58:58	11.83	0.299E-13
1996-062\\13:19:19	21.40	0.164E-13
1996-064\\12:54:49	26.50	0.272E-14
1996-064\\14:18:01	21.40	0.579E-12
1996-067\\01:32:12	21.40	0.850E-14
1996-067\\22:35:41	35.38	0.279E-12
1996-072\\07:45:39	10.40	0.133E-12
1996-075\\23:41:27	28.02	0.593E-12
1996-082\\00:43:58	43.70	0.115E-12
1996-088\\06:00:22	28.10	0.136E-11
1996-096\\04:55:27	34.10	0.143E-14
1996-096\\08:40:31	21.40	0.829E-14
1996-096\\12:00:00	14.10	0.651E-10
1996-102\\01:33:58	34.62	0.378E-14
1996-103\\01:35:03	43.70	0.639E-14
1996-103\\17:53:12	4.24	0.568E-11
1996-105\\20:51:55	14.10	0.381E-13
1996-109\\03:23:59	10.40	0.402E-11
1996-109\\16:46:39	11.83	0.299E-13
1996-112\\22:48:51	21.01	0.963E-12
1996-119\\10:23:23	34.62	0.702E-12
1996-125\\06:28:50	4.89	0.898E-12
1996-125\\14:27:14	11.83	0.864E-13
1996-126\\11:55:15	43.70	0.400E-14
1996-130\\23:59:04	34.62	0.503E-12
1996-133\\11:14:51	21.40	0.200E-12
1996-135\\17:11:10	34.62	0.230E-14
1996-139\\02:21:38	19.54	0.557E-11
1996-140\\06:31:15	34.62	0.167E-12
1996-145\\01:12:25	28.02	0.449E-14
1996-154\\21:09:24	10.40	0.717E-12
1996-164\\10:49:51	34.62	0.423E-12
1996-169\\04:12:04	10.40	0.583E-13
1996-170\\12:28:06	10.40	0.442E-13
1996-175\\20:50:36	34.10	0.163E-14
1996-180\\21:08:49	14.10	0.209E-13
1996-181\\18:46:58	23.81	0.576E-12

1996-194\\15:47:29	43.70	0.857E-13
1996-197\\08:46:44	21.40	0.495E-12
1996-221\\07:41:03	43.70	0.286E-14
1996-254\\03:25:40	3.39	0.800E-11
1996-261\\21:47:40	31.42	0.180E-11
1996-281\\02:43:29	11.83	0.230E-13
1996-289\\05:04:58	5.00	0.330E-12
1996-292\\14:17:34	22.75	0.939E-14
1996-301\\15:54:47	34.10	0.512E-13
1996-305\\08:50:51	7.80	0.492E-12
1996-308\\22:27:59	34.10	0.890E-13
1996-309\\00:26:23	21.40	0.423E-12
1996-315\\19:01:11	21.01	0.963E-12
1996-320\\22:16:28	21.40	0.263E-12
1996-331\\07:53:11	28.02	0.390E-13
1996-335\\04:17:15	21.40	0.168E-10
1996-359\\13:34:29	21.40	0.391E-14
1997-010\\02:02:30	21.40	0.260E-12
1997-015\\13:29:32	35.38	0.279E-12
1997-028\\01:22:49	14.10	0.180E-13
1997-043\\22:37:46	34.62	0.503E-12
1997-060\\20:57:15	14.10	0.121E-11
1997-068\\01:39:31	43.50	0.118E-14
1997-080\\22:16:00	10.40	0.600E-12
1997-111\\23:30:08	14.10	0.246E-12
1997-120\\11:13:44	10.40	0.187E-09
1997-132\\16:55:17	10.40	0.292E-11
1997-145\\15:34:26	34.62	0.142E-12
1997-147\\15:07:48	10.40	0.789E-13
1997-148\\22:16:05	43.70	0.135E-12
1997-150\\14:33:43	35.38	0.178E-12
1997-155\\09:59:40	7.80	0.343E-12
1997-166\\19:46:31	14.10	0.642E-13
1997-170\\02:14:19	14.10	0.659E-13
1997-183\\13:43:03	34.10	0.831E-13
1997-223\\08:01:19	14.10	0.105E-12
1997-228\\12:46:12	35.38	0.178E-12
1997-231\\15:51:51	28.02	0.278E-12
1997-236\\04:53:47	11.83	0.194E-13
1997-237\\07:43:24	10.40	0.156E-08
1997-238\\10:04:45	21.01	0.963E-12
1997-247\\23:29:43	21.40	0.465E-14
1997-253\\11:13:16	10.40	0.574E-13
1997-274\\21:29:37	43.70	0.115E-12
1997-295\\21:15:01	35.38	0.114E-13
1997-300\\08:40:57	2.00	0.511E-07
1997-308\\20:54:58	19.54	0.113E-11
1997-313\\18:51:18	11.83	0.280E-13
1997-325\\01:21:53	14.10	0.775E-12
1997-329\\04:12:37	14.10	0.122E-09
1997-343\\12:22:59	14.10	0.102E-11
1997-353\\03:25:32	14.10	0.248E-11
1997-355\\05:19:10	34.10	0.121E-14
1997-358\\10:24:17	11.83	0.319E-13
1997-358\\14:00:50	28.02	0.103E-13
1997-359\\02:25:22	7.80	0.544E-09
1997-361\\19:23:01	21.01	0.978E-13

1998-008\\01:41:51	21.40	0.223E-12
1998-022\\16:15:41	34.10	0.439E-13
1998-025\\12:28:32	11.83	0.299E-13
1998-029\\12:06:44	35.38	0.178E-12
1998-036\\00:05:14	7.80	0.124E-12
1998-039\\10:16:29	43.50	0.627E-13
1998-069\\04:13:45	11.83	0.262E-13
1998-080\\22:21:24	43.70	0.160E-12
1998-083\\23:56:23	70.00	0.546E-13
1998-088\\22:15:07	21.01	0.437E-13
1998-091\\16:54:38	36.70	0.108E-14
1998-094\\03:55:28	21.40	0.105E-12
1998-095\\06:47:13	10.40	0.574E-13
1998-097\\22:11:00	35.38	0.239E-12
1998-099\\06:11:01	5.00	0.700E-12
1998-102\\15:22:32	11.83	0.230E-13
1998-139\\06:14:50	3.92	0.128E-11
1998-139\\14:44:42	10.40	0.583E-13
1998-139\\17:34:50	10.40	0.530E-11
1998-145\\13:37:36	43.70	0.235E-14
1998-147\\20:24:02	7.80	0.124E-12
1998-153\\11:54:15	5.00	0.118E-11
1998-161\\07:21:18	28.02	0.379E-12
1998-162\\23:44:15	10.40	0.696E-12
1998-173\\13:59:21	43.70	0.286E-14
1998-182\\19:15:14	21.40	0.454E-14
1998-200\\16:10:26	34.10	0.195E-13
1998-201\\23:14:27	10.40	0.502E-12
1998-202\\13:44:20	5.69	0.583E-11
1998-205\\22:27:35	25.88	0.430E-12
1998-207\\01:42:48	35.38	0.183E-13
1998-210\\03:24:11	28.02	0.103E-13
1998-214\\02:36:14	6.20	0.321E-10
1998-220\\18:13:56	35.38	0.279E-12
1998-222\\10:05:58	25.88	0.585E-12
1998-224\\20:40:08	11.83	0.885E-13
1998-232\\21:14:23	43.70	0.115E-12
1998-233\\11:26:08	2.50	0.209E-10
1998-233\\18:56:48	11.83	0.236E-13
1998-236\\02:46:10	3.39	0.161E-10
1998-239\\17:56:06	14.10	0.228E-11
1998-241\\07:52:23	21.01	0.978E-13
1998-249\\22:07:27	21.40	0.897E-13
1998-251\\04:52:16	21.40	0.312E-13
1998-254\\22:37:55	35.38	0.388E-12
1998-262\\10:12:26	28.02	0.148E-13
1998-273\\09:10:12	21.40	0.423E-12
1998-283\\05:38:37	2.00	0.326E-09
1998-287\\03:20:00	43.70	0.982E-13
1998-311\\16:27:34	12.55	0.465E-11
1998-319\\10:27:09	14.10	0.143E-11
1998-350\\21:24:41	11.83	0.607E-13
1998-363\\17:29:08	2.00	0.815E-06
1999-007\\22:18:19	14.10	0.110E-12
1999-008\\15:37:48	4.24	0.284E-11
1999-013\\00:20:00	11.83	0.319E-13
1999-013\\06:04:32	21.40	0.544E-12

1999-016\\08:38:11	14.10	0.350E-12
1999-040\\14:08:08	28.02	0.374E-14
1999-052\\07:32:34	14.10	0.294E-13
1999-058\\06:44:39	11.83	0.236E-13
1999-059\\11:10:49	14.38	0.990E-11
1999-080\\14:23:07	28.10	0.190E-11
1999-081\\21:16:28	14.10	0.209E-12
1999-082\\04:35:57	11.83	0.299E-13
1999-088\\03:51:14	35.38	0.571E-14
1999-088\\15:36:18	43.70	0.160E-12
1999-094\\09:48:39	43.70	0.199E-14
1999-104\\17:43:28	11.83	0.280E-13
1999-112\\20:59:51	21.40	0.263E-12
1999-115\\05:54:49	70.00	0.957E-16
1999-137\\16:00:29	43.70	0.334E-14
1999-150\\20:38:01	14.10	0.568E-12
1999-152\\12:17:46	21.40	0.118E-13
1999-157\\13:23:58	28.02	0.390E-13
1999-165\\01:16:37	34.10	0.710E-13
1999-179\\00:37:21	2.00	0.644E-10
1999-181\\00:58:11	28.02	0.242E-13
1999-196\\11:11:12	2.50	0.433E-09
1999-198\\18:22:10	28.02	0.449E-14
1999-218\\18:45:56	12.55	0.544E-11
1999-222\\09:16:23	43.70	0.170E-14
1999-223\\00:23:04	14.10	0.248E-13
1999-225\\21:14:18	14.10	0.697E-12
1999-227\\07:11:39	10.40	0.342E-11
1999-235\\16:00:51	38.70	0.521E-12
1999-242\\11:53:29	11.83	0.236E-13
1999-257\\06:03:50	11.83	0.280E-13
1999-270\\12:05:37	43.70	0.121E-14
1999-272\\03:19:15	21.40	0.423E-12
1999-272\\21:01:39	10.40	0.187E-09
1999-273\\11:55:00	35.38	0.183E-13
1999-278\\10:02:00	14.10	0.684E-13
1999-280\\03:07:06	10.40	0.580E-10
1999-282\\09:17:16	28.02	0.738E-14
1999-286\\02:42:07	28.02	0.103E-13
1999-304\\03:04:15	43.70	0.390E-14
1999-308\\21:21:23	5.00	0.234E-11
1999-315\\08:11:36	11.51	0.144E-10
1999-318\\18:54:19	10.40	0.409E-09
1999-323\\02:34:39	8.86	0.290E-12
1999-326\\06:21:54	11.83	0.280E-13
1999-333\\04:30:00	25.88	0.414E-14
1999-345\\21:50:11	21.40	0.123E-12
1999-346\\04:06:43	14.10	0.344E-13
1999-350\\00:48:23	10.40	0.160E-09
1999-355\\22:26:36	43.70	0.468E-14
1999-356\\17:17:49	35.38	0.279E-12
1999-360\\04:15:28	34.10	0.126E-14

REFERENCIAS

- Baugher Joseph F, The Space-Age Solar System, 1988.
- Beatty J. Kelly, Chaikin Andrew, The New Solar System, 1994.
- Beebe Reta, Jupiter The Giant Planet, 1997.
- Belton M. J. S, Klaasen Kenneth, et al, The Structure of Jupiter's Ring System by the Galileo Imaging Experiment, Icarus 138, pp 188-213, 1999.
- Burns Joseph A, et al, The Formation of Jupiter's Faint Ring, Science 5417, vol 284, pp 1146-1150, 1999.
- Burns Joseph, Planetary Satellites, 1977.
- Cook Alan Hugh, Interiors of the Planets, 1980.
- Gehrels Tom, Jupiter: Studies of the Interior, Atmosphere, Magnetosphere and Satellites, 1976.
- Greenberg Richard, Brahic Andre, Planetary Rings, 1984.
- Grün Eberhard, Interplanetary Dust and the Zodiacal Cloud, 1999.
- Gudkova T. V, Zharkov V. N, Models of Jupiter and Saturn after Galileo Mission, Planetary and Space Science 47, pp 1201-1210, 1999.
- Guillot Tristan, Gautier Daniel, Hubbard William B, New Constraints on the Composition of Jupiter From Galileo Measurements and Interior Models, Icarus 130, pp 534-539, 1997.
- Hartmann William K, Moons and Planets, 1993.
- Horanyi M, Morfill G, Grün E, The Dusty Ballerina Skirt of Jupiter, Journal of Geophysical Research, vol 98, No A12, 1993.
- Hubbard William B, Interiores de los Planetas Gigantes, 1994.
- Johnson Torrence V, The Galileo Mission to Jupiter and its Moons, Scientific American, 2000.
- Krüger Harold, et al, Jovian Dust: Streams, Clouds and Rings, 1997.
- Lewis John S, Planets and their Atmospheres: Origin and Evolution, 1984.
- Morrison David, The Planetary System, 1988.
- Rogers John H, The Giant Planet Jupiter, 1995.
- Smoluchowski R, The Interior Structure of Jupiter: Consequences of Pioneer 10 Data, Icarus 25, pp 1-11, 1975.
- Wood Johnh A, Forging the planets, Sky and Telescope, 1999.
- <http://www.jpl.nasa.gov/>
- <http://ulysses.jpl.nasa.gov/>