

RADIOASTRONOMIA DE JUPITER

¹Rivera L., A. L. y ²Rodríguez L. V.

¹Depto. de Estudios Espaciales Instituto de Geofísica-UNAM

²Instituto de Física-UNAM

RESUMEN

Se hace una revisión de las observaciones desde Tierra de las emisiones de radio de Júpiter, presentando un análisis cronológico de las mismas y algunas teorías sobre el origen de la emisión. Se mencionan los principales argumentos que demuestran que la radiación observada proviene en parte de emisión sincrotrónica y en parte de un proceso térmico en la atmósfera joviana. Se discuten las principales inferencias sobre la magnetósfera de Júpiter deducidas de las observaciones. Se comparan dichas inferencias con los resultados obtenidos por las misiones espaciales Pioneer 10, Pioneer 11, Voyager 1 y Voyager 2.

INTRODUCCION

El descubrimiento de la radiación no térmica de baja frecuencia del planeta Júpiter y su interpretación en términos de un cinturón de Van Allen joviano es uno de los mayores descubrimientos de la radioastronomía planetaria. A través de estudios de tal radiación no térmica podemos investigar la magnetósfera del planeta y las interacciones entre la magnetósfera y las partículas solares energéticas que la golpean. Las señales de radio de Júpiter son ruido producido por la interacción de partículas cargadas (principalmente electrones) con el campo magnético del planeta y su ionosfera. Estas emisiones de radio causadas por electrones e iones moviéndose a altas velocidades forman la radiación no térmica (el nombre de radiación no térmica se le da porque no es causada por la emisión normal de energía asociada con la temperatura de la fuente). Estas emisiones de Júpiter fueron el primer indicio de un campo magnético en otro planeta además de la Tierra. El espectro de Júpiter en los rangos de longitudes de onda centimétricos y decimétricos se muestra en la figura 1. El espectro en el rango decamétrico es altamente variable:

HISTORIA DEL DESCUBRIMIENTO

En 1955 los radioastrónomos Bernard Burke y Kenneth Franklin en forma accidental detectaron emisiones esporádicas de radio asociadas con Júpiter, a una frecuencia de 22.2 MHz. Los registros del flujo de emisión

de la nueva fuente obtenidos conforme atravesó un rayo de área fija se reproducen en la figura 2. Es claro de la figura 2 que a diferencia de una fuente discreta típica se encontró que esta emisión de radio era de naturaleza muy irregular (consistía en una serie de emisiones muy cortas y muy similares (consistía en una serie de emisiones muy cortas y muy similares a las interferencias de descargas en la atmósfera de la Tierra) y el tiempo de aparición de estas emisiones era variable, es decir, la fuente se movía en el cielo. Burke y Franklin obtuvieron resultados más definitivos cuando comparando las coordenadas de la nueva fuente discreta con las coordenadas de Júpiter, Urano y los dos objetos galácticos de las nebulosas NGC2420 y NGC2329 (en el momento de sus observaciones la posición visible de estos planetas y las nebulosas estaban cerca de la fuente de emisión en el cielo). La comparación de una de las coordenadas (ascensión recta) se muestra en la figura 3. Los períodos cuando iniciaron las emisiones cortas aparecen marcados con líneas gruesas; los puntos muestran la posición de Júpiter durante las observaciones. La posición de la fuente de emisión de radio en esta gráfica obviamente corresponde a la mitad de la banda acotada por las líneas punteadas. Es fácil ver que las coordenadas esféricas del nuevo objeto de radio concuerdan con las de Júpiter. La fuente encontrada repite el movimiento del planeta a través del cielo y puede entonces identificarse definitivamente con el planeta Júpiter.

PORQUE EMITE ONDAS DE RADIO JUPITER?

En 1956 se realiza la primera detección de radiación de microondas en Júpiter a una longitud de onda de 3.15 cm, (Meyer et al., 1958). En 1959 Meyer sugirió que si hay un gradiente de temperatura con la profundidad en la atmósfera Joviana entonces se pueden esperar mayores temperaturas de disco a mayores longitudes de onda debido a la disminución de la absorción a longitudes de onda mayores cuando se está muy lejos del borde del espectro de absorción del amoníaco. En el mismo artículo Meyer también sugiere la posibilidad de emisión no térmica para producir altas temperaturas a longitudes de onda mayores. Drake sugiere que radiación sincrotrónica en un cinturón de Van Allen joviano podría ser la responsable

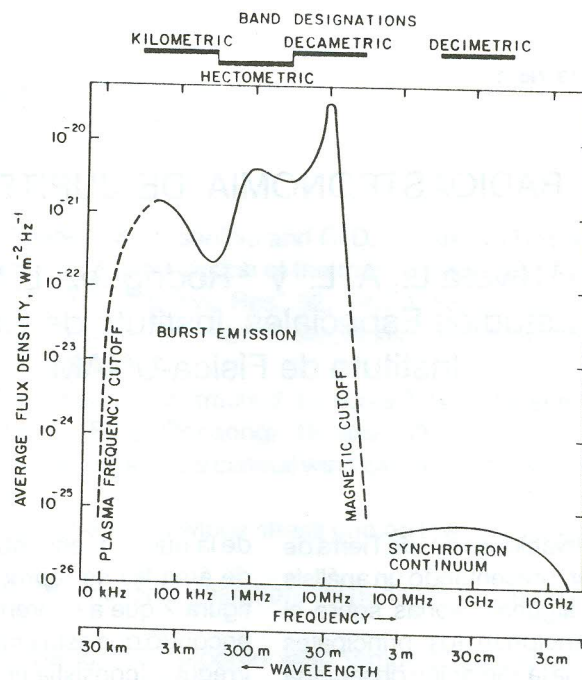


FIGURA 1. Espectro de densidad de flujo de las emisiones de radio no térmicas magnetosféricas de Júpiter.

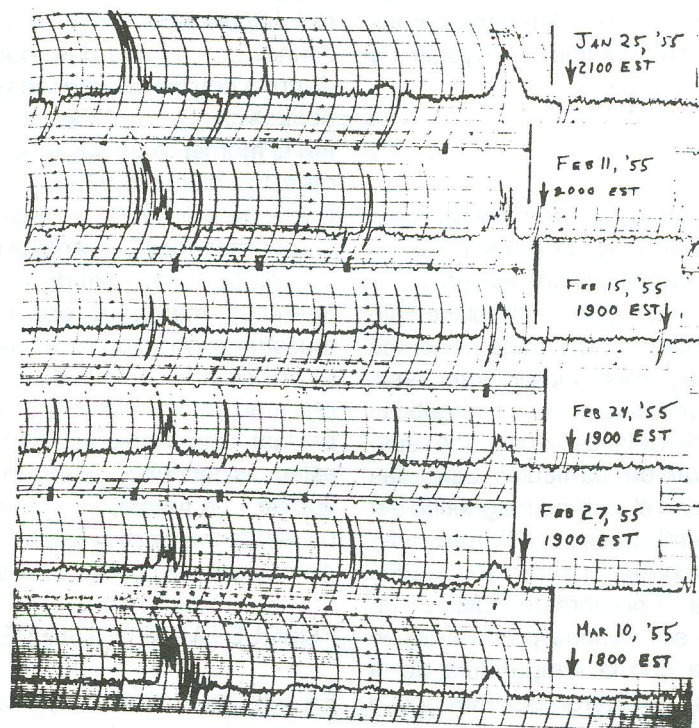


FIGURA 2. Registros de las emisiones de radio hechos por Burke y Franklin.

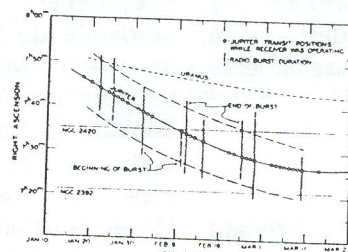


FIGURA 3. Comparación entre la ascension recta y la duración de las emisiones con las posiciones de Júpiter, Urano y dos objetos galácticos

de que haya temperaturas elevadas. Field en 1959, publicó un artículo en el cual consideró cuantitativamente cuatro explicaciones posibles para la elevada emisión a mayores longitudes de onda:

1) Emisión térmica en una atmósfera profunda con un gradiente de temperatura y con amoníaco como el único absorbedor; pero esta no puede justificar razonablemente la alta pendiente a temperaturas a longitudes de onda mayores, sólo sería importante a longitudes de onda cortas.

2) Emisión libre-libre en una ionósfera joviana, no es posible ya que el espectro observado solo puede obtenerse si se tiene una alta densidad electrónica con una temperatura aproximada de 10^5 K.

3) Emisión ciclotrónica por electrones no relativistas en el campo magnético de Júpiter, es posible pero requiere una gran intensidad de campo magnético, aproximadamente de 10^3 Gauss en la superficie.

4) Emisión sincrotrónica por electrones relativistas en el campo magnético de Júpiter posible si existe una gran población de electrones relativistas.

Observaciones de Júpiter tendientes a esclarecer los mecanismos de emisión fueron realizadas en 1960 por Radhakrishnan y Roberts (1960). Encontraron que la radiación estaba polarizada linealmente por casi el 30% con el vector E a lo largo del plano del ecuador rotacional con $\pm 12^\circ$ y que la distribución angular se extiende más allá del disco de Júpiter, al menos en la dirección este-oeste, la cual coincide con la dirección ecuatorial de Júpiter. Solo emisión ciclotrónica o sincrotrónica en un campo magnético joviano podrían exhibir tanto un tamaño extendido y una fuerte polarización. Sin embargo, para ver una emisión ciclotrónica de 31 cm hasta 3R, se requeriría un campo superficial de 10^4 Gauss, un orden de magnitud mayor que el considerado por Field en 1959, por lo que se concluye que la emisión es sincrotrónica

EL CAMPO MAGNETICO JOVIANO

A partir de la variación senoidal de la polarización total integrada durante una rotación joviana, Pater en 1983 infiere el campo magnético joviano con una muy buena aproximación. Deduce un campo dipolar inclinado casi 10° con respecto al eje de rotación del planeta. A partir de mediciones de polarización circular Berge en 1965 concluye que la radiación decamétrica del polo norte magnético está situada en el hemisferio norte, estimando una intensidad del campo magnético en el ecuador entre 3 y 15 Gauss. Estas deducciones acerca del campo magnético de Júpiter hechas a partir de observaciones desde Tierra fueron refinadas y extendidas por las naves

espaciales que penetraron la magnetósfera joviana (Pioneer 10, Pioneer 11, Voyager 1 y Voyager 2).

Se confirmó que el campo magnético de Júpiter es dipolar (como el de la Tierra) y que es generado por un dínamo natural manejado por convección en las placas eléctricamente conductoras del interior del planeta. La intensidad intrínseca de este campo es 19,000 veces mayor que el de la Tierra produciendo una intensidad de campo en el ecuador de 4.3 Gauss comparado con los 0.3 Gauss de la superficie de la Tierra. La orientación de este campo magnético joviano es exactamente opuesta a la orientación actual del campo terrestre.

REFERENCIAS

Como referencias generales es conveniente citar los artículos de revisión sobre la magnetósfera joviana:

Birmingham, Thomas J. The Jovian Magnetosphere. Rev. Of Geophys. & Space Phys. 21# 2, 375-389 1983
Connery, J. E. P. The magnetospheres of Jupiter, Saturn and Uranus. Rev. of Geophys. 25# 3, 615-638 1987

Los números especiales dedicados a Júpiter:

Nature 280, 5725, Icarus 44 # 2, Geophys. Res Lett. 7 # 1
J. of Geophys. Res. 86 # A10

Los números donde aparecen los resultados preliminares de las misiones Voyager:

Science 204, # 4396, Science 206, # 4421

y los libros:

Júpiter ed. por T. Gehrels.
University of Arizona Press Tucson, 1976

Physics of the Jovian Magnetosphere ed. por A.J. Dessler
Cambridge University Press 1982

Aarons, Jules Solar System Radio Astronomy
Plenum Press New York 1965

Morrison, David and Owen, Tobias
The Planetary System Cap. 11: "Jupiter and Saturn".
Addison-Wesley Massachusetts 1988

Zheleznyakov, V.V. Radio Emission of the Sun and Planets. Pergamon Press Hungría 1970

Burke, B. F. and K. L. Franklin Observations of a variable radio source associated with the planet Jupiter
J. Geophys. Res. 60, 213-217, 1955

ATLAS NACIONAL DE MEXICO

Obra en tres tomos que presenta la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO, donde la labor de más de 300 especialistas quedará reunida en una colección de 160 cartas (alrededor de 600 mapas) editados a todo color por el Instituto de Geografía.

Volumen I

I. Mapas Generales

- 1.- Mapas generales
- 2.- Desarrollo histórico de la expresión cartográfica.
- 3.- Desarrollo histórico del levantamiento cartográfico.

II. Historia

- 1.- Epoca prehispánica,
- 2.- Epoca colonial
- 3.- Siglo XIX
- 4.- Movimientos armados
- 5.- Historia de las divisiones político-administrativas

III. Sociedad

- 1.- Distribución de las poblaciones y características demográficas
- 2.- Migraciones
- 3.- Sistema urbano
- 4.- Vivienda
- 5.- Educación
- 6.- Cultura
- 7.- Salud
- 8.- Tipología sociodemográfica

Informes y ventas:

Instituto de Geografía,
UNAM
Circuito Exterior
Ciudad Universitaria
Apartado Postal 20-850
México, 01000, D.F.
Tel.: 548-97-79
Fax.: 548-40-86

Volumen II

IV. Naturaleza

- 1.- Geología
- 2.- Tectónica
- 3.- Relieve
- 4.- Clima
- 5.- Agroclimatología
- 6.- Hidrogeografía
- 7.- Edafología
- 8.- Biogeografía
- 9.- Oceanografía
- 10.- Regionalización física

V. Medio ambiente

- 1.- Influencia del hombre en el medio ambiente
- 2.- Estado de los componentes naturales del medio ambiente
- 3.- La población y el medio ambiente
- 4.- Evaluación del patrimonio natural y cultural
- 5.- Síntesis del medio ambiente

Volumen III

VI. Economía

- 1.- Energía, agua y suelo, bases de la actividad económica
- 2.- Agricultura
- 3.- ganadería
- 4.- Actividad forestal
- 5.- Pesca
- 6.- Energía Eléctrica
- 7.- Economía petrolera
- 8.- Minería
- 9.- Industria
- 10.- Transporte y comunicación
- 11.- Turismo
- 12.- Comercio y servicios
- 13.- Asimilación económica del territorio
- 14.- Regionalización económica

VII México en el mundo

1. Relaciones Internacionales
- 2.- Comercio Internacional
- 3.- México en el mundo

