

Blanca Mendoza y Marni Pazos

El latido de la Tierra: la resonancia Schumann

En nuestro planeta se presentan naturalmente oscilaciones cuyo tamaño es comparable con el perímetro terrestre, llamadas resonancias Schumann. Éstas son provocadas por la actividad eléctrica de la atmósfera. Sus variaciones nos permiten monitorear el clima y la actividad del Sol. Recientemente se ha sugerido que también pueden estar asociadas a los sismos y afectar a la salud humana.

Frecuentemente cuando llueve vemos relámpagos, los cuales son manifestaciones de la actividad eléctrica en nuestra atmósfera. En cualquier momento, planetariamente ocurren cerca de 2000 tormentas eléctricas que producen aproximadamente 50 relámpagos cada segundo. Las regiones que más contribuyen a este fenómeno se encuentran en las partes tropicales de América, África y Asia.

La atmósfera terrestre posee una capa llena de partículas cargadas (es decir que está ionizada); dicha capa inicia aproximadamente a 90 km de altura sobre la superficie terrestre y se llama ionosfera. Entre la superficie de nuestro planeta y la parte baja de la ionosfera, se crea una cavidad por la cual viajan las ondas electromagnéticas generadas por los relámpagos. Esta región actúa como un resonador para ondas cuya longitud es comparable al radio de la Tierra, en la banda conocida como frecuencias extremadamente bajas. Un resonador es un sistema que oscila naturalmente en frecuencias llamadas resonantes.

A estas resonancias, generadas por la actividad eléctrica global, se les conoce como resonancia Schumann (RS). La idea de que ocurren resonancias electromagnéticas globales de una fuente natural ya había sido presentada por Nikola Tesla en 1905, pero el primer modelo teórico de las resonancias





globales fue desarrollado por Winfried Otto Schumann en 1952. Las primeras mediciones de ellas fueron logradas por Martin Balser y Charles Wagner en 1960.

Las observaciones indican que la frecuencia fundamental de la resonancia Schumann tiene una longitud de onda cercana al perímetro de la Tierra, y sus armónicos tienen longitudes de onda que son submúltiplos de la longitud de onda fundamental (véase la Figura 1). En la Tabla 1 presentamos los valores de las frecuencias en Hertz (Hz) y de las longitudes de onda en kilómetros (km).

Como la resonancia Schumann se produce entre la parte baja de la ionosfera y la superficie terrestre, los cambios que ocurren en la ionosfera o dentro de la cavidad alteran las frecuencias y amplitudes. A continuación, abordamos algunos fenómenos que modifican los parámetros de la resonancia Schumann.

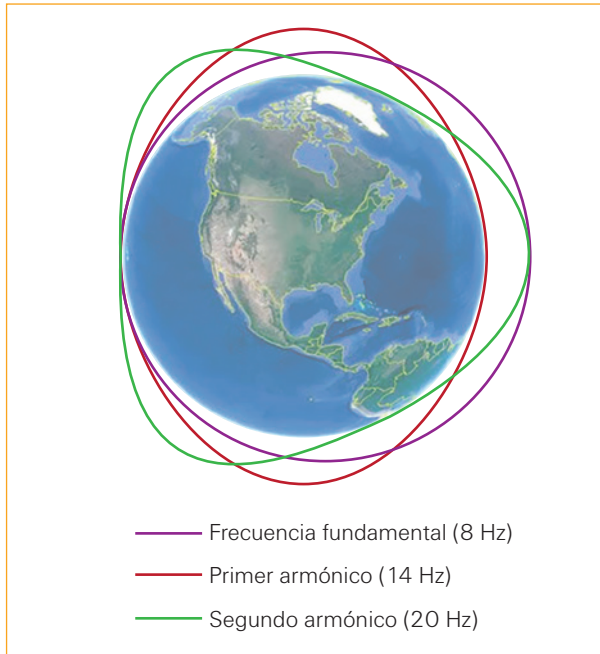


Figura 1. Frecuencia fundamental y los dos primeros armónicos de la resonancia Schumann.

Tabla 1. Frecuencias y longitudes de onda observadas de la frecuencia fundamental y los primeros tres armónicos de la resonancia Schumann.

Armónico	Frecuencia aproximada (Hz)	Longitud de onda (km)
Frecuencia fundamental	8	37 500
Primero	14	21 428
Segundo	20	15 000
Tercero	26	11 538

¿Puede la actividad humana afectar a la resonancia Schumann?

Existen señales producidas por la actividad humana que pueden interferir en la banda de la resonancia Schumann: desde el suministro de energía eléctrica, hasta los pasos de una persona al caminar. Uno de los armónicos de la resonancia Schumann se encuentra aproximadamente en 60 Hz, y las redes de transmisión eléctrica en las regiones en donde se emplea corriente alterna funcionan en esa frecuencia. Por tanto, las líneas eléctricas son una fuente de perturbación. Por ello, para evitar las señales inducidas por vibraciones en el terreno e incluso las producidas por el viento, los sensores que se emplean

para medir la resonancia Schumann se colocan bajo tierra.

La temperatura global también la perturba

Se ha determinado que entre mayor es la temperatura atmosférica hay más tormentas eléctricas y, por tanto, más relámpagos. Entonces, en el contexto del cambio climático, en el que tenemos una temperatura cada vez mayor, habrá más relámpagos. Por ello, las perturbaciones de la resonancia Schumann sirven para monitorear la temperatura terrestre.

¿Qué hay de la actividad solar?

La actividad solar envía sus productos hacia el medio interplanetario y éstos impactan a la Tierra. Entre dichos productos están unas partículas cargadas muy energéticas, que penetran la atmósfera terrestre, modifican a la ionosfera y, en consecuencia, a la resonancia Schumann. También hay emisiones electromagnéticas o de partículas cargadas muy energéticas que provienen desde fuera del Sistema Solar y alteran a la ionosfera y a la resonancia Schumann. Hay numerosos trabajos que prueban la existencia de la relación entre la actividad solar y tales perturbaciones.

Los sismos y la resonancia Schumann

Es posible que haya una emisión electromagnética en el rango de las frecuencias extremadamente bajas, que proviene de la región sísmica y que genera anomalías en la ionosfera. A su vez, esto perturba la resonancia Schumann. Sin embargo, la relación entre los sismos y estas perturbaciones todavía está en estudio y no hay una conclusión al respecto.

¿Los seres vivos pueden ser afectados?

El cerebro humano genera ondas electromagnéticas cuyas frecuencias están entre 1 y 40 Hz; en particular, a las ondas cuyas frecuencias van entre 8 y 12 Hz se les llama ondas alfa, y a las que van entre

14 y 21 Hz se les llama ondas beta. Estas ondas forman parte de los ritmos biológicos. Es claro que el rango de estas ondas cerebrales está dentro del rango de la resonancia Schumann, por lo que es muy tentador pensar que las perturbaciones en la resonancia Schumann pueden afectar a nuestras ondas cerebrales. Sin embargo, este campo se está investigando y no hay conclusiones todavía.

La resonancia Schumann en otros cuerpos del Sistema Solar

Vimos que en nuestro planeta la presencia de una atmósfera con una parte ionizada, la ocurrencia de electricidad atmosférica y la existencia de una frontera sólida (la superficie terrestre) son condiciones que propician la generación de la resonancia Schumann. Es natural preguntarnos si en otros cuerpos del Sistema Solar se podrían reunir estas condiciones, pues entonces allí también existiría la resonancia Schumann.

Además de la Tierra, hay varios cuerpos que son candidatos, ya que cuentan con atmósfera y una parte de ella está ionizada. Además, se han detectado algunas otras características que producirían la resonancia Schumann. Daremos algunos ejemplos.

Venus

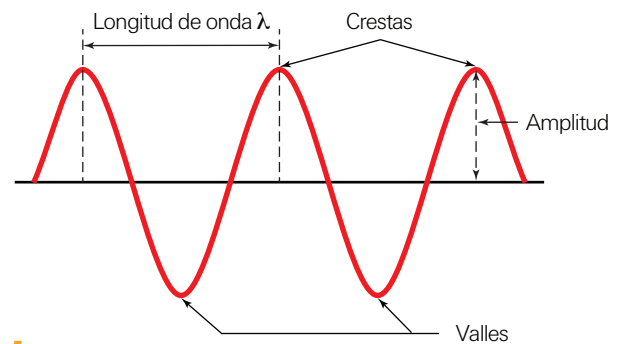
Hay evidencia de relámpagos proporcionada por algunas de las naves espaciales *Venera* que fueron lanzadas por la actual Rusia y que detectaron actividad eléctrica cuando llegaron a Venus entre 1982 y 1984. Entonces, ya que tiene una superficie sólida, en este planeta podría generarse resonancia Schumann, pero todavía no hay observaciones que comprueben esto.

Marte

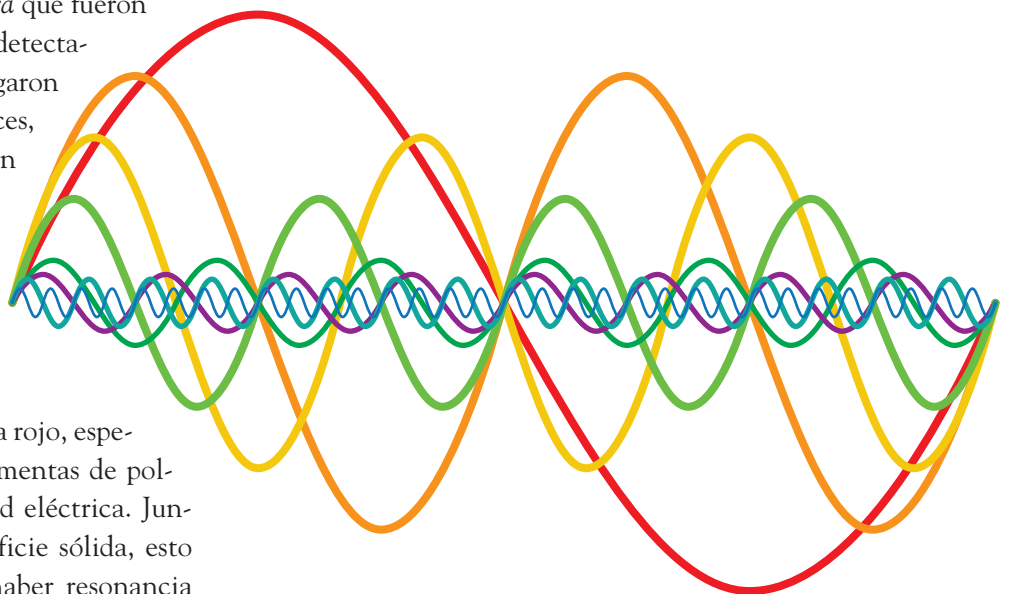
El polvo en la atmósfera del planeta rojo, especialmente durante las famosas tormentas de polvo marcianas, propicia la actividad eléctrica. Junto con la existencia de una superficie sólida, esto indicaría que en Marte debería haber resonancia

Recuadro 1. Parámetros de una onda

Una onda tiene varios parámetros que la caracterizan: su longitud de onda (λ), su amplitud (A) y su periodo (T). La longitud de onda es la distancia entre el mismo punto de dos oscilaciones consecutivas, en particular entre cresta y cresta o entre valle y valle. La amplitud es la distancia vertical entre la cresta y el punto medio de la onda. El periodo es el tiempo que tarda la onda en recorrer una distancia de una longitud de onda. La frecuencia de la onda es el número de veces que se repite la onda por unidad de tiempo y, por tanto, es el inverso del periodo.



Parámetros de una onda.





Schumann. Pero no hay todavía observaciones que lo corroboren.

Júpiter y Saturno

En los dos planetas más grandes del Sistema Solar se ha detectado actividad eléctrica atmosférica: en Júpiter, principalmente por la nave *Galileo*, que llegó al planeta en 1995; así mismo, en Saturno, principalmente por la nave *Cassini* y su sonda *Huygens*, que llegaron en 2004. Sin embargo, éstos son planetas gaseosos, en los que no existe una frontera sólida y el concepto de resonador no es claro. No hay todavía evidencia de que la resonancia Schumann pueda existir en ellos. Asimismo, suponemos que en Urano y Neptuno podría suceder algo similar, pero todavía no hay observaciones que nos guíen.

Titán

Los datos de la sonda *Huygens*, que en 2005 aterrizó en la superficie de la luna más grande de Saturno,

muestran la existencia de resonancia Schumann. Hay que puntualizar que sólo en la Tierra y en Titán se ha medido resonancia Schumann. Sin embargo, los datos de esta sonda parecen indicar que no hay actividad eléctrica atmosférica. Entonces, se propone que la resonancia Schumann observada pudiera generarse por corrientes eléctricas en la ionosfera de Titán inducidas por el campo magnético de Saturno, aunadas a la existencia de una superficie sólida.

Por todo lo anterior, concluimos que la resonancia Schumann permite estudiar no sólo otros fenómenos atmosféricos, sino también geofísicos y espaciales, y tal vez hasta biológicos.

La antena Schumann de México

En México tenemos una estación que empezó sus operaciones en 2013 y está especialmente diseñada para medir la resonancia Schumann. Se encuentra



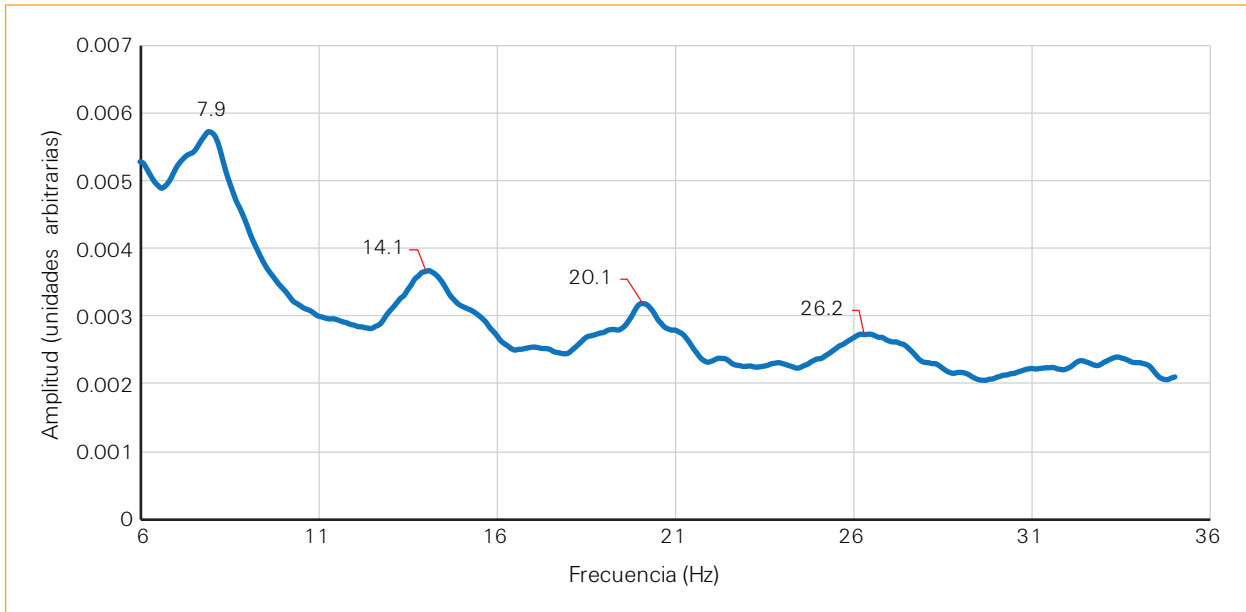


Figura 2. Observación de la frecuencia fundamental y los tres primeros armónicos de la resonancia Schumann medidos por la estación de Coeneo, Michoacán.

en Coeneo, Michoacán, y pertenece a la Universidad Nacional Autónoma de México; el equipo de la estación forma parte de los instrumentos del Laboratorio Nacional de Clima Espacial. La estación es única en la región de México, Centroamérica, el Caribe y la porción norte de Sudamérica. Se compone de dos antenas horizontales –perpendiculares entre sí– que detectan variaciones magnéticas, además de una antena vertical que detecta variaciones eléctricas. Un ejemplo de las mediciones que hemos logrado realizar se observa en la Figura 2.

Blanca Mendoza

Escuela Nacional de Ciencias de la Tierra, Universidad Nacional Autónoma de México.
blanca@atmosfera.unam.mx

Marni Pazos

Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México.
marni@unam.mx

Agradecimientos

Este artículo tuvo el apoyo del proyecto DGAPA-PAPIIT-IN100618.

Lecturas recomendadas

- Besser, B. P. (2007), “Synopsis of the historical development of Schumann resonances”, *Radio Sci.*, 42(2). Disponible en: <doi.org/10.1029/2006RS003495>, consultado el 7 de mayo de 2020.
- Nickolaenko, A. (2016), *Schumann Resonance for Tyros*, Japón, Springer Verlag.
- Pazos, M. et al. (2019), “Analysis of the effects of geomagnetic storms in the Schumann Resonance station data in Mexico”, *Journal of Atmospheric and Solar Terrestrial Physics*, 193:105091. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jastp.2019.105091>, consultado el 7 de mayo de 2020.
- Price, C. (2016), “ELF Electromagnetic Waves from Lightning: The Schumann Resonances”, *Atmosphere*, 7(9):116. Disponible en: <doi.org/10.3390/atmos7090116>, consultado el 7 de mayo de 2020.
- Sierra, P., S. Vázquez, E. Andrade, B. Mendoza y D. Rodríguez-Osorio (2014), “Development of a Schumann Resonance Station in Mexico: Preliminary Measurements”, *IEEE Antennas and Propagation Magazine*, 58(3):112-119.