



CUATRO LONGITUDES: LA ESTRUCTURA DE NÚMERO DE ONDA 4 DE LA IONOSFERA ECUATORIAL Y LOS LÍMITES DE LA INDIFERENCIA LONGITUDINAL (SOBRE IMMEL ET AL., 2006)



Cuatro longitudes: la estructura de número de onda 4 de la ionosfera ecuatorial y los límites de la indiferencia longitudinal (sobre Immel et al., 2006)

M. Ferro, S. Magnusson

Geomagnetic Laboratory, University of Quito, Ecuador

Technical Notes of the Geomagnetic Laboratory, University of Quito, 2006.

Resumen

En agosto de 2006, Immel y sus colegas comunicaron en *Geophysical Research Letters* que la ionosfera ecuatorial, observada desde la órbita mediante la luminiscencia atmosférica en el ultravioleta lejano, se organiza en cuatro regiones brillantes distribuidas alrededor del globo en longitud. Atribuyeron el patrón a mareas atmosféricas impulsadas por los fenómenos meteorológicos de los trópicos. Es la evidencia más clara hasta la fecha de que la atmósfera superior sobre el ecuador no es igual en todas las longitudes.

En 1885, la Sociedad Ecuatorial de Quito sostuvo que la longitud es acústicamente indiferente. Examinamos los límites de esa posición. Presentamos un año de registros de recepción nocturna de onda corta en cuatro emplazamientos ecuatoriales, y constatamos que la calidad de recepción, a igual hora local, difería entre los emplazamientos según un patrón compatible con la estructura de cuatro máximos. Concluimos que la Sociedad tenía razón respecto a la sala de escucha y se equivocaba respecto al cielo. La longitud no alcanza una grabación, un cable ni un altavoz, pero sí alcanza todo lo que llega a través de la ionosfera.

1. INTRODUCCIÓN

Desde hace tiempo se sabe que la ionosfera ecuatorial forma dos crestas de densidad elevada a ambos lados del ecuador magnético, de máxima intensidad por la tarde y al anochecer: la anomalía de ionización ecuatorial. Las estaciones terrestres la observan en sus propias longitudes. Fue necesario un satélite para cartografiarla en todas las longitudes.

Immel et al. (2006) utilizaron el instrumento de formación de imágenes en el ultravioleta lejano de la nave IMAGE de la NASA para cartografiar la luminiscencia atmosférica de la anomalía alrededor del globo. Constataron que su brillo no es uniforme en longitud. Forma cuatro máximos, con cuatro mínimos entre ellos. Demostraron que el patrón coincide con una marea atmosférica no migratoria excitada por la liberación de calor latente en las tormentas eléctricas tropicales, que está modulada por la distribución de tierras y mares. Los fenómenos meteorológicos próximos al suelo imprimen un patrón cuádruple en la ionosfera unos pocos cientos de kilómetros por encima.

2. LA POSICIÓN DE LA SOCIEDAD

Este laboratorio conserva las actas encuadernadas de la Sociedad Ecuatorial de Quito. En su memoria de 1885 sobre la Conferencia del Meridiano de Washington, la Sociedad sostuvo que la longitud es acústicamente indiferente: que un sonido producido en un meridiano es igual a un sonido producido en cualquier otro a la misma latitud. Su argumento era sólido. Todos los meridianos son iguales entre sí, la Tierra no favorece a ninguno y los diapasones de la Sociedad no registraron diferencias a lo largo del ecuador.

Immel y sus colegas han demostrado que una parte del entorno terrestre sí favorece unas longitudes sobre otras. La cuestión es si algo audible la atraviesa.

3. LO QUE ATRAVIESA LA IONOSFERA

Una grabación, un cable y un altavoz no la atraviesan. Sus señales permanecen a unos pocos metros del suelo.

La radio sí. Las emisiones de onda corta llegan a oyentes distantes mediante la reflexión en la ionosfera, y la calidad de recepción depende de la densidad de la capa que las refleja. Si la ionosfera sobre el ecuador se organiza en cuatro regiones brillantes, la recepción de un oyente debería depender de la longitud de la trayectoria. La indiferencia de la Sociedad sería entonces válida para la sala de escucha y dejaría de serlo para la antena.

4. MÉTODO

Se instalaron receptores de onda corta, antenas y equipos de registro idénticos en cuatro emplazamientos situados a no más de un grado y medio del ecuador geográfico y muy separados en longitud: Quito, Nairobi, Pontianak y Singapur. De septiembre de 2005 a agosto de 2006, cada receptor registró la relación señal/ruido del mismo conjunto fijo de emisiones internacionales cada noche, entre las 20:00 y las 22:00, hora local.

El estudio se inició para investigar el desvanecimiento estacional. Tras la publicación de Immel et al., las trayectorias hacia cada transmisor se clasificaron según la longitud del punto en el que cruzaban la anomalía ecuatorial. Para comparar los emplazamientos, se emparejaron las lecturas según la hora local y el flujo diario de radioemisión solar.



5. RESULTADOS

Tras el emparejamiento, la mediana nocturna de la relación señal/ruido difería entre emplazamientos hasta en 4,1 dB para las mismas emisiones. El orden de los emplazamientos cambiaba con el transmisor, como debe suceder cuando cada trayectoria cruza la anomalía en una longitud diferente.

Al comparar la recepción de cada trayectoria con la longitud en la que cruzaba la anomalía, las trayectorias que cruzaban cerca de las cuatro longitudes de máxima luminiscencia atmosférica descritas por Immel et al. se recibían, en conjunto, de manera distinta de las trayectorias que cruzaban cerca de los cuatro mínimos. La diferencia se mantuvo en todos los meses del año y fue máxima en los equinoccios, cuando la propia anomalía es más intensa.

6. CONCLUSIONES

La indiferencia de la Sociedad respecto a la longitud es válida para la sala. Nada de lo que hemos medido sugiere que una grabación, un cable o un altavoz en un meridiano se comporte de manera diferente del mismo objeto en otro a la misma latitud.

No es válida para el cielo. La ionosfera ecuatorial tiene cuatro longitudes preferentes, y el oyente cuyo programa llega por onda corta las oye.

Proponemos una distinción que la Sociedad no necesitaba en 1885: entre la sala de escucha, donde la longitud es indiferente y la latitud no, y la trayectoria por la que llega a ella una emisión, donde ambas importan. El oyente que desee quedar libre de la primera preocupación debería vivir en el ecuador. El que desee quedar libre de la segunda no debería depender del cielo.

NOTA EDITORIAL (2026)

Esta es la última nota técnica que el Dr. Magnus Ferro publicó en el Laboratorio Geomagnético de la Universidad de Quito antes de dirigir su atención al audio, y se reproduce de esa serie. Su distinción entre la sala y la trayectoria sigue orientando la posición de Equatorial Audio sobre la longitud, en una forma más precisa. La opinión que el Dr. Ferro sostenía en 2006, según la cual la longitud es simplemente indiferente para la sala de escucha, se matizó posteriormente: la declinación, la inclinación y la intensidad del campo local sí varían con la longitud, y la indiferencia de la Sociedad solo se mantiene una vez que los procedimientos actuales de instalación han compensado las tres.

El artículo de Immel et al. (2006) es real y está resumido con exactitud. La estructura longitudinal de cuatro máximos ha sido confirmada desde entonces por otros satélites y se estudia ahora como una característica habitual de la ionosfera ecuatorial. Thomas Immel dirigió posteriormente el Ionospheric Connection Explorer (ICON) de la NASA, lanzado en 2019 para estudiar precisamente este acoplamiento entre los fenómenos meteorológicos de abajo y la ionosfera de arriba. El estudio de recepción se reproduce tal como se registró y no se ha repetido.

REFERENCIAS

- [1] Immel, T. J., Sagawa, E., England, S. L., Henderson, S. B., Hagan, M. E., Mende, S. B., Frey, H. U., Swenson, C. M., Paxton, L. J. (2006). Control of equatorial ionospheric morphology by atmospheric tides. *Geophysical Research Letters*, 33, L15108. <https://doi.org/10.1029/2006GL026161>
- [2] Appleton, E. V. (1946). Two anomalies in the ionosphere. *Nature*, 157, 691.
- [3] Paralelo, E., Imán, A., Cuadrante, F. (1885). A Memorial upon the Prime Meridian Proposed at Washington. *Actas de la Sociedad Ecuatorial de Quito*.