

# Estudio de los 40 MHz en España

Unión de Radioaficionados Españoles

# Estudio de los 40 MHz en España

## INDICE

|      |  |    |
|------|--|----|
| 1.   | INTRODUCCIÓN.....  | 3  |
| 2.   | ESTUDIO SOBRE LA ACTIVIDAD .....                                   | 5  |
| 2.1. | Periodo de estudio.....  | 5  |
| 3.   | PROPAGACIÓN ESPORADICA E .....                                     | 6  |
| 3.1. | Aperturas propagación en la capa E.....                            | 6  |
| 3.2. | Distancias obtenidas por reflexión en la capa E.....               | 7  |
| 4.   | PROPAGACIÓN F <sub>2</sub> .....                                   | 7  |
| 4.1. | Aperturas Propagación en la capa F <sub>2</sub> .....              | 7  |
| 4.2. | Distancias obtenidas por reflexión en la capa F .....              | 9  |
| 5.   | PROPAGACIÓN TRANSECUTORIAL.....                                    | 9  |
| 5.1. | Aperturas Propagación Transecuatorial.....                         | 10 |
| 5.2. | Distancias obtenidas por Transecuatorial.....                      | 11 |
| 6.   | IMPORTANCIA DE LAS BALIZAS .....                                   | 11 |
| 7.   | OTROS TIPOS DE PROPAGACIÓN. ....                                   | 12 |
| 8.   | CICLO SOLAR.....   | 13 |
| 8.1. | Introducción .....   | 13 |
| 8.2. | Fenómenos Solares.....   | 13 |
| 8.3. | Flujo Solar .....  | 14 |
| 8.4. | Índices magnéticos A, K y número de manchas solares .....          | 15 |
| 9.   | CORRELACIÓN ENTRE APERTURAS DE PROPAGACIÓN Y ACTIVIDAD SOLAR ..... | 15 |
| 9.1. | Correlación apertura propagación F <sub>2</sub> de 2024 .....      | 16 |
| 10.  | CONCLUSIONES.....  | 18 |
| 11.  | REFERENCIAS .....  | 19 |

## 1. INTRODUCCIÓN

La banda de 40 MHz se encuentra entre la banda de 10 metros (HF) y la de 6 metros (VHF), una zona muy poco estudiada pero fundamental para:

- Caracterizar la propagación esporádica E.
- Modelar la ionosfera en transición entre modos reflectivos (HF) y refractivos (VHF).

La UIT (Unión Internacional de Telecomunicaciones) y el **Ionospheric Prediction Service (IPS)** dependen de estudios como este para actualizar modelos como el **VOACAP**, el **ITU HF Propagation Prediction Method** (Recomendación UIT-R P.533), o la **Recomendación UIT-R P.1239-3** (aplicable a VHF/UHF).

Entre 30 y 50 MHz existen servicios militares, aeronáuticos, industriales (ISM), meteorológicos y de radiodifusión. Por ello, cualquier estudio sobre coexistencia e interferencias en esta franja es esencial para:

- Preparar futuras asignaciones primarias o secundarias.
- Determinar el impacto de la actividad de radioaficionados en estos entornos.
- Validar la viabilidad de compartir espectro en régimen secundario, uno de los objetivos clave de la Agenda de la UIT y la CEPT.

Los estudios realizados por los radioaficionados constituyen una fuente clave de datos empíricos para la UIT y otras organizaciones internacionales, especialmente en bandas como la de 40 MHz, que carecen de asignaciones comerciales y de estudios institucionales sistemáticos.

Con la autorización concedida el pasado 2 de abril de 2024 para emitir temporalmente y de forma experimental en la banda de 40,650 – 40,750 MHz, la Secretaría de Estado de Telecomunicaciones e Infraestructuras Digitales ha permitido a los usuarios del servicio de radioaficionados utilizar dicha banda con el fin de avanzar en la comprensión de los fenómenos que afectan a los distintos tipos de propagación en esta franja del espectro.

El Reglamento de Radiocomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) divide el mundo en tres regiones desde el punto de vista de la atribución de bandas de frecuencia. El segmento comprendido entre los 40 y 41 MHz no está asignado al servicio de aficionados en ninguna de las tres regiones, pero cada vez más países están autorizando su uso con carácter experimental. La propia UIT reconoce que los radioaficionados han realizado importantes contribuciones técnicas en campos como la propagación de las ondas radioeléctricas, las radiocomunicaciones en banda lateral única en ondas decamétricas, los sistemas de comunicación de datos en HF, los protocolos digitales de radiocomunicaciones y el diseño de sistemas de comunicaciones por satélite.

Una de estas contribuciones ha sido el uso de protocolos basados en la reconstrucción de señales digitalizadas mediante procesamiento por métodos FEC (Forward Error Correction) para la corrección de errores, así como del protocolo ARQ (Automatic Repeat reQuest), que exige la repetición del mensaje al detectarse errores en la decodificación. Los modos digitales modernos, como VarAC, FT8, JS8Call y otros similares, se utilizan

ampliamente en comunicaciones mediante reflexión ionosférica, logrando detecciones a niveles de señal de entre  $-20$  y  $-26$  dB por debajo del nivel medio de ruido, algo impensable hace solo unos años.

Por esta razón, la mayoría de los contactos establecidos en la banda de 8 metros se han realizado utilizando alguna modalidad digital, especialmente FT8. Este modo representa una herramienta poderosa que ha transformado la radioafición contemporánea. FT8 forma parte de una suite de programas desarrollados por Joe Taylor, K1JT, y se basa en el intercambio de mensajes breves y predefinidos de 13 caracteres, enviados en intervalos de 15 segundos. Cada mensaje incluye los indicativos de llamada, la frecuencia y el nivel de señal recibido en dB respecto al ruido. Este modo digital es extremadamente eficaz para operar con potencias muy bajas y antenas sencillas.

El uso del FT8 proporciona una ventaja de entre  $+20$  y  $+30$  dB en alcance y fiabilidad de comunicación respecto a la fonía en Banda Lateral Única (BLU o SSB), y ha permitido detectar formas de propagación ionosférica que hasta ahora no se conocían. Esto evidencia la necesidad de revisar los modelos actuales de predicción de la propagación, ya que se están logrando enlaces en condiciones de ionización tan bajas que ni siquiera son detectadas por las ionosondas convencionales.

## 2. ESTUDIO SOBRE LA ACTIVIDAD

Esta primera parte del informe presenta un resumen de los datos disponibles sobre la actividad de las estaciones españolas autorizadas para operar en la banda de 8 m (40 MHz).

Se identificará el tipo de propagación mediante el cual se han realizado los contactos, y se ofrecerá una aproximación a las posibles causas que hayan podido provocar estas aperturas. En ningún caso se pretende estudiar ni descubrir los fenómenos que las han originado, tarea que corresponde a los expertos en la materia. No obstante, sí se busca establecer una correlación entre los contactos realizados y los diferentes tipos de propagación.

### 2.1. Periodo de estudio

Se ha llevado a cabo el estudio utilizando los datos recopilados durante el primer año de actividad, desde junio de 2024 hasta julio de 2025 provenientes de los registros personales de los socios de URE, y de los spots del clúster de URE.

Durante este período, la banda de 8m (40MHz) ha demostrado ser una frecuencia en la que se manifiestan todos los tipos de propagación conocidos, tanto relacionados con el medio ionizado como con el no ionizado. Su comportamiento es muy similar al de la banda de 6m (50MHz). Se han establecido enlaces con un total de **60 países** distribuidos en **6 continentes**, tal como se muestra en la figura 1.

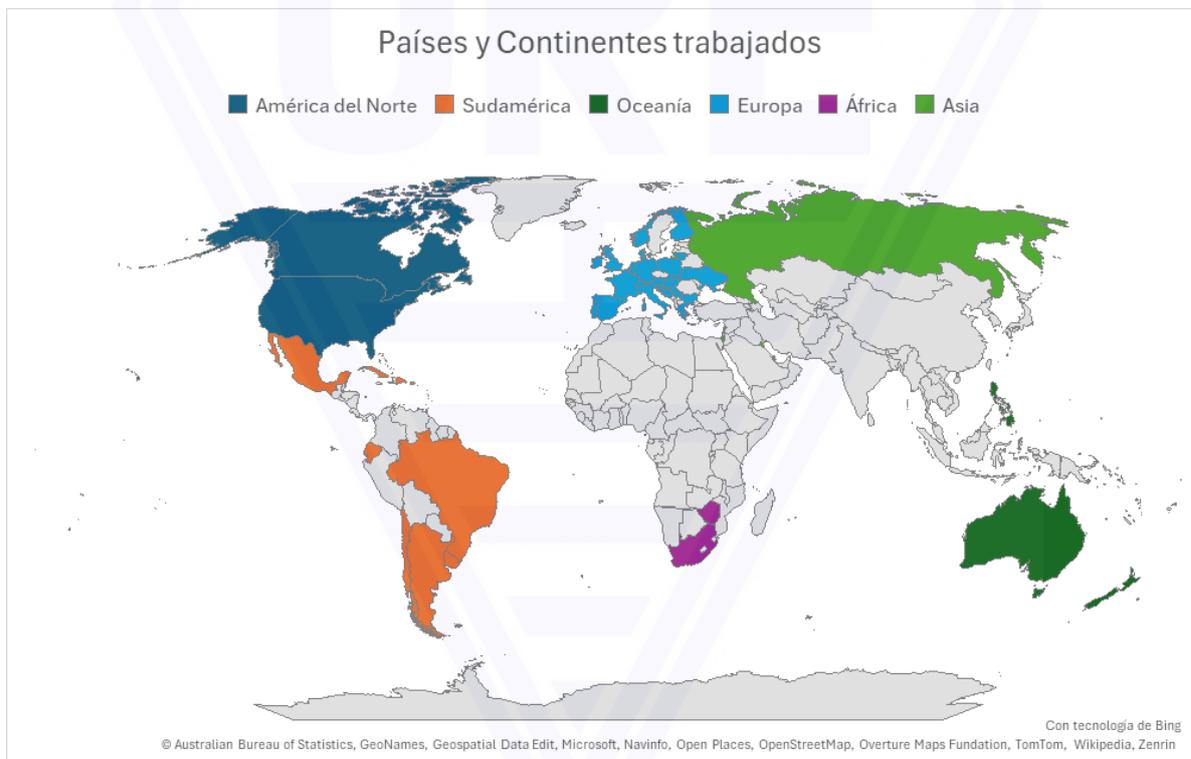


Figura 1. Países y continentes trabajados

| Pais                      | Continente        | Pais                 | Continente | Pais           | Continente |
|---------------------------|-------------------|----------------------|------------|----------------|------------|
| Ceuta y Melilla           | África            | Ecuador              | Sudamérica | Grecia         | Europa     |
| Malawi                    | África            | México               | Sudamérica | Hungría        | Europa     |
| Sudáfrica                 | África            | Puerto Rico          | Sudamérica | Inglaterra     | Europa     |
| Zimbabue                  | África            | República Dominicana | Sudamérica | Irlanda        | Europa     |
| Alaska                    | América del Norte | Uruguay              | Sudamérica | Islas Baleares | Europa     |
| Canadá                    | América del Norte | Austria              | Europa     | Islas Canarias | Europa     |
| Estados Unidos de América | América del Norte | Azores               | Europa     | Islas Feroe    | Europa     |
| Islas Caimán              | América del Norte | Bélgica              | Europa     | Italia         | Europa     |
| Israel                    | Asia              | Bonaire              | Europa     | Lituania       | Europa     |
| Kuwait                    | Asia              | Bosnia-Herzegovina   | Europa     | Luxemburgo     | Europa     |
| Libano                    | Asia              | Bulgaria             | Europa     | Noruega        | Europa     |
| Rusia                     | Asia              | Cerdeña              | Europa     | Países Bajos   | Europa     |
| Catar                     | Asia              | Croacia              | Europa     | Polonia        | Europa     |
| Australia                 | Oceanía           | Dinamarca            | Europa     | Portugal       | Europa     |
| Filipinas                 | Oceanía           | Escocia              | Europa     | Alemania       | Europa     |
| Nueva Zelanda             | Oceanía           | Eslovaquia           | Europa     | Rusia          | Europa     |
| Argentina                 | Sudamérica        | Eslovenia            | Europa     | Serbia         | Europa     |
| Brasil                    | Sudamérica        | España               | Europa     | Sicilia        | Europa     |
| Chile                     | Sudamérica        | Finlandia            | Europa     | Suiza          | Europa     |
| Cuba                      | Sudamérica        | Francia              | Europa     | Ucrania        | Europa     |

**Tabla 1.** Países y continentes trabajados

### 3. PROPAGACIÓN ESPORADICA E

Uno de los modos de propagación más conocidos por los aficionados a la VHF son las aperturas por reflexión en la capa E, conocidas como **Esporádica E**. Aunque las causas exactas que provocan estas aperturas aún no se conocen con certeza, se sabe que se forman zonas altamente ionizadas dentro de la capa E que generan nubes capaces de reflejar señales de radio entre dos puntos distantes. Estas condiciones pueden durar desde varios minutos hasta incluso horas.

En ocasiones poco frecuentes, pueden formarse múltiples nubes ionizadas, permitiendo que la señal rebote entre ellas y logrando así cubrir distancias mayores. Se han registrado contactos de hasta 8.000 km en la banda de 8 metros (40 MHz). Esta modalidad es la responsable de la mayoría de los contactos realizados dentro del continente europeo.

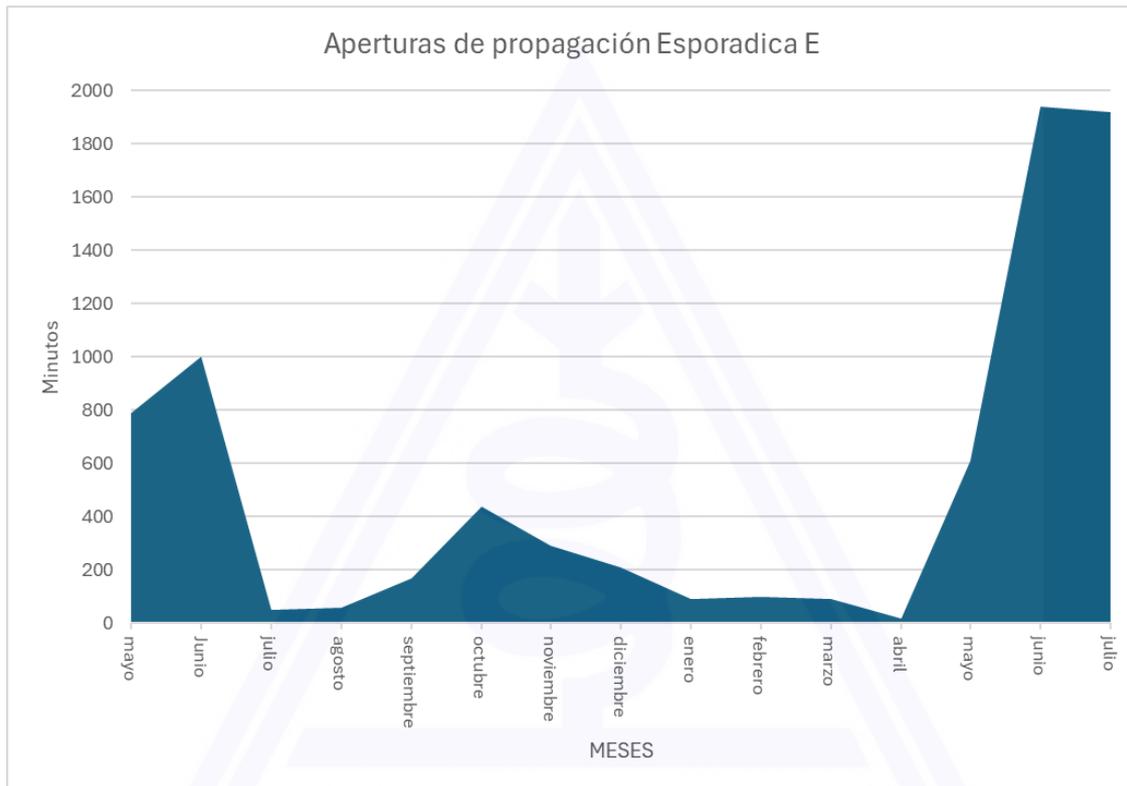
En bandas cercanas, como la de 6 metros (50 MHz), estas aperturas alcanzan su máximo de actividad durante los meses de verano, comenzando en mayo y finalizando en agosto.

#### 3.1. Aperturas propagación en la capa E

La banda de 8 metros (40 MHz) es especialmente idónea para la propagación por esporádica E, siendo este el modo de propagación más común en dicha banda. A lo largo de prácticamente todo el año se han detectado aperturas por reflexión en la capa E.

Durante estas aperturas se han logrado contactos con estaciones situadas en un rango de distancias que va desde los 500 hasta más de 3.000 km, permitiendo trabajar con éxito a todos los países europeos que actualmente cuentan con licencia para operar en esta banda.

Cabe destacar las grandes aperturas que coinciden con los meses de verano, cuando se alcanza la máxima ionización de la capa E. Especialmente en los meses de mayo y julio se han registrado aperturas de larga duración, que han comenzado a primeras horas de la mañana y se han prolongado hasta prácticamente el anochecer.



**Figura 2.** Aperturas de propagación esporádica E

### 3.2. Distancias obtenidas por reflexión en la capa E

El rango de estos comunicados está sobre los 3.000Km, en ocasiones especiales se han realizado comunicados con Israel o el Líbano, sobrepasando en algunos casos los 3.600Km.

## 4. PROPAGACIÓN F<sub>2</sub>

Para este estudio se han tenido en cuenta únicamente las aperturas reportadas por estaciones españolas, y solo aquellas que fueron notificadas por más de una estación. Han existido aperturas esporádicas individuales, así como otras detectadas por estaciones europeas, pero no por estaciones españolas. Como ya se ha mencionado anteriormente, este estudio no pretende profundizar en el análisis de este tipo de propagación, sino únicamente correlacionar la actividad española con las aperturas de propagación F<sub>2</sub>.

### 4.1. Aperturas Propagación en la capa F<sub>2</sub>

A pesar de la baja potencia autorizada y del reducido número de estaciones con licencia, se han podido detectar varias aperturas de propagación en la capa F<sub>2</sub>, concentrándose todas ellas a partir del equinoccio de otoño y dentro de una franja horaria comprendida entre las 11:00 y las 19:00 UTC.

Los países trabajados en esta modalidad son: Australia, Canadá, Cuba, Estados Unidos de América, Islas Caimán, México, Nueva Zelanda, Puerto Rico y República Dominicana.



**Figura 3.** Aperturas F<sub>2</sub> en octubre del 2024

Las mejores aperturas de octubre tuvieron lugar entre las 11:20 y las 17:10 UTC trabajando estaciones de Canadá, Islas Caimán, Australia y Estados Unidos de América. A destacar los comunicados con Australia de más de 14.000Km, siendo el mejor día el 20 de octubre.



**Figura 4.** Aperturas F<sub>2</sub> en noviembre del 2024

El mes de noviembre no fue tan intenso como en octubre, pero se detectaron aperturas de corta duración hacia Estados Unidos de América y Sudamérica, el mejor día fue el 1º de noviembre, todas las aperturas entre las 12:00 y las 16:20 UTC.



Figura 5. Aperturas F<sub>2</sub> durante los primeros meses del 2025

Pocas aperturas y muy cortas durante este año 2025, a destacar las aperturas con Nueva Zelanda en enero y febrero entre las 09:12 y 11:30 UTC.

## 4.2. Distancias obtenidas por reflexión en la capa F

A destacar las aperturas con nueva Zelanda (19.467Km), se ha reportado la recepción de la baliza ZL28M que trabaja en FT8, esta baliza esta operado por ZL2WHO y trabaja con 10 Vatios y una yagi de 3 elementos dirección al sur de Europa.

## 5. PROPAGACIÓN TRANSECUTORIAL



Figura 6. “path” propagación Transecuatorial.

La propagación transecuatorial (PTE) se produce especialmente durante los años de gran actividad solar, en trayectos largos Norte-Sur que atraviesan el ecuador geomagnético. A pesar del bajo número de estaciones activas en Sudáfrica, se han detectado aperturas de propagación transecuatorial prácticamente todos los días durante 2024, con la excepción del mes de julio, del cual no se dispone de ningún reporte. Según la figura 10, el máximo de actividad suele producirse entre las 12:00 y las 15:00 horas UTC, aunque ocasionalmente puede extenderse desde las 08:00 hasta las 20:00 UTC. Parece ser que el mayor número de aperturas ocurre cerca del equinoccio de otoño.

## 5.1. Aperturas Propagación Transecuatorial

El comportamiento durante el año 2025 parece ser similar al de 2024 (ver figura 8), concentrándose la actividad en la franja horaria de 12:00 a 15:00 UTC. Sin embargo, a partir de mayo de 2025 no se tiene constancia de nuevas aperturas.

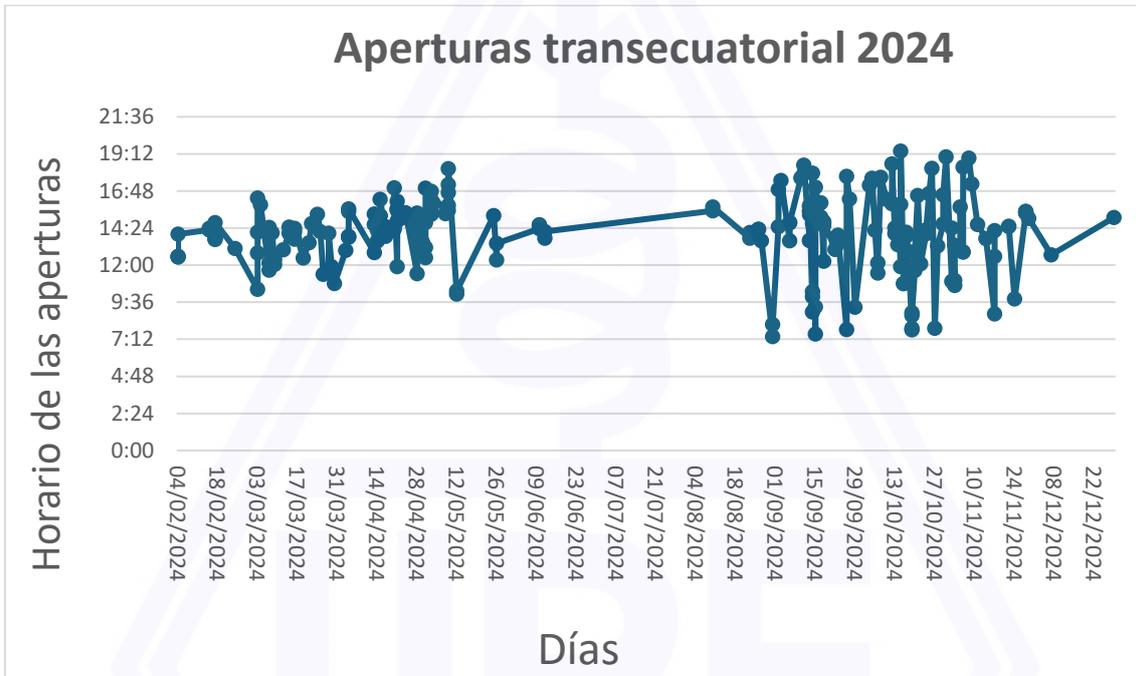


Figura 7. Aperturas Transecuatorial durante el año 2024

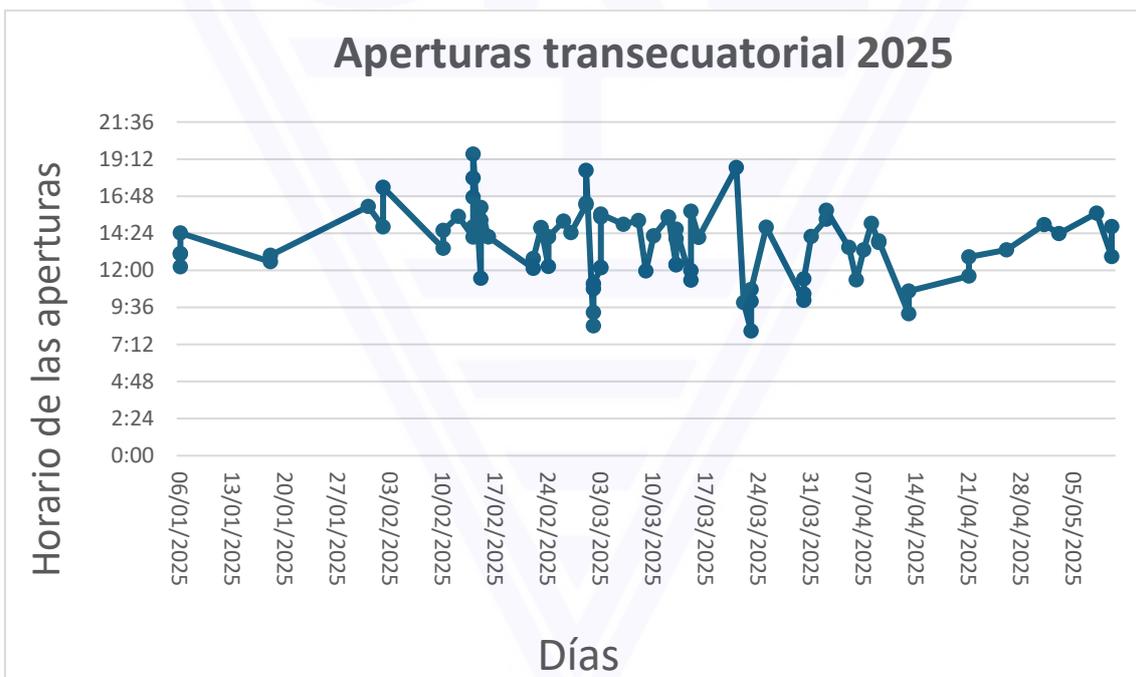


Figura 8. Aperturas Transecuatorial durante el año 2025

## 5.2. Distancias obtenidas por Transecuatorial

Las distancias dependerán de la geometría del enlace entre una estación de la península y la estación sudafricana, dependiendo de esta geometría los enlaces están alrededor de los **7.000 a 9.000 Km.**

## 6. IMPORTANCIA DE LAS BALIZAS

Una baliza o radiobaliza es una estación desatendida, supervisada por un radioaficionado o radioclub con licencia. A lo largo de los años, las radiobalizas han permitido obtener rápidamente una visión general de las direcciones y frecuencias en las que, en un momento dado, es posible una propagación exitosa. Esta es la aplicación más importante de estas balizas en la radioafición.

La baliza de propagación más antigua que sigue funcionando en la actualidad está situada en Dinamarca, bajo el indicativo de radioaficionados **OZ7IGY**. Se remonta al Año Geodésico Internacional de 1957 y actualmente transmite en 12 bandas de radioaficionados, desde 28 MHz hasta 24 GHz, incluyendo la banda de 8 metros en 40.070 MHz.

Lamentablemente, aún no existen suficientes balizas específicas en la banda de 8 metros que proporcionen información de propagación de forma directa. Sin embargo, durante aperturas de propagación, se han escuchado habitualmente las siguientes balizas:

- EI4CAH/B 40.015MHz Irlanda
- EI1KNH/B 40.013MHz Irlanda
- EI1MMH/B 40.013MHz Irlanda
- G4OGI/B 40.882MHz Inglaterra
- GB3MCB/B 40.050MHz Inglaterra
- OZ7IGY/N 40.070MHz Dinamarca
- S55ZMS/B 40.670MHz Eslovenia
- ZS6WAB/B 40.675MHz Sudáfrica
- ZL28M 40.680MHz Nueva Zelanda

Mención especial merece la baliza de Sudáfrica, ya que gracias a ella se pueden detectar las aperturas de propagación transecuatorial por la capa F<sub>2</sub>.

Como ejemplo, durante el año 2024, la recepción de la baliza **ZS6WAB/B** se realizó prácticamente a diario entre los meses de marzo y abril, siempre en franjas horarias comprendidas entre las 08:00 y las 14:21 UTC.

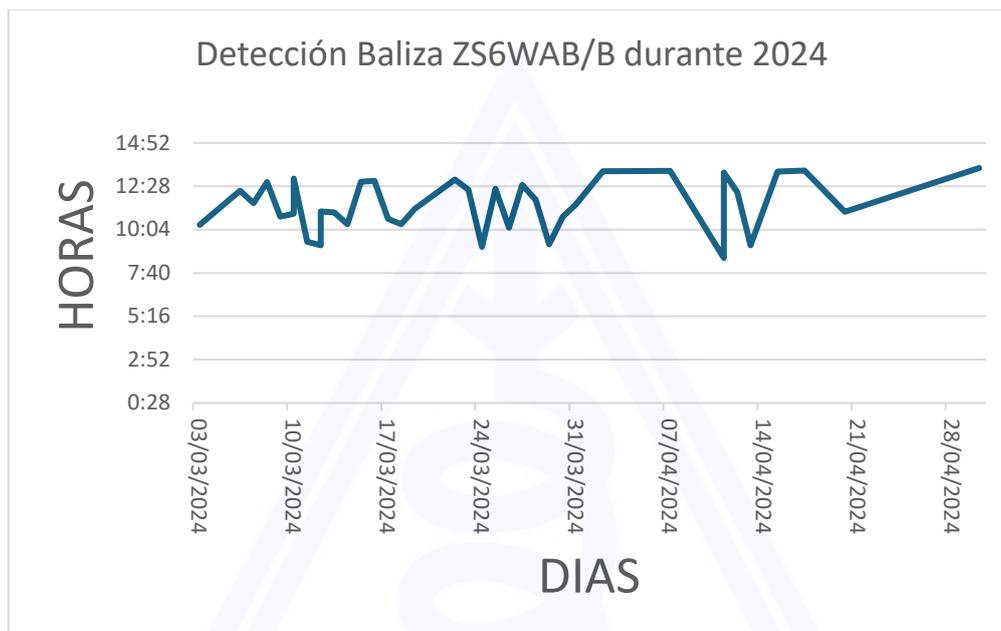


Figura 9. Detección Baliza AS6WAB/B durante 2024

Como curiosidad, hay que destacar que algunos países que aún no disponen de autorización para trabajar los 8m (40MHz) están instalando balizas bajo el indicativo **LIPD** (Low Interference Potential Devices class license)

## 7. OTROS TIPOS DE PROPAGACIÓN.

En la banda de 8 m (40 MHz) se producen otros tipos de propagación además de los ya mencionados, como la esporádica E, la F2 o la transecuatorial.

Entre ellos se encuentra la **propagación troposférica**, en todas sus modalidades: por refracción, inversión térmica, conductos o dispersión. Con este tipo de propagación pueden alcanzarse distancias superiores a 1000 km. La falta de estaciones y de datos durante este primer año dificulta discernir algunos contactos por propagación troposférica de los producidos por esporádica E.

También existe la **propagación por dispersión en ráfagas de meteoros** (*Meteor Scatter*). No ha sido posible realizar pruebas en esta modalidad, ya que para producir una reflexión en la zona ionizada por un meteorito es necesario disponer de un mínimo de 100 W (PEP) y de una antena con una ganancia mínima de 8 dBd.

Otra modalidad es la **propagación por irregularidades del campo magnético** (*FAI*). Al igual que en el *Meteor Scatter*, se requieren antenas directivas de alta ganancia y potencia suficiente para su utilización. Esto también ocurre en otras modalidades de **dispersión ionosférica**, como el **rebote lunar** o la **ionización producida por auroras boreales**, aunque en este último caso existe el inconveniente adicional de que nuestro país se encuentra en latitudes demasiado meridionales para que estas ionizaciones se produzcan con frecuencia.

Aún queda un amplio margen para la experimentación en esta nueva banda, aunque para aprovecharlo plenamente sería necesario que su autorización se extendiera a un mayor

número de países y que se concedieran condiciones técnicas más favorables que las actuales.

## 8. CICLO SOLAR

### 8.1.Introducción

El holandés John Fabricius<sup>i</sup> publicó en 1611 un informe acerca de unas manchas solares. Dado que las grandes manchas del sol pueden observarse a simple vista, el debate histórico sobre qué científico las vio primero, tendría tan poco valor como la discusión sobre quién descubrió la Luna. Los anales chinos registraron observaciones de manchas solares sin la ayuda de ningún instrumento óptico, fechando las más antiguas en el 28 a.C. Galileo, en una carta a un acaudalado patrono, señalaba que en el reinado de Carlomagno “durante ocho días seguidos el pueblo de Francia” vio una mancha negra en el disco solar”.

Aunque los primeros observadores con telescopios notaron marcadas fluctuaciones en el número de manchas visible, la naturaleza periódica de la variación permaneció desaparecida durante más de dos siglos. Finalmente, en 1843, el farmacéutico alemán Heinrich Schwabe descubrió el ciclo de manchas solares. La figura 3 muestra los últimos cinco ciclos que se han registrado desde 1975 y la predicción del ciclo 25 según la NOAA<sup>ii</sup>.

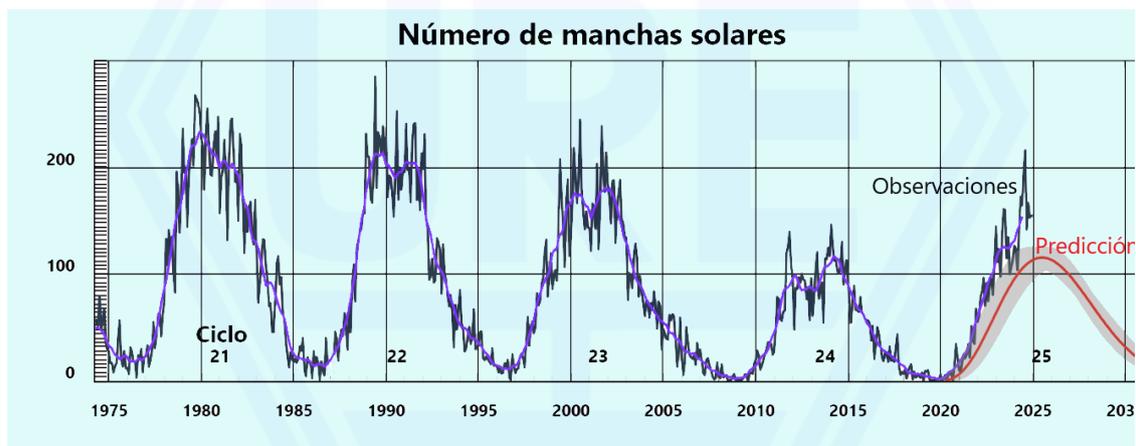
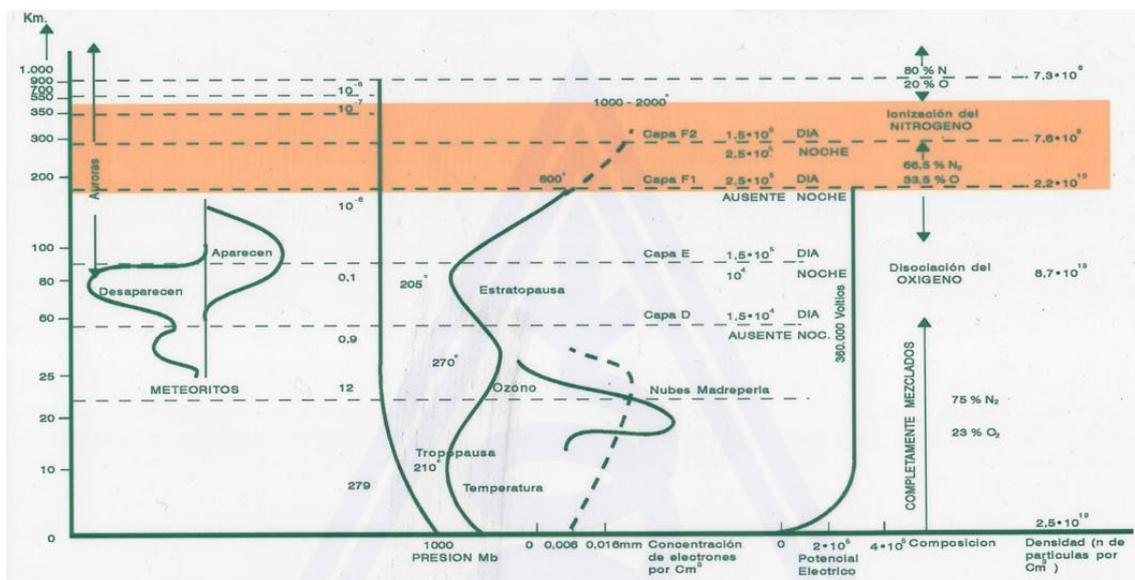


Figura 10. Ciclo Solar.

Es evidente que estos ciclos no son estrictamente periódicos, ni en tiempo ni en amplitud. El intervalo promedio entre los máximos es de 11,2 años, pero los intervalos individuales han oscilado entre 7,3 y 17,1 años. El ciclo solar en el que nos encontramos, el número 25, se inició en el año 2020 con un mínimo, alcanzando el máximo previsto en este año 2025.

### 8.2.Fenómenos Solares

Es bien conocida la influencia de las tormentas geomagnéticas sobre la máxima frecuencia utilizable (MUF) en las diversas capas de la ionosfera. Es el caso de la MUF de la capa F<sub>2</sub>, que suele aumentar durante estas tormentas.



**Figura 11.** Esquema físico de la atmósfera (Según la Universidad de Chicago).

Sin embargo, en la mayoría de los casos, la MUF disminuye por debajo de los valores normales correspondientes a la altura de la capa F<sub>2</sub>. Esta altura parece ser la responsable de las largas distancias que se suelen alcanzar en HF.

Los factores que determinan el nivel de ionización de la capa F<sub>2</sub> son, principalmente, el ciclo solar, la estación del año y la hora del día. La gran energía producida por las radiaciones de corta longitud de onda emitidas por el Sol (rayos gamma, rayos X, radiación ultravioleta, etc.) es absorbida en las capas exteriores de la atmósfera, dando lugar a la ionización de la capa F<sub>2</sub>.

La propagación en la capa F depende de la intensidad de dichas radiaciones, y estas, a su vez, están relacionadas con la actividad solar<sup>iii</sup>.

Se ha puesto especial atención en el estudio de la propagación en el medio ionizado producido por la capa F, ya que se trata del tipo de propagación menos conocido y con el que se logran las mayores distancias.

Durante el día, la capa F se divide en dos niveles diferenciados, denominados F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub> (véase figura 11). La capa F<sub>1</sub> se sitúa entre los 150 y 250 km. Habitualmente se forma al salir el Sol y su máxima ionización se produce hacia el mediodía.

Durante las últimas horas de la tarde, al anochecer, las capas F<sub>1</sub> y F<sub>2</sub> se combinan en una sola capa de ionización, denominada simplemente F.

### 8.3. Flujo Solar

El flujo solar se mide diariamente en una frecuencia de 10,7cm de longitud de onda (2800 MHz).

El flujo solar se usa como indicativo de la actividad solar y puede variar entre valores de 50 a 300, representando baja, alta o muy alta actividad. Valores que sobrepasan los 200 aparecen siempre durante los máximos de los ciclos solares.

Parece ser que el flujo solar está íntimamente relacionado con la ionización que se produce en la capa F<sub>2</sub>. Altos valores de flujo solar producen una buena ionización para comunicados a larga distancia a frecuencias más altas de lo normal. Valores bajos restringen la banda de frecuencias a utilizar para largas distancias, El flujo solar está medido en “Solar Flux Units” (SFU), Un SFU equivale a  $10^{-22} \text{Wm}^{-2} \text{Hz}^{-1}$ .

## 8.4. Índices magnéticos A, K y número de manchas solares

| FENÓMENOS SOLARES |          |             |                 |
|-------------------|----------|-------------|-----------------|
| Índice A          | Índice K | Flujo Solar | Manchas Solares |
| 100               | 0        | 50          | 0               |
|                   | 1        |             |                 |
|                   | 2        |             |                 |
|                   | 3        |             |                 |
|                   | 4        |             |                 |
|                   | 5        |             |                 |
|                   | 6        |             |                 |
|                   | 7        |             |                 |
| .                 | 8        | .           | .               |
| 300               | 9        | 300         | 400             |

Los niveles del índice magnético A suelen estar alrededor de 100 durante las tormentas magnéticas, pudiendo pasar a valores de 200 a 300 en las grandes tormentas.

El índice magnético K está relacionado con el A y su rango se encuentra comprendido entre valores de 0 a 9. Valores bajos corresponden a condiciones magnéticas bajas, mientras que valores altos corresponden a grandes tormentas.

El número de manchas solares varía en base

Figura 12. Relaciones entre fenómenos solares

al flujo entre 0 para periodos de mínimo y valores superiores a 250 o 400 en los periodos de máxima actividad solar

## 9. CORRELACIÓN ENTRE APERTURAS DE PROPAGACIÓN Y ACTIVIDAD SOLAR

Los autores de artículos sobre el tema no llegan a un acuerdo en cuanto a los fenómenos solares que intervienen en las aperturas de propagación por F<sub>2</sub> en la banda de 50 MHz que tiene un comportamiento similar a los 40MHz.

Los americanos, basándose en un estudio de propagación trasatlántica<sup>iv</sup> realizados durante el máximo del ciclo solar 22, llegan a la conclusión de que existe una gran probabilidad de aperturas cuando el flujo solar es mayor de 135; y que, aunque no existe una gran relación, pueden darse aperturas en épocas de grandes tormentas magnéticas que sobrepasen valores de índice de 30.

Los holandeses, partiendo de un estudio que presentaron a su administración y realizaron también durante el máximo del ciclo solar 22<sup>v</sup>, mantienen que los grandes causantes de las aperturas de propagación por F<sub>2</sub> son los índices magnéticos A y K. Consideran que existe un gran número de aperturas en periodos de gran actividad magnética, especialmente en los días anteriores a producirse una de esas tormentas, y que el flujo solar solo influye cuando sobrepasa el valor de 250, ya que se han detectado abundantes aperturas con valores mucho más bajos. Por último, creen que el número de manchas solares no tiene ninguna relación con las aperturas.

## 9.1. Correlación apertura propagación F<sub>2</sub> de 2024

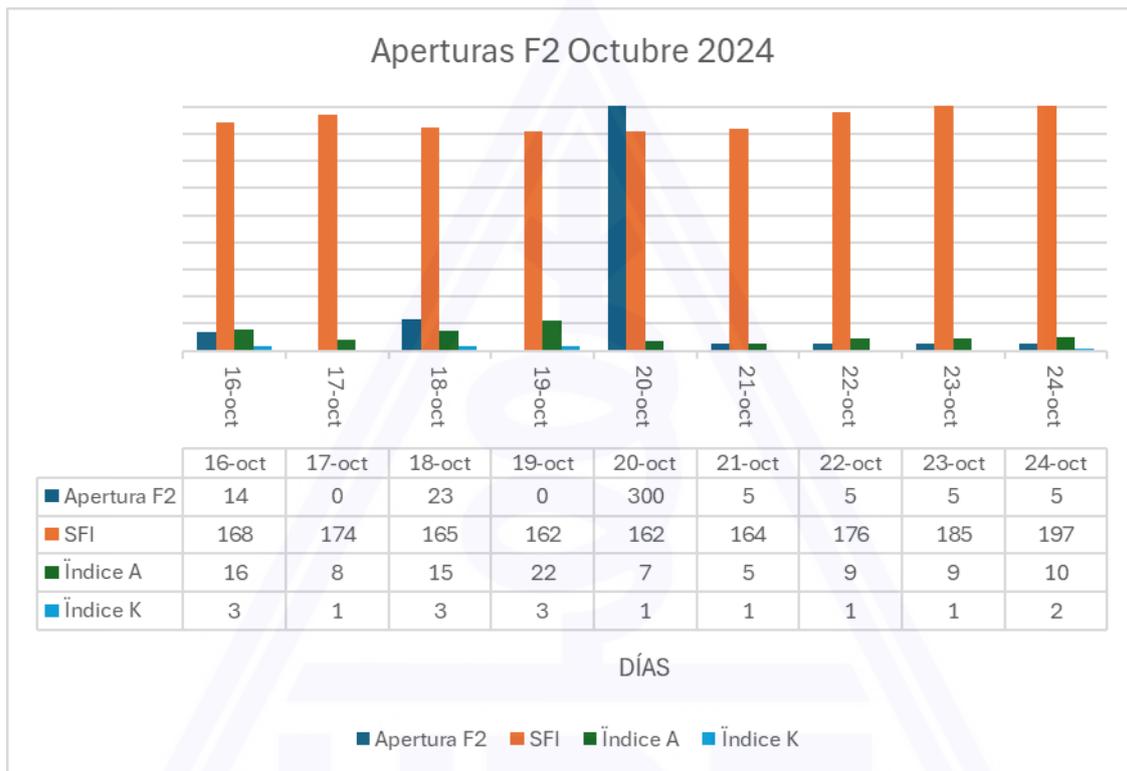


Figura 13 correlación aperturas F<sub>2</sub> octubre 2024

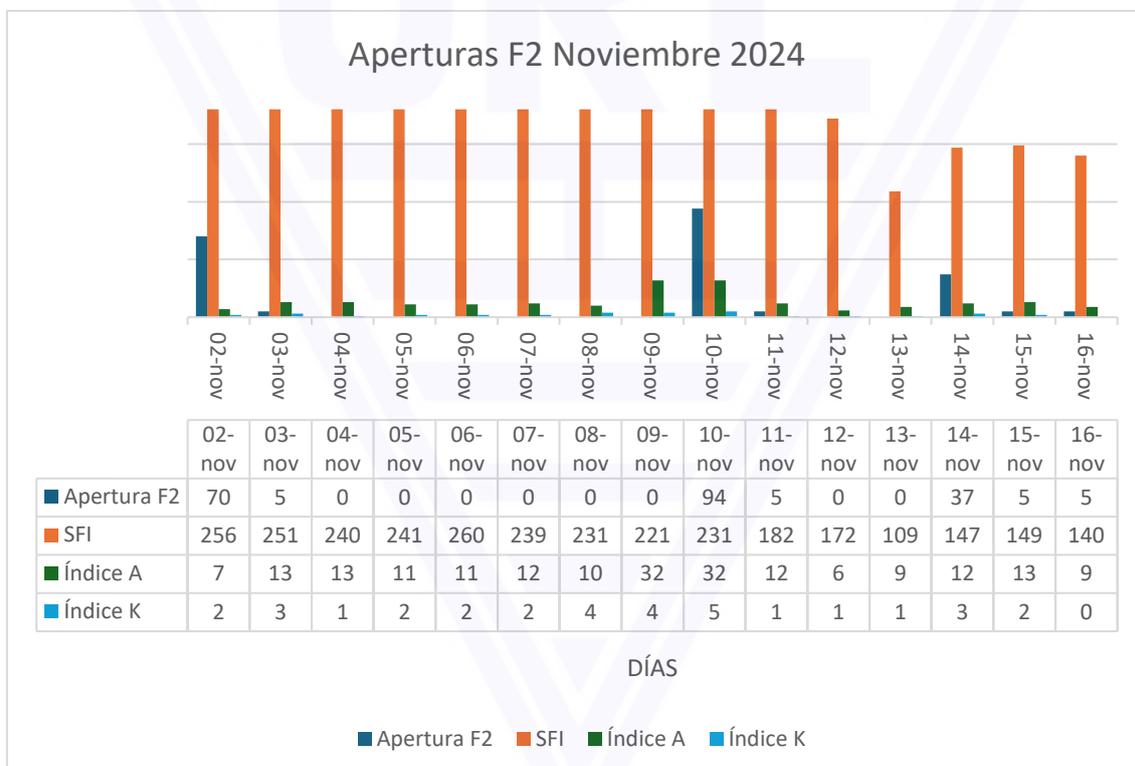


Figura 14 correlación aperturas F<sub>2</sub> noviembre 2024

Resulta difícil extraer conclusiones sólidas a partir de los datos obtenidos. En octubre, el máximo de actividad se registró el día 20, pero con un número muy reducido de estaciones trabajadas, debido a la escasa actividad que aún presenta esta banda. Curiosamente, ese día fue domingo, lo que sugiere que el mayor número de contactos podría estar relacionado con una mayor disponibilidad de operadores por tratarse de un día festivo, más que con condiciones propiamente favorables de propagación.

No se ha podido establecer ninguna correlación concluyente entre las aperturas observadas y parámetros como el flujo solar o los índices A y  $K^{vi}$ . Además, debe tenerse en cuenta que se trata de aperturas de muy corta duración, detectadas únicamente mediante el modo digital FT8. Por tanto, no se puede determinar con precisión si estas aperturas son eventos aislados ni cuáles podrían ser sus causas.

Una situación similar se repite en noviembre. Los días con mayor actividad fueron el 2 y el 10, que coinciden también con fin de semana (sábado y domingo, respectivamente). De nuevo, las aperturas fueron breves y con muy pocos correspondientes (uno o dos), lo que impide contar con datos suficientes para establecer patrones claros.

Como ejemplo, el 14 de noviembre la estación mexicana XE1KK fue contactada por tres estaciones españolas entre las 15:05 y las 15:42 UTC. Si bien ese día el índice K era bajo, aunque no óptimo, y el índice A también era bajo (indicando la ausencia de tormentas geomagnéticas), el flujo solar superaba los 135, un valor que, según estudios estadounidenses, podría ser favorable para aperturas por propagación  $F_2$ . Sin embargo, este único evento aislado no permite confirmar dicha relación.

En resumen, el análisis de los efectos asociados a las aperturas  $F_2$  resulta prácticamente inviable sin una masa crítica de datos que permita realizar un estudio con validez estadística. La escasez de observaciones, su brevedad, la falta de diversidad modal (limitado a FT8), y la posible influencia de factores externos como la disponibilidad de operadores, impiden extraer conclusiones fiables por el momento.

## 10. CONCLUSIONES

Hay que tener en cuenta que todos los informes que han servido para la elaboración de esta memoria se han realizado dentro de los límites de potencia autorizada (25 W PEP). Esta limitación en la emisión se ha revelado como insuficiente durante las aperturas F2, en las que solo se han podido aprovechar los momentos de mayor ionización.

Tal como ya se ha indicado anteriormente, esta memoria se ha elaborado con un número muy limitado de datos, debido a las pocas estaciones que aún están autorizadas en esta banda. A partir de los datos empleados y expuestos en esta memoria, pueden extraerse las siguientes conclusiones:

1. En el momento de redactar esta memoria, no se tiene constancia de que se haya producido **ninguna interferencia perjudicial a otros servicios de telecomunicaciones**.
2. Para realizar cualquier estudio, es necesario el tratamiento de un gran número de datos y esto sólo se consigue con un mayor número de autorizaciones.
3. El **99,9 %** de los comunicados se han realizado gracias a la utilización del modo digital **FT8**.
4. La banda de 8 m (40 MHz) presenta un comportamiento similar al de la banda de 50 MHz; las aperturas de propagación por **esporádica E** son mucho más frecuentes y prolongadas en el tiempo que en 50 MHz.
5. **No pueden extraerse conclusiones firmes** sobre los fenómenos que producen la **propagación F<sub>2</sub>** debido a la escasa actividad actual de esta banda; es necesario disponer de muchas más licencias. Aun así, se han detectado aperturas breves durante numerosos días.
6. Para poder continuar estudiando aperturas de propagación en la capa **F<sub>2</sub>**, sería conveniente disponer de una potencia PEP superior a los 100 W.

## 11. REFERENCIAS

---

- <sup>i</sup> **ALEX G. SMITH**, *Radioexploración del Sol*, 1969, México, Editorial Reverte
- <sup>ii</sup> “Preliminary report and forecast of Solar Geophysical Data U.S. Departamento f Commerce”, National Oceanic and Atmospheric Administration, 325 Broadway R/E/SE2, Boulder, Colorado 80303.
- <sup>iii</sup> **CARY OLER**, “Understanding Solar-Terrestrial reports”, *The 50 MHz DX Bulletin*, marzo, 1992
- <sup>iv</sup> **EMIL POCOCK, W3EP**. “Predicting Transatlantic 50-MHz F-Layer Propagation”, *QST Magazin*, marzo de 1993
- <sup>v</sup> **HENK J. SCHANSSEMA, (PA2HJS), ENNO J. KORMA. (PA0ERA)** “F2 Propagation on the 50 MHz Amateurband in the Netherlands”, Mayo de 1990.
- <sup>vi</sup> 10.7cm radio flux and geomagnetic indices, *Space Weather Prediction Center*, NOAA, <https://www.swpc.noaa.gov/>