

## CARACTERISTICAS DE LAS CAPAS E-ESPORADICAS ECUATORIALES

Alberto E. Giraldez

Laboratorio Ionosférico de la Armada (LIARA)

Vicente López (Buenos Aires)

### RESUMEN

Los resultados del presente trabajo indican que existen tres zonas perfectamente diferenciadas en cuanto a la probabilidad de aparición de capas Es y su frecuencia crítica ( $f_oEs$ ) en bajas latitudes. Una zona entre  $\pm 60^\circ$  Dip que puede ser definida como Anillo Ecuatorial. Una segunda zona entre  $60^\circ$  y  $120^\circ$  Dip con características diferentes a la anterior y que se denominará subecuatorial, y una tercera zona que corresponde a ángulo de Dip superior a  $120^\circ$  denominada de latitudes medias.

El sector denominado subecuatorial muestra características que varían entre las del sector ecuatorial y las de latitudes medias dependiendo de la época del año.

### ABSTRACT

Results indicate there are three different zones relating the probability of appearance and their critical frequency ( $f_oEs$ ) of Es layers in low latitudes. First zone between  $\pm 60^\circ$  Dip which can be defined as the equatorial ring. A second sector from  $60^\circ$  up to  $120^\circ$  Dip showing a different pattern which will be referred to as subequatorial sector and a third zone which corresponds to Dip angle higher than  $120^\circ$ , named midlatitude region.

Subequatorial sector shows a seasonal variation between equatorial and midlatitude sectors patterns.

## INTRODUCCION

La dinámica de la región E ecuatorial, gobernada por la presencia del electrochorro ecuatorial, se caracteriza por la presencia de inestabilidades de plasma en forma permanente, debido a la compleja superposición de campos eléctricos generados por los fenómenos de transporte horizontal y la distribución inhomogénea de las conductividades en la dirección vertical.

En general puede afirmarse que existen dos tipos de inestabilidades (Tipo I y Tipo II) cada una de las cuales provoca inhomogeneidades de diferente tamaño (desde 1m hasta 300m).

Tipo I: ocurren cuando la velocidad de deriva supera la velocidad acústica-iónica (350m/seg) y son generadas por el mecanismo de inestabilidad de dos haces.

Tipo II: se generan cuando la velocidad de deriva electrónica es superior a 30m/seg y son producidas por la inestabilidad de gradiente, en regiones de fuerte gradiente de densidad electrónica.

La causa más probable de generación de capas Es ecuatoriales parece ser la inestabilidad de Tipo II (Balsley et al, 1976), aun cuando se observa que también el Tipo I es capaz de producir capas Es (Balsley & Farley, 1971).

Los ecos observados mediante sondador ionosférico son descritos como Es Ecuatoriales, ó Es,q (Knecht & McDuffie 1962; Bowles & Cohen 1962) y difieren radicalmente de los observados en latitudes medias en cuanto a sus características observables y su mecanismo de formación. La característica observacional determinante es su inhabilidad para apantallar totalmente la ionosfera superior. Este tipo de Es,q se observa en un delgado anillo alrededor del ecuador magnético exclusivamente (Whitehead, 1970).

## RESULTADOS EXPERIMENTALES

Se analizan los datos ionosféricos de frecuencia máxima de capas Es ( $f_oE_s$ ) y el porcentaje de tiempo en el que se observa la presencia de capas Es con determinada frecuencia máxima, hallándose así la relación entre frecuencia crítica y porcentaje de tiempo, para una banda de baja latitud de los sectores americano, africano y asiático con datos de las estaciones de la Tabla I.

TABLA I

Estaciones Ionosféricas utilizadas

Estación	Sector	Dip (grados)
Huancayo	América	1.3
Chimbote	"	5.6
Ilo	"	-7.4
Chiclayo	"	9.5
Talara	"	13.1
Togo	Africa	1.9
Ft. Archambault	"	-3.3
Ouagadougou	"	6.0
Djibouti	"	6.1
Ibadan	"	-7.0
Bangui	"	-14.7
Dakar	"	16.9
Thumba (Trivandrum)	Asia	-1.6
Kodaikanal	"	2.5
Tiruchirapalli	"	3.8
Madras	"	9.3
Bangkok	"	10.4
Manila	"	14.5
Singapur	"	-18.3
Hyderabad	"	19.4
Vanimo	"	-21.0

Los resultados obtenidos en cuanto al porcentaje de tiempo en que se observan capas Es en los tres sectores se muestran en la Figura 1, para los sectores americano, africano y asiático.

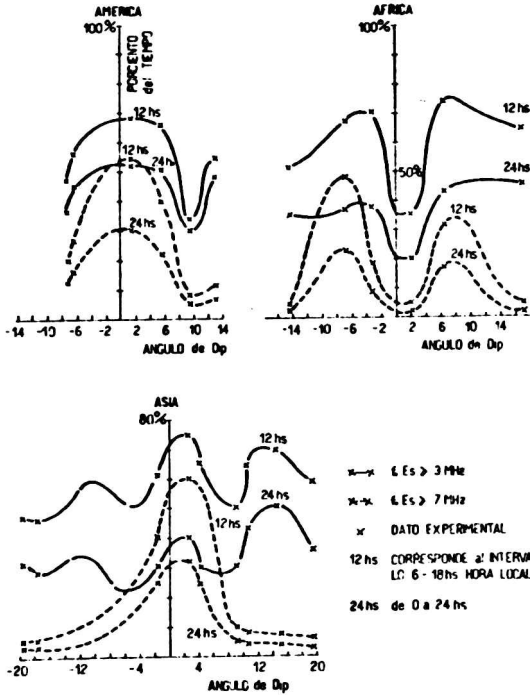


Figura 1: Porcentaje de tiempo (en 12 y 24 hs) en que se observa la presencia de capas Es con frecuencia crítica igual o mayor que la indicada en la figura.

La figura 2 a, b, c muestra, para los tres sectores, la dependencia latitudinal del comportamiento promedio anual de la función de probabilidad de presencia de capas Es (PEs).

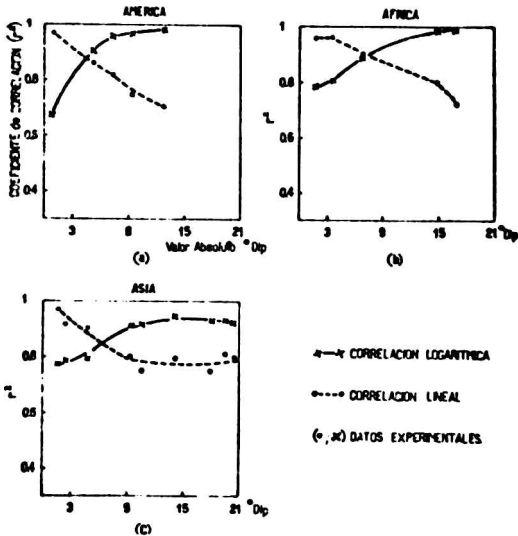


Figura 2 a, b, c: Resultados de la correlación lineal y logarítmica de todas las Estaciones analizadas en los tres continentes para la función  $P(Es) - f_0Es$ .  $r^2$  es el coeficiente de correlación.

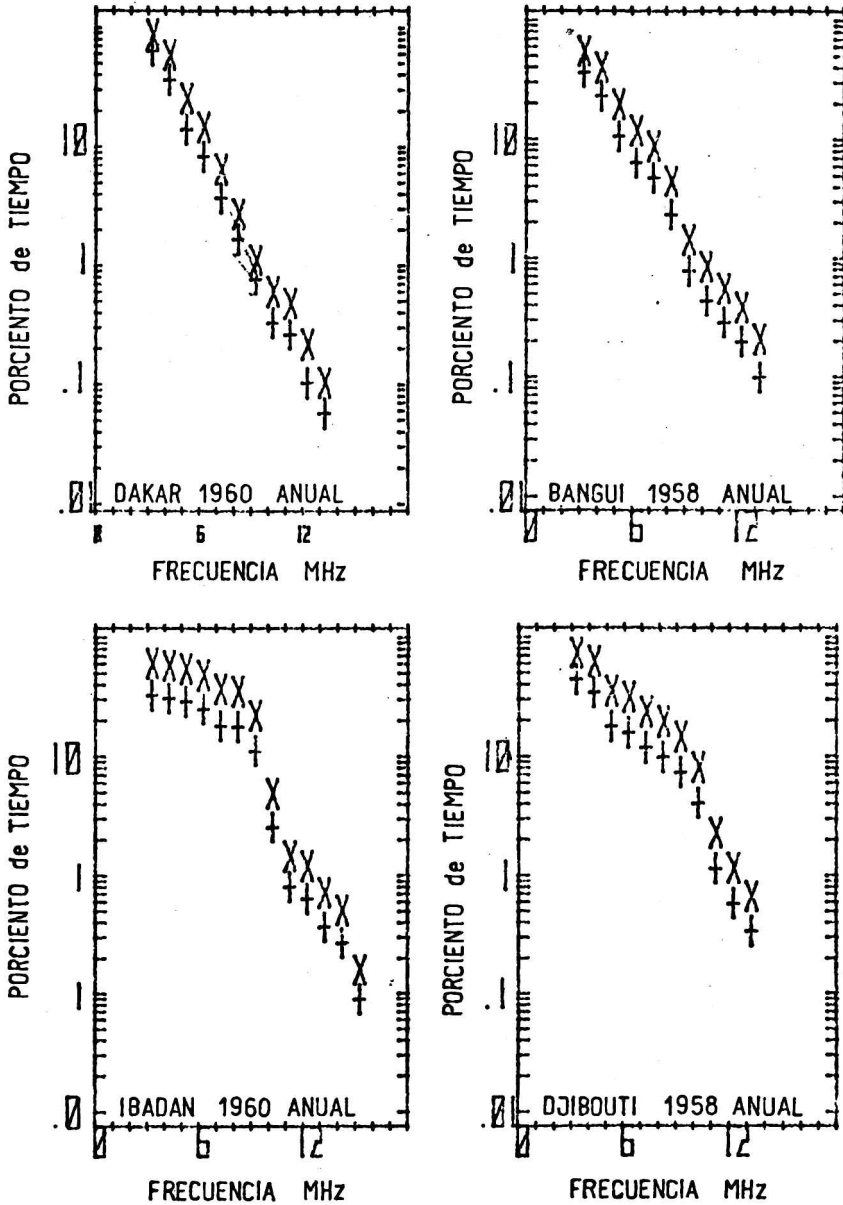


Figura 3: Porcentaje acumulativo de tiempo versus frecuencia crítica mayor o igual que la indicada para los períodos de 12hs (6 a 18hs), señalados con X y 24hs (+). Se observa la correlación logarítmica para la estación DAKAR y Bangui, mientras que la misma es lineal para Ibadan y DJIBOUTI.

La Figura 3 a, b, c y d son ejemplos de los resultados obtenidos para el cálculo del porcentaje de tiempo como función acumulativa de la frecuencia máxima observada, algunas de las estaciones utilizadas se han seleccionado para mostrar situaciones representativas de todos los casos observados.

La relación entre la probabilidad de presencia de capas Es,  $P_{Es}$  y la frecuencia crítica acumulativa, es lineal en el anillo ecuatorial, mientras que es logarítmica en latitudes medias, con una zona de transición en la que la correlación en promedios anuales no parece ser ninguna de las antes mencionadas. El análisis estacional de estas estaciones de transición revela que en el solsticio de verano se comportan como ecuatoriales mientras que en el de invierno lo hacen como de latitudes medias.

#### DISCUSION

En latitudes medias se acepta que la relación entre el porcentaje de tiempo con presencia de capas Es y la frecuencia crítica acumulativa es logarítmica (ley de Phillips). El cambio de logarítmica a lineal al acercarse al ecuador magnético que se propone en este trabajo, está asociado a un cambio en el mecanismo de producción de capas Es. La causa del cambio de mecanismo ya fue explicada parcialmente en base a los procesos que ocurren por inestabilidades de plasma en una delgada zona ecuatorial, que pierde efectividad al aumentar el ángulo de Dip. El mecanismo actuante en latitudes medias (vientos cizallantes) no será tratado en este trabajo; información detallada de este mecanismo puede encontrarse abundantemente en la literatura referenciada en otro trabajo del autor (A. Giraldez, 1980). Solo se mencionará que el mecanismo de viento cizallante pierde efectividad como generador de capas Es cuando el ángulo de Dip se hace

pequeño, resultando inútil en el ecuador.

La Figura 1 a, b y c muestra diferencias entre las observaciones del sector ecuatorial americano con las del africano y el asiático. La diferencia más notable es la fuerte depresión del porcentaje de capas Es en el sector africano sobre el ecuador magnético en contraste con los otros dos sectores, que indican exactamente lo contrario. Debido a que las causas que pueden ser responsables de este fenómeno pueden ser de medición o geofísicas, se discutirán brevemente ambas posibilidades.

El comportamiento anómalo observado en los registros del sector africano puede deberse a una falta de potencia en el equipo de medición. Las dos estaciones que muestran la característica anómala fueron operadas con equipos similares a los demás y por la misma institución, que no reportó fallas de funcionamiento en los mismos, además los datos utilizados corresponden a varios años de datos horarios que presentan una alta coherencia entre sí, por lo tanto, las evidencias parecen indicar que la anomalía no se debe a problemas de medición.

Desde el punto de vista geofísico las causas que pueden provocar este fenómeno son varias pero fundamentalmente todas dependen de la intensidad de los efectos de las inestabilidades del tipo I y II ya mencionadas en la introducción, ya que la generación de capas Es ecuatoriales es directamente proporcional a la intensidad de las inestabilidades ya mencionadas. Este problema sale fuera del tema del presente trabajo, y será tratado en el futuro.

#### CONCLUSIONES

De las evidencias presentadas surge que las capas Es, q son generadas por un mecanismo diferente del responsable de las Es

de latitudes medias, y que la banda latitudinal de separación entre ambas regiones (60 a 120 Dip) tiene características que fluctúan entre una y la otra en función de la época del año indicando que la influencia del electrochorro ecuatorial varía en latitud dependiendo de la época del año.

#### BIBLIOGRAFIA

- Balsley B.B., Bey A. y Woodman R.F. (1975) "On the plasma instability mechanisms responsible for Es,c". J. Geophys. Res. 81, 1391-1396.
- Balsley B.B., Farley D.T. (1971) "Radar studies of the electrojet at three frequencies". J. Geophys. Res. 76, pp 8341-8351.
- Bowles K.L., Cohen R. (1952) "A study of radio wave scattering from Sporadic-E near the magnetic equator". Ionos. Sporadic-E Pergamon Press Oxford ed. E.K. Smith & S. Matsushita.
- Giraldez, A.E. (1960) "Perturbaciones Ionosféricas Viajeras debidas a Tormentas Solares". GECACIA, vol 10, N° 2
- Knecht R.W., McDuffie R.E. (1952) "On the width of the equatorial Es belt". Ionos. Sporadic-E Pergamon Press Oxford ed. E. K. Smith & S. Matsushita.
- Whitehead J.D. (1970) "Production and Prediction of Sporadic-E". Rev. Geophys. Space Phys. 8, 65-144.