

Unión Internacional de Telecomunicaciones

**UIT-R**

Sector de Radiocomunicaciones de la UIT

**Recomendación UIT-R P.372-14**  
(08/2019)

**Ruido radioeléctrico**

**Serie P**  
**Propagación de las ondas radioeléctricas**



Unión  
Internacional de  
Telecomunicaciones

## Prólogo

El Sector de Radiocomunicaciones tiene como cometido garantizar la utilización racional, equitativa, eficaz y económica del espectro de frecuencias radioeléctricas por todos los servicios de radiocomunicaciones, incluidos los servicios por satélite, y realizar, sin limitación de gamas de frecuencias, estudios que sirvan de base para la adopción de las Recomendaciones UIT-R.

Las Conferencias Mundiales y Regionales de Radiocomunicaciones y las Asambleas de Radiocomunicaciones, con la colaboración de las Comisiones de Estudio, cumplen las funciones reglamentarias y políticas del Sector de Radiocomunicaciones.

### Política sobre Derechos de Propiedad Intelectual (IPR)

La política del UIT-R sobre Derechos de Propiedad Intelectual se describe en la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI a la que se hace referencia en la Resolución UIT-R 1. Los formularios que deben utilizarse en la declaración sobre patentes y utilización de patentes por los titulares de las mismas figuran en la dirección web <http://www.itu.int/ITU-R/go/patents/es>, donde también aparecen las Directrices para la implementación de la Política Común de Patentes UIT-T/UIT-R/ISO/CEI y la base de datos sobre información de patentes del UIT-R sobre este asunto.

#### Series de las Recomendaciones UIT-R

(También disponible en línea en <http://www.itu.int/publ/R-REC/es>)

Series	Título
<b>BO</b>	Distribución por satélite
<b>BR</b>	Registro para producción, archivo y reproducción; películas en televisión
<b>BS</b>	Servicio de radiodifusión (sonora)
<b>BT</b>	Servicio de radiodifusión (televisión)
<b>F</b>	Servicio fijo
<b>M</b>	Servicios móviles, de radiodeterminación, de aficionados y otros servicios por satélite conexos
<b>P</b>	<b>Propagación de las ondas radioeléctricas</b>
<b>RA</b>	Radioastronomía
<b>RS</b>	Sistemas de detección a distancia
<b>S</b>	Servicio fijo por satélite
<b>SA</b>	Aplicaciones espaciales y meteorología
<b>SF</b>	Compartición de frecuencias y coordinación entre los sistemas del servicio fijo por satélite y del servicio fijo
<b>SM</b>	Gestión del espectro
<b>SNG</b>	Periodismo electrónico por satélite
<b>TF</b>	Emisiones de frecuencias patrón y señales horarias
<b>V</b>	Vocabulario y cuestiones afines

*Nota: Esta Recomendación UIT-R fue aprobada en inglés conforme al procedimiento detallado en la Resolución UIT-R 1.*

Publicación electrónica  
Ginebra, 2020

© UIT 2020

Reservados todos los derechos. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse por ningún procedimiento sin previa autorización escrita por parte de la UIT.

## RECOMENDACIÓN UIT-R P.372-14

**Ruido radioeléctrico\***

(Cuestión UIT-R 214/3)

(1951-1953-1956-1959-1963-1974-1978-1982-1986-1990-1994-2001-2003-2007-2009-2013-2015-2016-2019)

**Cometido**

La Recomendación UIT-R P.372 facilita información sobre los niveles de ruido de fondo del ruido radioeléctrico en la gama de frecuencias radioeléctricas entre 0,1 Hz y 100 GHz. En ella se tiene en cuenta el ruido originado por la temperatura de las capas inferiores de la atmósfera, la galaxia, las descargas atmosféricas y las fuentes artificiales. Los factores de ruido o temperaturas facilitados proporcionan una base para estimar el funcionamiento del sistema.

**Palabras clave**

Factor de ruido, ruido radioeléctrico, temperatura de ruido

La Asamblea de Radiocomunicaciones de la UIT,

*considerando*

- a) que el ruido radioeléctrico impone un límite de calidad de funcionamiento a los sistemas de radiocomunicaciones;
- b) que el factor de ruido efectivo de la antena o la temperatura de ruido de la antena, junto con la distribución de probabilidad de las amplitudes de la envolvente del ruido recibido, son parámetros adecuados (casi siempre necesarios, pero a veces no suficientes) para la determinación y diseño de la calidad de funcionamiento del sistema;
- c) que generalmente no conviene utilizar sistemas de recepción con factores de ruido inferiores a los determinados por el ruido externo mínimo;
- d) que es necesario conocer las emisiones radioeléctricas procedentes de fuentes naturales para:
  - evaluar los efectos de la atmósfera en las ondas radioeléctricas;
  - atribuir frecuencias para la teledetección del entorno de la Tierra;
- e) que el ruido radioeléctrico de fuentes artificiales es importante a efectos de la fijación del límite de algunas aplicaciones radioeléctricas;
- f) que la Recomendación UIT-R SM.1753 incluye diversos métodos de medición del ruido radioeléctrico,

*recomienda*

que se utilice la siguiente información sobre los niveles de ruido de fondo del ruido radioeléctrico externo, según proceda, en el diseño y análisis de sistemas de radiocomunicaciones:

---

\* La parte de la dirección web del UIT-R que trata de la Comisión de Estudio 3 de Radiocomunicaciones dispone de un programa de computador asociado con las características y aplicaciones del ruido atmosférico debido al rayo, del ruido artificial y del ruido galáctico (en frecuencias por debajo de unos 100 MHz) descritas en esta Recomendación.

## PARTE 1

**Consideraciones generales****1.1 Fuentes de ruido radioeléctrico**

La definición de ruido radioeléctrico es la siguiente:

**Ruido radioeléctrico**

Fenómeno electromagnético variable que se manifiesta en las radiofrecuencias, aparentemente no lleva información y es susceptible de superponerse o combinarse como una señal útil.

NOTA 1 – En algunas ocasiones un ruido radioeléctrico puede llevar información acerca de algunas características de su fuente, por ejemplo su naturaleza y emplazamiento.

NOTA 2 – Un conjunto de señales puede aparecer como un ruido radioeléctrico cuando no son identificables por separado.»

La presente Recomendación facilita datos sobre el ruido radioeléctrico radiado que emana de fuentes externas al sistema receptor de radiocomunicaciones, se recibe a través de la antena de referencia y deriva de una de las siguientes causas:

- ruido natural:
  - emisiones procedentes de hidrometeoros y de gases atmosféricos;
  - la superficie u otros obstáculos situados dentro del haz de antena;
  - la radiación procedente de fuentes radioeléctricas celestes;
  - radiación procedente de descargas del rayo (ruido atmosférico debido al rayo);
- ruido artificial:
  - en especial para antenas exteriores, la suma de radiación no intencionada procedente de maquinaria eléctrica, equipos y redes eléctricos y electrónicos, líneas de transmisión de energía o sistemas de encendido de motores de combustión interna;
  - en espacios interiores o para antenas situadas cerca de obstáculos, la suma de radiación no intencionada, como se ha indicado anteriormente, en la medida de lo posible, incluidos en este caso los niveles típicos de radiación de las fuentes individuales o de un número reducido de fuentes, en entornos típicos definidos.

NOTA 3 – Las estimaciones de los niveles de ruido radioeléctrico proporcionadas corresponden a los nivel de ruido de fondo, excluidas cualesquiera contribuciones de las señales asociadas a los servicios radioeléctricos que también estén presentes. De ahí que, por ejemplo, las transmisiones en el mismo canal no deseadas o debidas a emisiones no esenciales de sistemas transmisores o receptores individuales no se consideren en la presente Recomendación.

NOTA 4 – Esta Recomendación contiene información relacionada únicamente con el ruido radioeléctrico que llega al receptor a través de la antena y del cable de alimentación o la guía de ondas. Queda así excluido el ruido que puede llegar al receptor a través de otros cables o estructuras conductoras, junto con el ruido que puede recibirse debido a un apantallamiento o un equilibrio inadecuado del cable de alimentación y las conexiones, etc.

NOTA 5 – Con respecto al ruido artificial, se trata de que los datos proporcionados sean representativos de la categoría del entorno, con niveles típicos de actividad eléctrica y electrónica que funcionan normalmente, a distancias típicas para ese entorno.

## 1.2 Términos para la especificación de intensidad de ruido y su interrelación

1.2.1 El ruido de un sistema receptor se compone de un número de fuentes de ruido en el terminal receptor del sistema. Deben considerarse tanto el ruido externo como el ruido interno generado en el receptor. El único punto de referencia adecuado para el ruido de funcionamiento global de un sistema de recepción de radiocomunicaciones es la entrada de una antena receptora equivalente sin pérdidas (los terminales de esta antena sin pérdidas no existen físicamente).

Este ruido puede expresarse como un factor de ruido,  $f$ , relativo al ruido térmico, o como temperatura de ruido efectiva.

### 1.2.2 Factor de ruido

Para receptores sin respuestas parásitas, el factor de ruido del sistema viene dado por:

$$f = f_a + (f_c - 1) + l_c (f_t - 1) + l_c l_t (f_r - 1) \quad (1)$$

donde:

$f_a$ : factor de ruido externo definido como:

$$f_a = \frac{P_n}{k T_0 b} \quad (2)$$

NOTA 1 –  $F_a$  es el factor de ruido externo definido como:

$$F_a = 10 \log f_a \quad \text{dB}$$

$p_n$ : potencia de ruido disponible suministrada por una antena sin pérdidas equivalente

$k$ : constante de Boltzmann =  $1,38 \times 10^{-23}$  J/K

$T_0$ : temperatura de referencia (K) que se supone de 290 K

$b$ : anchura de banda de la potencia de ruido del sistema receptor (Hz)

$l_c$ : pérdidas del circuito de antena (potencia de entrada disponible/potencia de salida disponible)

$l_t$ : pérdidas de la línea de transmisión (potencia de entrada disponible/potencia de salida disponible)

$f_r$ : factor de ruido interno del receptor.

NOTA 2 –  $F_r$  es el factor de ruido del receptor definido como:

$$F_r = 10 \log f_r \quad \text{dB}$$

$f_c$  es el factor de ruido asociado a las pérdidas del circuito de antena,

$$f_c = 1 + (l_c - 1) \left( \frac{T_c}{T_0} \right) \quad (3)$$

$f_t$  es el factor de ruido asociado a las pérdidas de la línea de transmisión,

$$f_t = 1 + (l_t - 1) \left( \frac{T_t}{T_0} \right) \quad (4)$$

donde:

$T_c$ : temperatura real (K) de la antena y la superficie cercana

y

$T_t$ : temperatura real (K) de la línea de transmisión.

Si  $T_c = T_t = T_0$ , la ecuación (1) pasa a ser:

$$f = f_a - 1 + f_c f_t f_r \quad (5)$$

La ecuación (2) puede expresarse de la forma siguiente:

$$P_n = F_a + B - 204 \quad \text{dBW} \quad (6)$$

donde:

$P_n = 10 \log p_n$ : potencia disponible (W)

$B = 10 \log b$ , y  $-204 = 10 \log k T_0$ .

### 1.2.3 Valor eficaz de la intensidad de campo de ruido

Los valores correspondientes de  $E_n$  se pueden determinar con valores estimados de  $F_a$ , utilizando las ecuaciones (7) y (8) adecuadas para el tipo de antena empleado.

En el caso de un monopolo vertical corto ( $h \ll \lambda$ ) sobre un suelo plano perfectamente conductor, la componente vertical del valor eficaz de la intensidad de campo viene dada por:

$$E_n = F_a + 20 \log f_{\text{MHz}} + B - 95,5 \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \quad (7)$$

donde:

$E_n$ : intensidad de campo en la anchura de banda  $b$ , y

$f_{\text{MHz}}$ : frecuencia central (MHz).

De forma similar, para una antena isótropa de referencia en el espacio libre:

$$E_n = F_a + 20 \log f_{\text{MHz}} + B - 96,8 \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \quad (8)$$

### 1.2.4 Temperatura de ruido

El factor de ruido externo también se expresa normalmente como una temperatura,  $T_a$ , donde, por definición de  $f_a$ :

$$f_a = \frac{T_a}{T_0} \quad (9)$$

donde  $T_a$  es la temperatura efectiva de la antena debida al ruido externo.

### 1.2.5 Variabilidad del ruido

La potencia de ruido, si bien se necesita para determinar, por ejemplo, la relación señal/ruido apenas es suficiente para determinar la calidad de funcionamiento del sistema (constituyendo la única excepción al ruido de fondo gaussiano blanco). Se necesitan las descripciones probabilísticas adecuadas de la onda de ruido aleatoria recibida. Como para los tipos de ruido relativos a esta Recomendación, la fase de la envolvente recibida normalmente presenta una distribución uniforme, se especifica la distribución de probabilidad de las amplitudes (probabilidad de rebasamiento) de la envolvente recibida.

Para los procesos de ruido impulsivo a frecuencias más elevadas (es decir, superiores a 1 GHz aproximadamente), los valores de  $F_a$  son bastante bajos y únicamente los impulsos de mayor amplitud aparecen por encima del umbral de ruido del receptor. En este caso, las descripciones pueden referirse al valor de cresta en un intervalo de tiempo determinado, a las probabilidades de rebasamiento en estos niveles elevados, o al cómputo de impulsos a un nivel especificado, etc.

En el Informe UIT-R P.2089 se describen métodos para el análisis del ruido radioeléctrico.

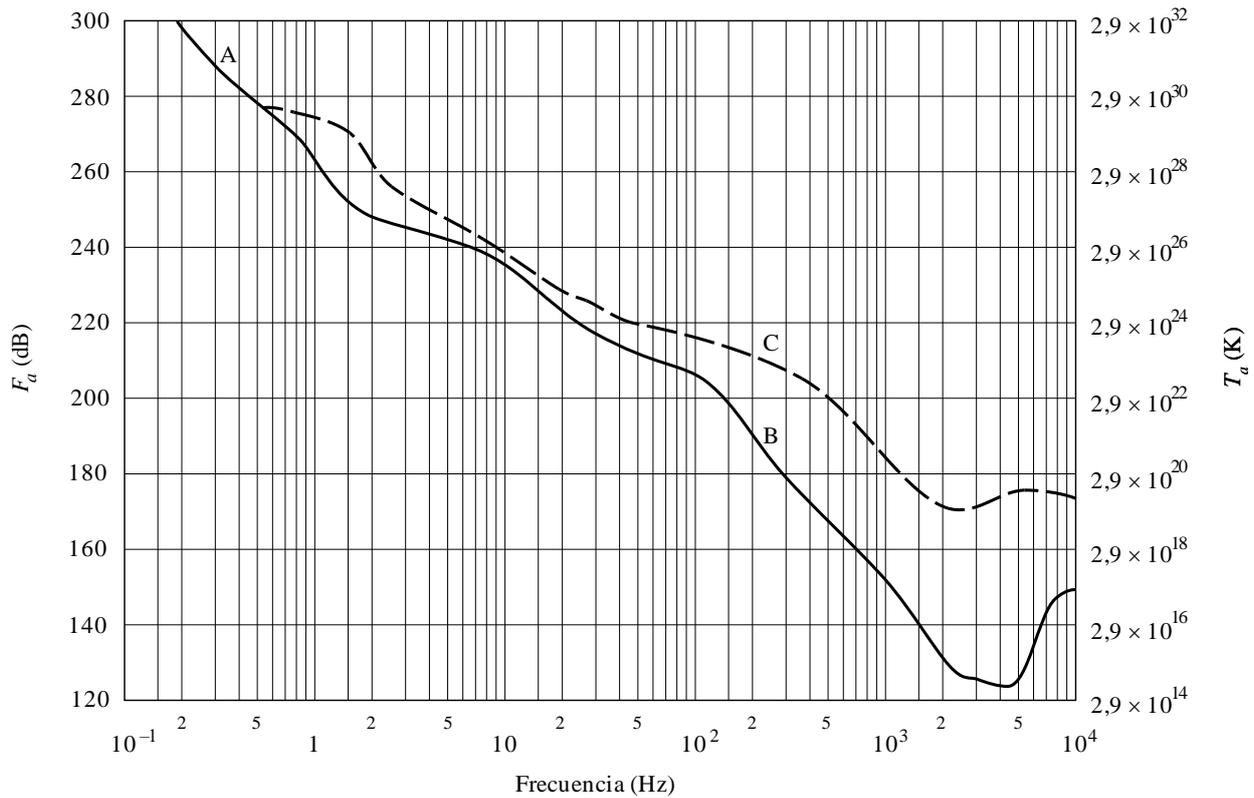
## PARTE 2

### Niveles de ruido en función de la frecuencia

2.1 Las Figs. 1 a 3 y el análisis correspondiente especifican los valores esperados de  $F_a$  en la gama de frecuencias de 0,1 Hz a 100 GHz, así como otros niveles de ruido de interés. Las tres Figuras muestran la magnitud relativa de los tipos de ruido especificados en el § 1. En otros puntos de esta Recomendación aparecen detalles adicionales sobre diversos tipos de ruidos.

La Fig. 1 comprende la gama de frecuencias de 0,1 Hz a 10 kHz. La curva de trazo continuo corresponde a los valores medianos horarios mínimos esperados de  $F_a$  basados en mediciones (teniendo en cuenta la superficie total de la Tierra, para todas las estaciones y horas del día) y la curva discontinua a los máximos valores esperados. Es de notar que en esta gama de frecuencias las variaciones estacionales, diarias o geográficas son muy pequeñas. La mayor variabilidad en la gama de 100-10 000 Hz se debe a la variabilidad de la frecuencia de corte del guíaondas Tierra-ionosfera.

FIGURA 1

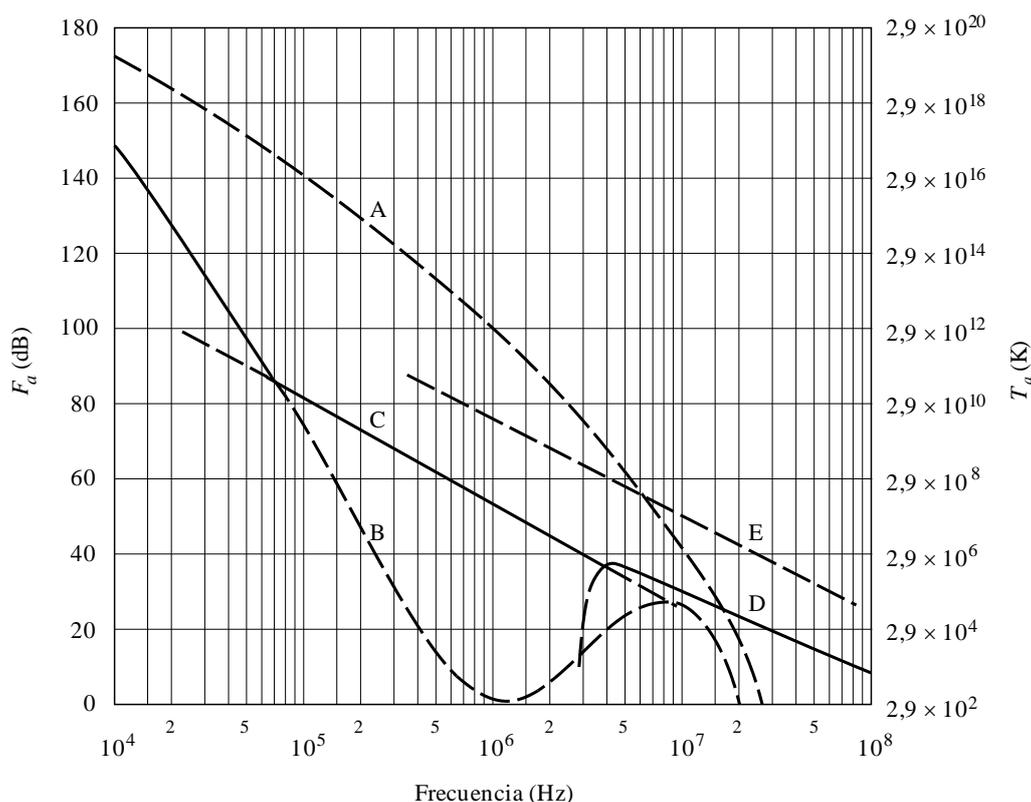
 $F_a$  máximo y mínimo en función de la frecuencia ( $10^{-1}$  a  $10^4$  Hz)

A: microimpulsos  
 B: valor mínimo previsto del ruido atmosférico  
 C: valor máximo previsto del ruido atmosférico

P.0372-01

La Fig. 2 comprende la gama de frecuencias de  $10^4$  a  $10^8$  Hz, o sea, de 10 kHz a 100 MHz, para diversas categorías de ruido. Las curvas de trazo continuo muestran el ruido mínimo esperado. Para el ruido atmosférico debido al rayo, se adoptan como valores mínimos de las medianas horarias previstos los excedidos durante el 99,5% de las horas y como valores máximos los excedidos durante el 0,5% de las horas. Se han tenido en cuenta todas las horas del día, las estaciones y la superficie total de la Tierra.

FIGURA 2  
 $F_a$  en función de la frecuencia (104 a 108 Hz)



- A: ruido atmosférico, valor excedido durante el 0,5% del tiempo
- B: ruido atmosférico, valor excedido durante el 99,5% del tiempo
- C: ruido artificial, punto de recepción tranquilo
- D: ruido galáctico
- E: ruido artificial mediano en una zona urbana
- nivel de ruido mínimo previsto

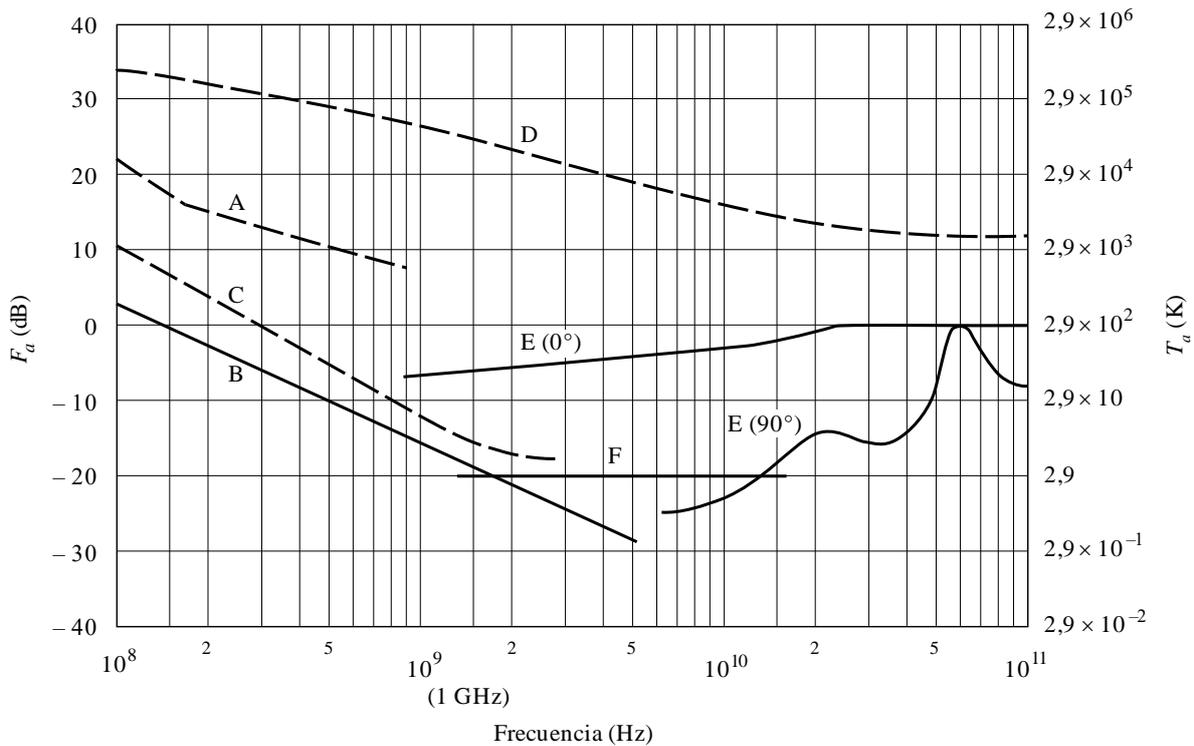
P.0372-02

La Fig. 3 comprende la gama de frecuencias de  $10^8$  a  $10^{11}$  Hz, o sea de 100 MHz a 100 GHz. Aquí también el ruido mínimo se representa por curvas de trazo continuo, mientras que algunos otros ruidos de interés se indican por curvas discontinuas.

La mayor parte de los resultados de las tres Figuras corresponden a antenas omnidireccionales (de no indicarse otra cosa en las Figuras). No obstante, para antenas direccionales los estudios han indicado que en ondas decamétricas (por ejemplo), para el ruido atmosférico originado por descargas atmosféricas, puede existir una variación, según la dirección de puntería de la antena, la frecuencia y la ubicación geográfica de hasta 10 dB (5 dB por encima y 5 dB por debajo del valor medio de  $F_a$  indicado) para antenas de haz muy estrecho.

Para el ruido galáctico, el valor medio (para toda la bóveda celeste) viene dado por la curva de trazo continuo designada como ruido galáctico (Figs. 2 y 3). Las mediciones indican una variación de  $\pm 2$  dB alrededor de esta curva, despreciando la pantalla ionosférica. El ruido galáctico mínimo (antena de haz estrecho en dirección al polo galáctico) es inferior en 3 dB al de la curva de ruido galáctico de trazo continuo de la Fig. 3. El ruido galáctico máximo para antenas de haz estrecho se representa mediante la curva de trazo discontinuo de la Fig. 3.

FIGURA 3  
 $F_a$  en función de la frecuencia ( $10^8$  a  $10^{11}$  Hz)



- A: ruido artificial mediano en una zona urbana  
 B: ruido galáctico  
 C: ruido galáctico (en dirección del centro galáctico para un haz infinitamente estrecho)  
 D: Sol en calma (haz con  $\frac{1}{2}$  grado de abertura orientado hacia el Sol)  
 E: ruido del cielo debido al oxígeno y al vapor de agua (antena de haz muy estrecho);  
 curva superior, ángulo de elevación  $0^\circ$ ; curva inferior, ángulo de elevación  $90^\circ$   
 F: cuerpo negro (ruido de fondo cósmico), 2,7 K  
 ————— nivel de ruido mínimo previsto

P.0372-03

### PARTE 3

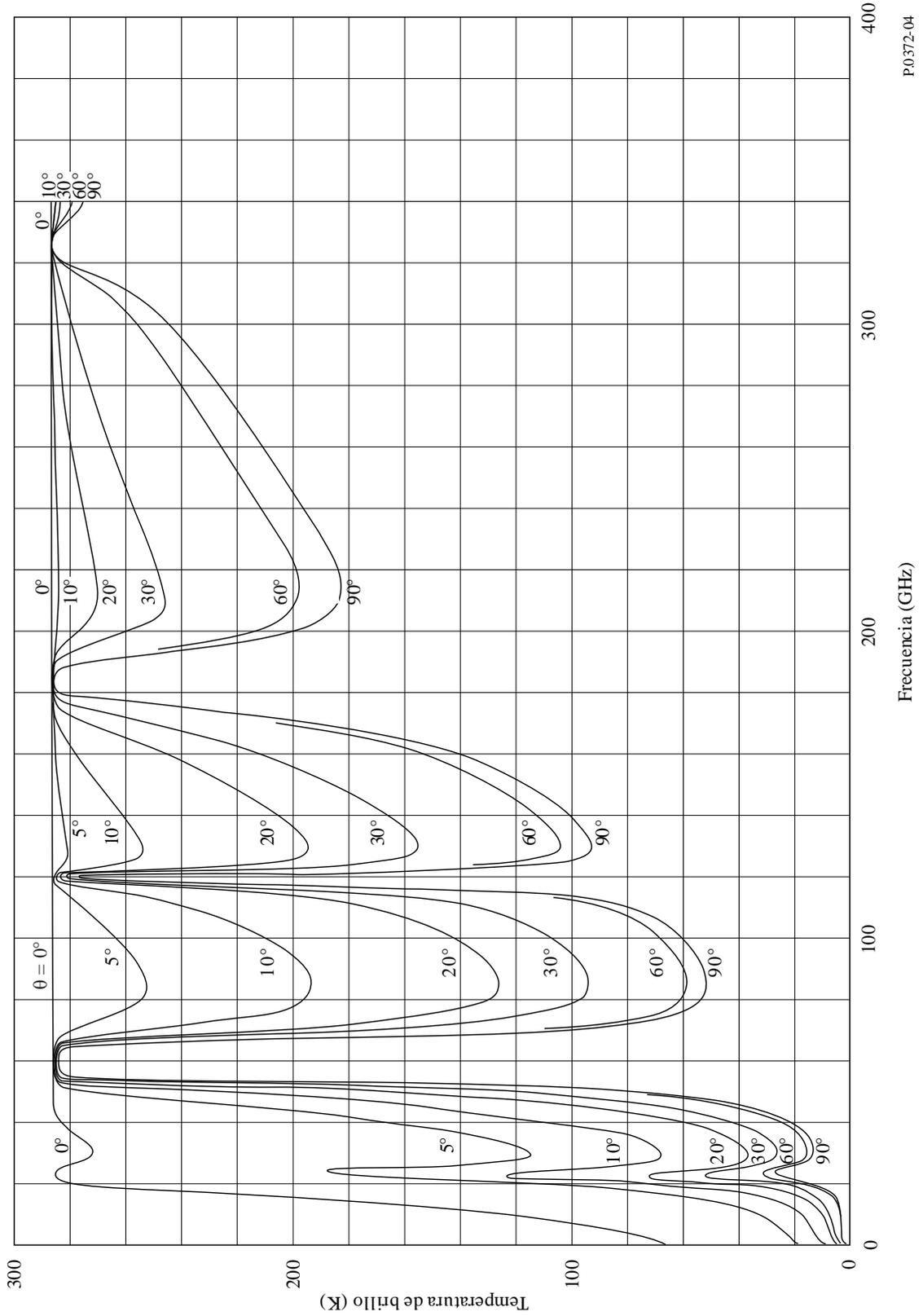
#### Ruido procedente de gases atmosféricos y de la superficie de la Tierra

3.1 El ruido procedente de fuentes individuales tales como el Sol, los gases atmosféricos, la superficie de la Tierra, etc., se expresa normalmente en términos de temperatura de brillo,  $T_b$ . La temperatura de antena,  $T_a$ , es la convolución del diagrama de antena con la temperatura de brillo del cielo y la superficie. En antenas cuyos diagramas engloban una sola fuente, la temperatura de antena y la temperatura de brillo son las mismas (Curvas C, D y E de la Fig. 3, por ejemplo).

En las Figs. 4 y 5 se representa la temperatura de brillo de la atmósfera para un receptor situado en tierra, excluyendo la contribución del ruido cósmico de 2,7 K u otras fuentes extraterrestres, para frecuencias comprendidas entre 1 y 340 GHz, en primer lugar y entre 1 y 60 GHz, en segundo lugar. Las curvas se han determinado utilizando un programa de transferencia de radiación para siete ángulos de elevación distintos y una atmósfera media (densidad de vapor de agua en la superficie de 7,5 g, temperatura de la superficie de 288 K y escala de altitudes de 2 km para el vapor de agua). Para la atmósfera seca se ha utilizado la atmósfera típica de Estados Unidos de América de 1976. Más allá de la tropopausa se ha añadido la contribución típica del vapor de agua.

FIGURA 4

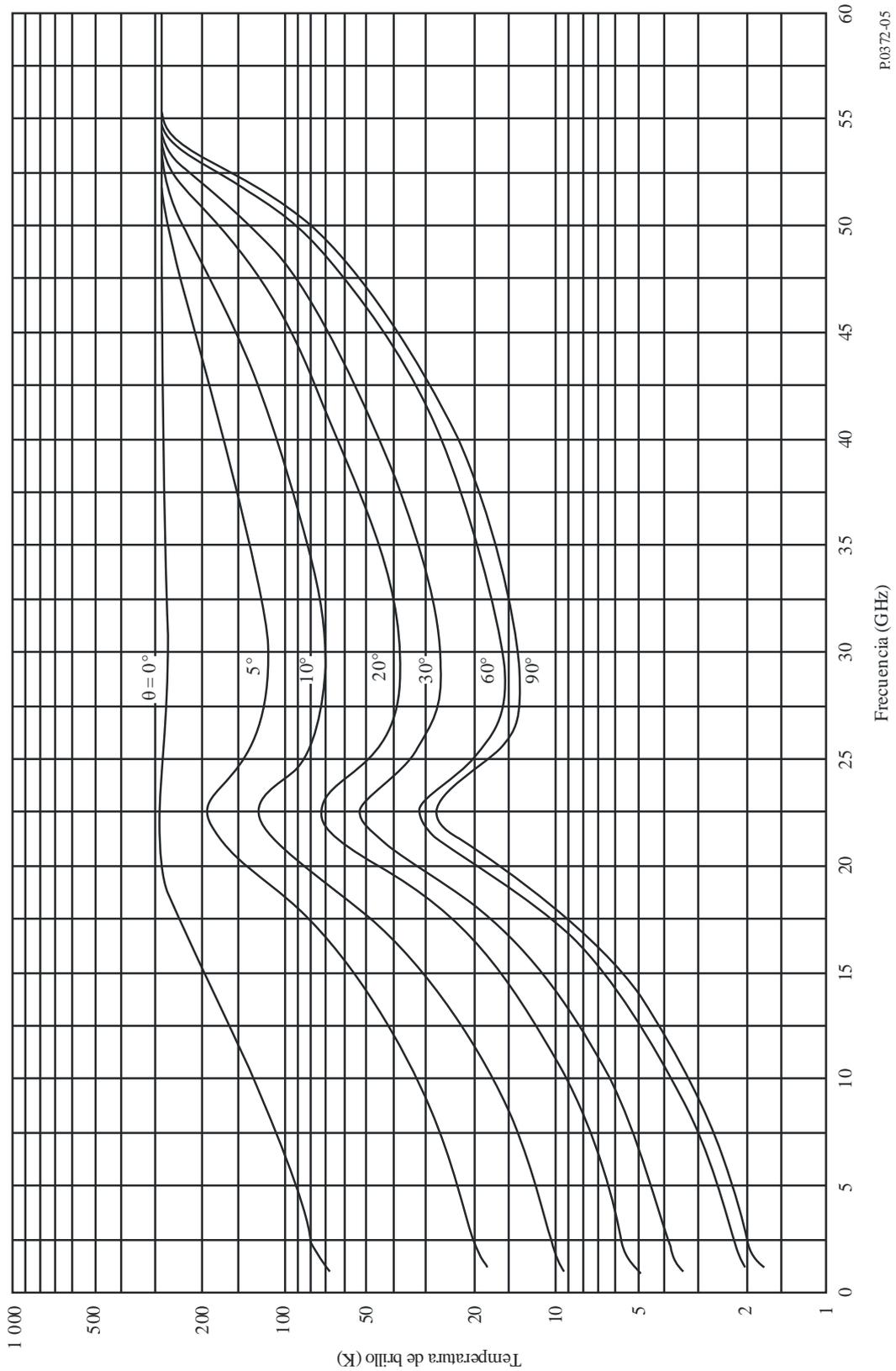
Temperatura de brillo (atmósfera despejada) para una concentración de vapor de agua de  $7,5 \text{ g/m}^3$   
(temperatura y presión en la superficie de  $15^\circ \text{ C}$  y  $1\,023 \text{ mb}$ );  
 $\theta$  representa el ángulo de elevación



P.0372-04

FIGURA 5

Temperatura de brillo (atmósfera despejada) para una concentración de vapor de agua de  $7,5 \text{ g/m}^3$   
 (ampliación de la escala de abscisas de la Fig. 4);  
 $\theta$  representa el ángulo de elevación



### 3.2 Ruido radioeléctrico debido a la atmósfera de la Tierra para estaciones terrenas

En la comunicación Tierra-espacio, si se conoce la atenuación de la señal procedente del transmisor del vehículo espacial al receptor que se encuentra cerca de la superficie de la Tierra, puede obtenerse una buena estimación de la temperatura de brillo (es decir, ruido del cielo) para frecuencias comprendidas entre 2 y 30 GHz en la dirección del trayecto de propagación desde el receptor hacia el transmisor del vehículo espacial aplicando la siguiente fórmula:

$$T_b = T_{mr} (1 - 10^{-A/10}) + 2,7 \times 10^{-A/10} \quad (10)$$

donde:

- $T_b$ : temperatura de brillo (K) en la antena de estación de tierra
- $A$ : atenuación atmosférica total excepto desvanecimiento por centelleo (dB)
- $T_{mr}$ : temperatura de radiación atmosférica media (K).

Cuando se conoce la temperatura de la superficie  $T_s$  (K), se puede calcular la temperatura de radiación media,  $T_{mr}$ , con un clima despejado o nublado, de la siguiente manera:

$$T_{mr} = 37,34 + 0,81 \times T_s \quad \text{K} \quad (11)$$

Ante la falta de datos locales, se puede utilizar una temperatura de radiación atmosférica media,  $T_{mr}$ , de 275 K para clima despejado o lluvioso.

En Estados Unidos de América se ha llevado a cabo un estudio de transferencia de radiación que comprende los efectos de las nubes. Se ha calculado la temperatura de brillo hacia el cenit a partir de los datos meteorológicos de un año típico seleccionado en una base de datos de 15 años para cada una de 15 ubicaciones. En las Figs. 6a) y 6b) se representan los resultados para dos ubicaciones de Estados Unidos de América, Yuma, Arizona (5,5 cm de intensidad anual de lluvia) y Nueva York (98,5 cm de intensidad anual de lluvia) y para cinco frecuencias distintas. En estas curvas puede observarse que la temperatura de ruido hacia el cenit a 90 GHz puede ser menor que para 44 GHz. Esto es así para temperaturas de brillo hacia el cenit muy bajas, lo que significa que el contenido de vapor de agua es muy pequeño (inferior a unos 3 g/m<sup>3</sup>). Sin embargo, en la Fig. 4 (7,5 g/m<sup>2</sup> de vapor de agua) puede verse que las temperaturas de brillo para 90 GHz y 44 GHz son casi las mismas.

### 3.3 Ruido radioeléctrico debido a la atmósfera de la Tierra y la superficie de la Tierra para estaciones espaciales

La temperatura de brillo de la superficie de la Tierra considerada desde un ángulo de nadir particular puede calcularse utilizando la ecuación de transferencia radiactiva que describe la reflexión de la radiación atmosférica descendente y la emisión de radiación por la superficie de la Tierra.

Este cálculo supone la integración de la radiación descendente en todos los ángulos e incluye la atenuación atmosférica.

Puede simplificarse de la forma siguiente:

$$T = \epsilon T_{surf} + \rho T_{am} \quad (12)$$

siendo:

- $\epsilon$ : emisividad efectiva de la superficie
- $\rho$ : coeficiente de reflexión efectivo
- $T_{sup}$ : temperatura física (K) de la superficie de la Tierra
- $T_{am}$ : media ponderada de la temperatura de brillo del cielo.

Hasta unos 100 GHz, pero en particular por debajo de 10 GHz, el coeficiente de reflexión  $\rho$  generalmente toma un valor elevado y la emisividad  $\epsilon$  un valor bajo.

En la Fig. 7a) se representan la emisividad y la temperatura de brillo de una superficie de agua lisa para polarizaciones vertical y horizontal y para dos ángulos de incidencia. Puede observarse que en frecuencias superiores a 5 GHz no existe diferencia entre agua dulce y salada.

En la Fig. 7b) se representan la temperatura de brillo de nadir de la superficie del mar para tres frecuencias en función de la temperatura física de dicha superficie y para una salinidad de  $36 \times 10^{-3}$ .

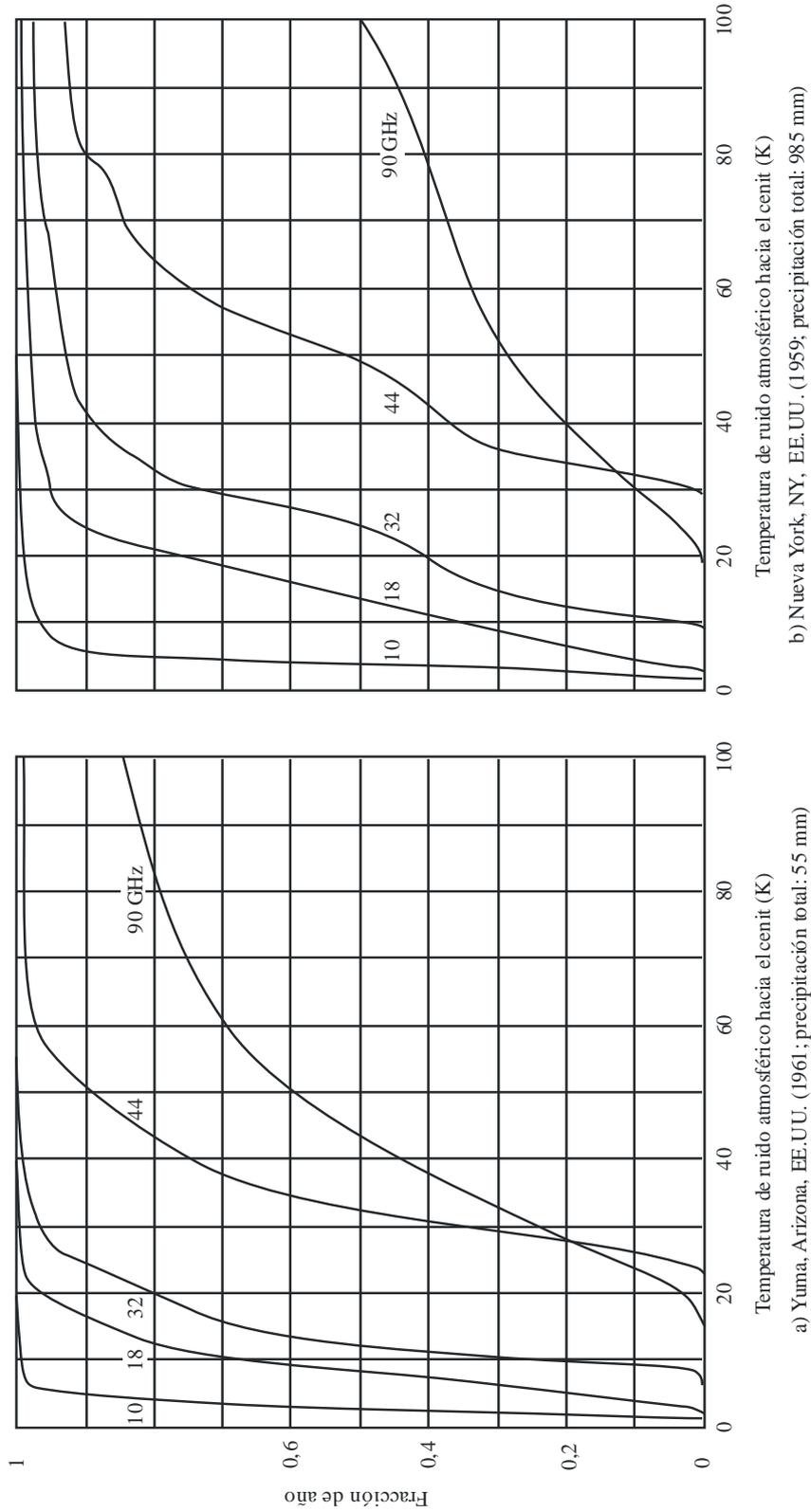
En las Figs. 7c) y 7d) se representa el incremento de la temperatura de brillo de la superficie del mar con la velocidad del viento; este parámetro constituye una herramienta muy útil para la detección de tormentas.

Las emisividades (y por consiguiente las temperaturas de brillo) de las superficies terrestres son superiores que las de las superficies de agua debido al menor valor de las constantes dieléctricas en tierra. En la Fig. 8a) se representa la temperatura de brillo en un terreno liso para diversos contenidos de humedad; en la Fig. 8b) aparece la temperatura de brillo para distintos grados de rugosidad del terreno. Las curvas se han trazado para polarizaciones horizontal y circular. Si aumenta el contenido de humedad, la temperatura de brillo disminuye; si la rugosidad del terreno aumenta, la temperatura de brillo hace lo propio.

En la Fig. 9 se muestran los cálculos de las temperaturas de brillo vistas desde la órbita de los satélites geoestacionarios por un satélite que utiliza un haz de cobertura de la Tierra (la Tierra ocupa el haz principal entre puntos de 3 dB). A medida que el satélite se desplaza alrededor de su órbita, puede observarse el efecto de la masa de tierra africana (caliente) a  $30^\circ$  de longitud Este y del Océano Pacífico (frío) entre  $180^\circ$  y  $150^\circ$  de longitud Oeste. La temperatura de brillo aumenta con la frecuencia, debido fundamentalmente a la absorción gaseosa. Las curvas corresponden a la atmósfera típica de los Estados Unidos de América, con  $2,5 \text{ g/m}^3$  de vapor de agua y una nubosidad del 50%. El diagrama de antena para cobertura de la Tierra viene dado por  $G(\varphi) = -3(\varphi/8,715)^2 \text{ dB}$  para  $0 \leq \varphi \leq 8,715$ , siendo  $\varphi$  el ángulo con respecto al eje de puntería.

FIGURA 6

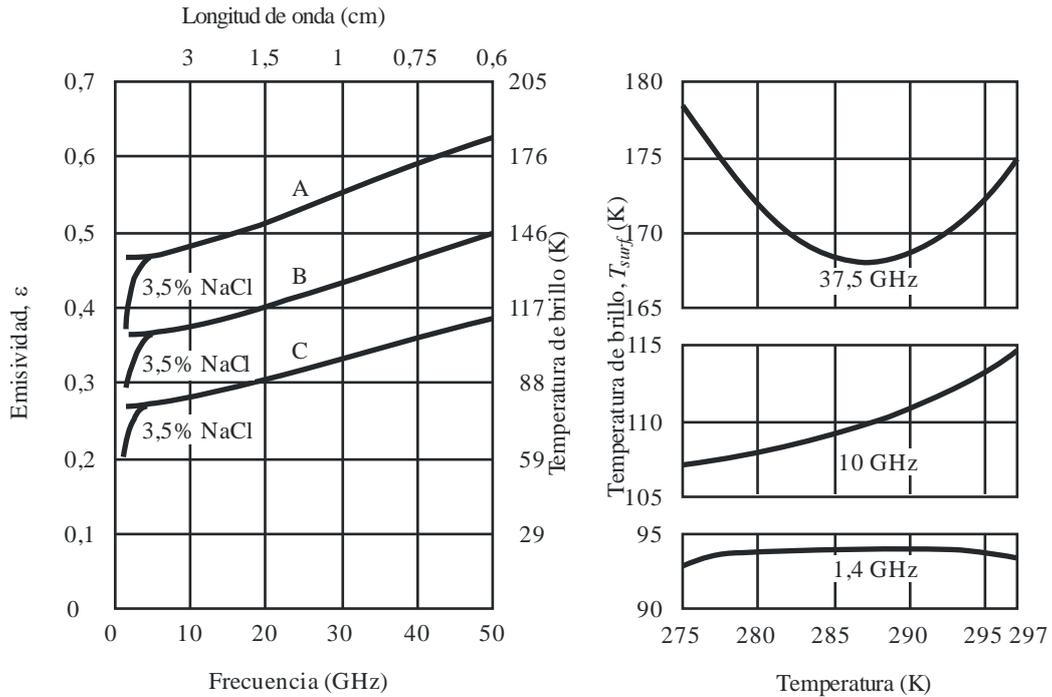
Fracción del tiempo en que la temperatura de ruido del cielo hacia el cenit (brillo) es igual o menor al valor de abscisas para un año típico



P0372-06

FIGURA 7

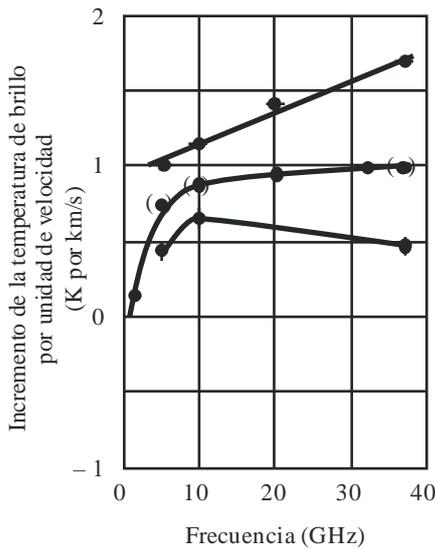
Variaciones de la emisividad y de la temperatura de brillo de la superficie del mar



a) Emisividad de una superficie de agua lisa

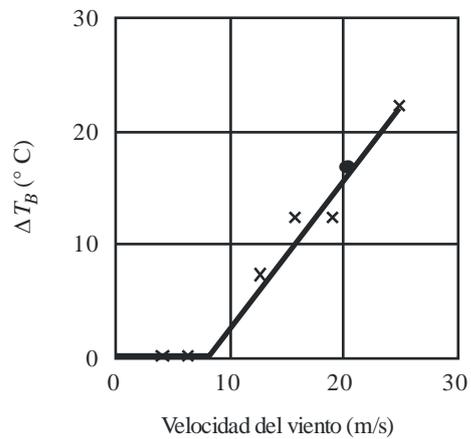
- A: polarización vertical
- B: ángulos de incidencia de  $0^\circ$  y  $45^\circ$
- C: polarización horizontal

b) Temperatura de brillo de la superficie del mar en función de la temperatura de la superficie del mar (nadir) para una salinidad de  $36 \times 10^{-3}$



c) Espectro del incremento de la temperatura de brillo causado por el viento en la superficie del océano

- Nadir
- ◆ Polarización vertical ( $38^\circ$ )
- Polarización horizontal ( $38^\circ$ )
- Deducido



d) Incremento de la temperatura de brillo de la superficie del océano 19,35 GHz debido a la velocidad del viento

- × Atlántico, Mar del Norte
- Mar de Salton

FIGURA 8

Temperatura de brillo del suelo a 1 430 MHz en función del ángulo de elevación

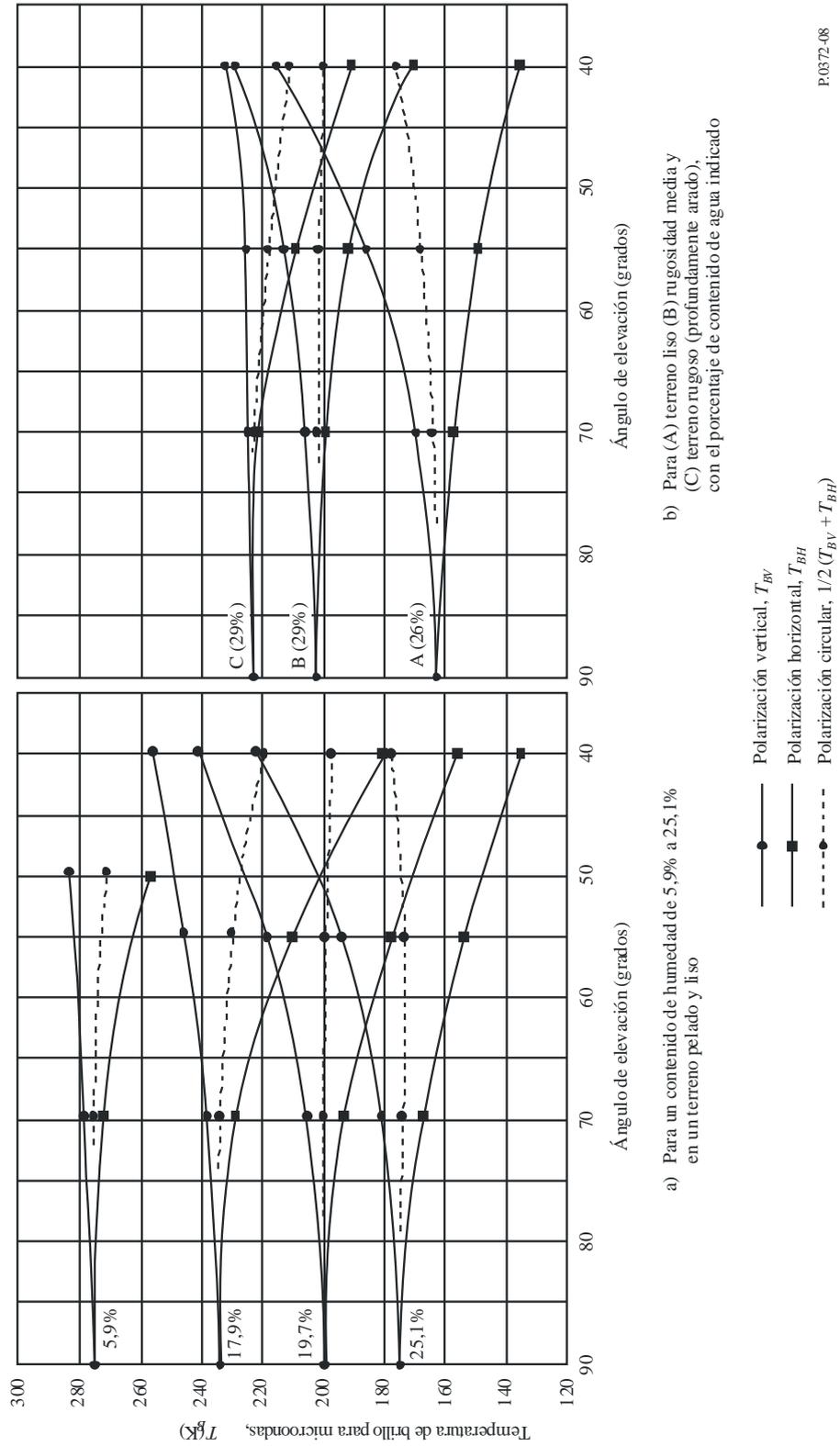
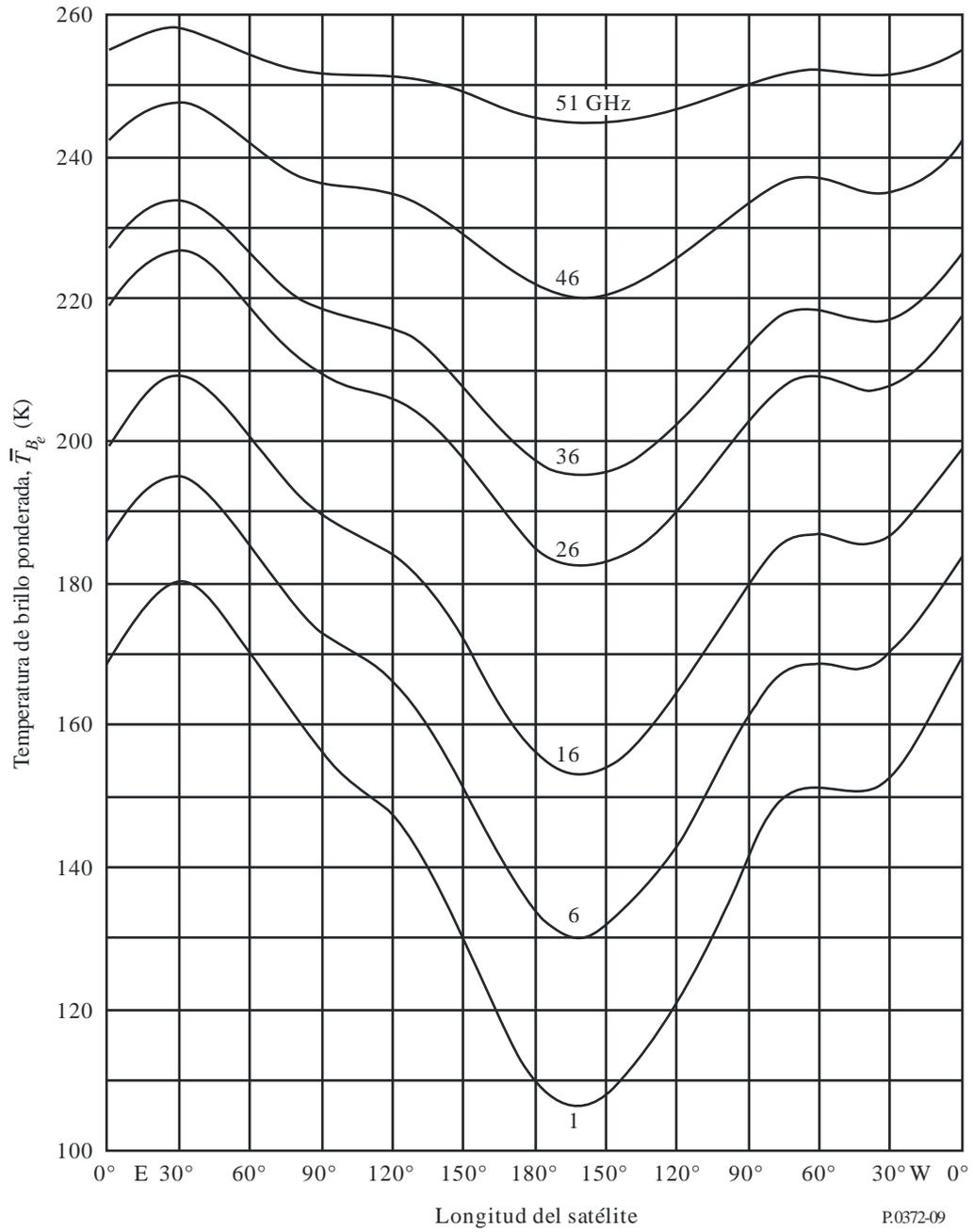


FIGURA 9

Temperatura de brillo ponderada de la Tierra en función de la longitud vista desde la órbita de los satélites geoestacionarios a frecuencias de 1 y 51 GHz



## PARTE 4

**Temperatura de brillo debida a fuentes extraterrestres****4.1 Temperatura de brillo debida a fuentes extraterrestres**

Por regla general, para las comunicaciones a frecuencias inferiores a 2 GHz, debe considerarse el Sol y la galaxia (la Vía Láctea), que aparece como un amplio cinturón de fuerte emisión. Para frecuencias de hasta unos 100 MHz, el factor de ruido mediano para el ruido galáctico, despreciando los efectos de la pantalla ionosférica, viene dado por:

$$F_{am} = 52 - 23 \log f \quad (13)$$

donde:

$f$ : frecuencia (MHz).

Las desviaciones del decilo de la potencia de ruido galáctico medio son  $\pm 2$  dB.

En estas circunstancias, la variación de los decilos superior e inferior del ruido galáctico es de 2 dB.

El ruido galáctico no se observará a frecuencias inferiores a foF2 y será inferior al valor dado por la ecuación (14) para frecuencias de hasta tres veces foF2 aproximadamente.

Por encima de 2 GHz, sólo hay que considerar el Sol y algunas fuentes no térmicas de gran intensidad como Cassiopeia A, Cisne A y X y la nebulosa de Cáncer, ya que el fondo cósmico contribuye solamente con 2,7 K y la Vía Láctea aparece como una zona estrecha de intensidad ligeramente mayor. En la Fig. 10 se representa la gama de temperaturas de brillo para las fuentes de ruido extraterrestres más comunes en la gama de frecuencias de 0,1 a 100 GHz.

Las Figs. 11a, 11b, 11c y 11d indican la temperatura de cielo radioeléctrico total a 408 MHz simplificando a una resolución angular de 5°. Estas Figuras se representan en coordenadas ecuatoriales: declinación  $\delta$  (latitud) y ascensión recta  $\alpha$  (horas hacia el Este alrededor del Ecuador a partir del equinoccio de primavera). Los contornos están directamente expresados en K por encima de 2,7 K. La precisión es de 1 K. Los intervalos de los contornos son:

- 2 K por debajo de 60 K;
- 4 K desde 60 K a 100 K;
- 10 K desde 100 K a 200 K;
- 20 K por encima de 200 K.

En las líneas de contorno que no llevan indicación, las flechas apuntan en el sentido de las agujas del reloj en torno a un mínimo de la distribución del brillo.

La curva sinusoidal discontinua entre  $\pm 23,5^\circ$  de las Figs. 11a y 11d define la eclíptica que cruza la Vía Láctea cerca del centro galáctico. Ello significa que si se observa un vehículo espacial en el espacio interplanetario, quizás sea preciso tener este elemento en cuenta. Las fuentes puntuales de mayor intensidad se indican con crestas estrechas para la distribución de la temperatura mientras que las fuentes de menor intensidad son menos aparentes debido a la resolución angular limitada.

La radiación del fondo galáctico varía con la frecuencia. Para obtener las temperaturas de brillo a otras frecuencias,  $f_i$ , con radiación de fondo debe emplearse la expresión:

$$T_b(f_i) = T_b(f_0) (f_i/f_0)^{-2,75} + 2,7 \quad \text{K} \quad (14)$$

Así, para  $T_b = 200$  K,  $f_0 = 408$  MHz y  $f_i = 1$  GHz; esta extrapolación daría:

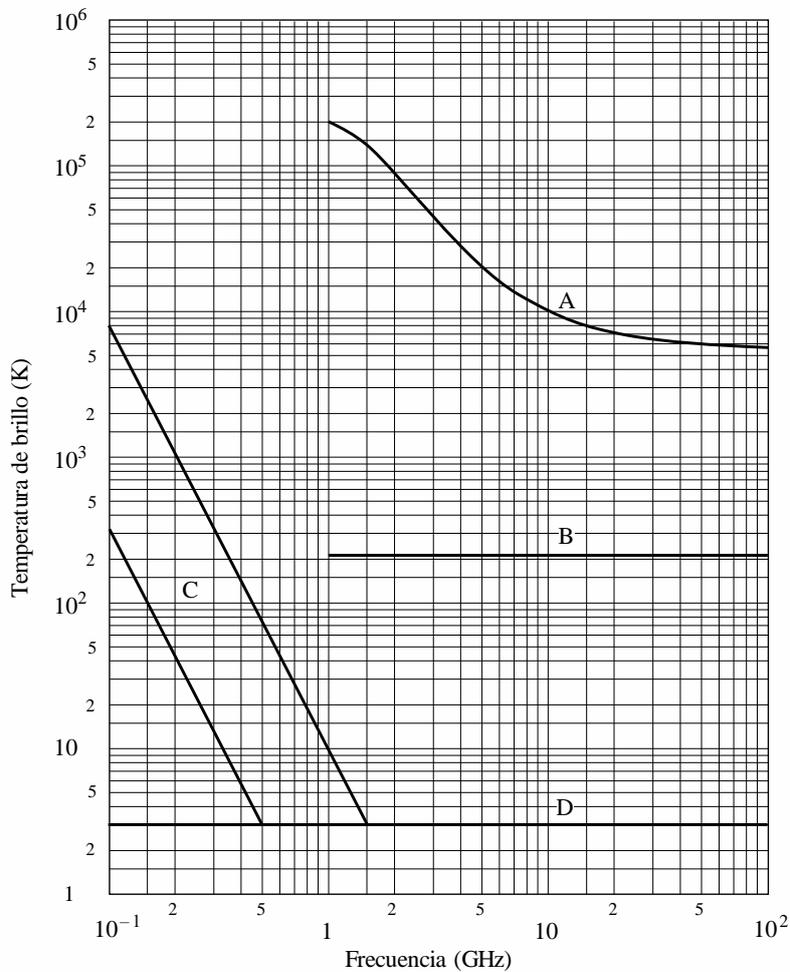
$$T_b = 19,7 \quad \text{K}$$

Para hacer extrapolaciones más precisas utilizando esta fórmula es necesario tener en cuenta las variaciones del exponente en función de la gama de frecuencias y del cielo. En el caso de fuentes puntuales, la variación de la intensidad con la frecuencia depende de sus diferentes condiciones físicas.

En las telecomunicaciones que utilizan satélites geoestacionarios, tiene interés especial una parte limitada del cielo, como se indica en la Fig. 12 a). La Fig. 12 b) muestra la gama correspondiente de declinaciones ( $\pm 8,7^\circ$ ) e indica las fuentes más intensas.

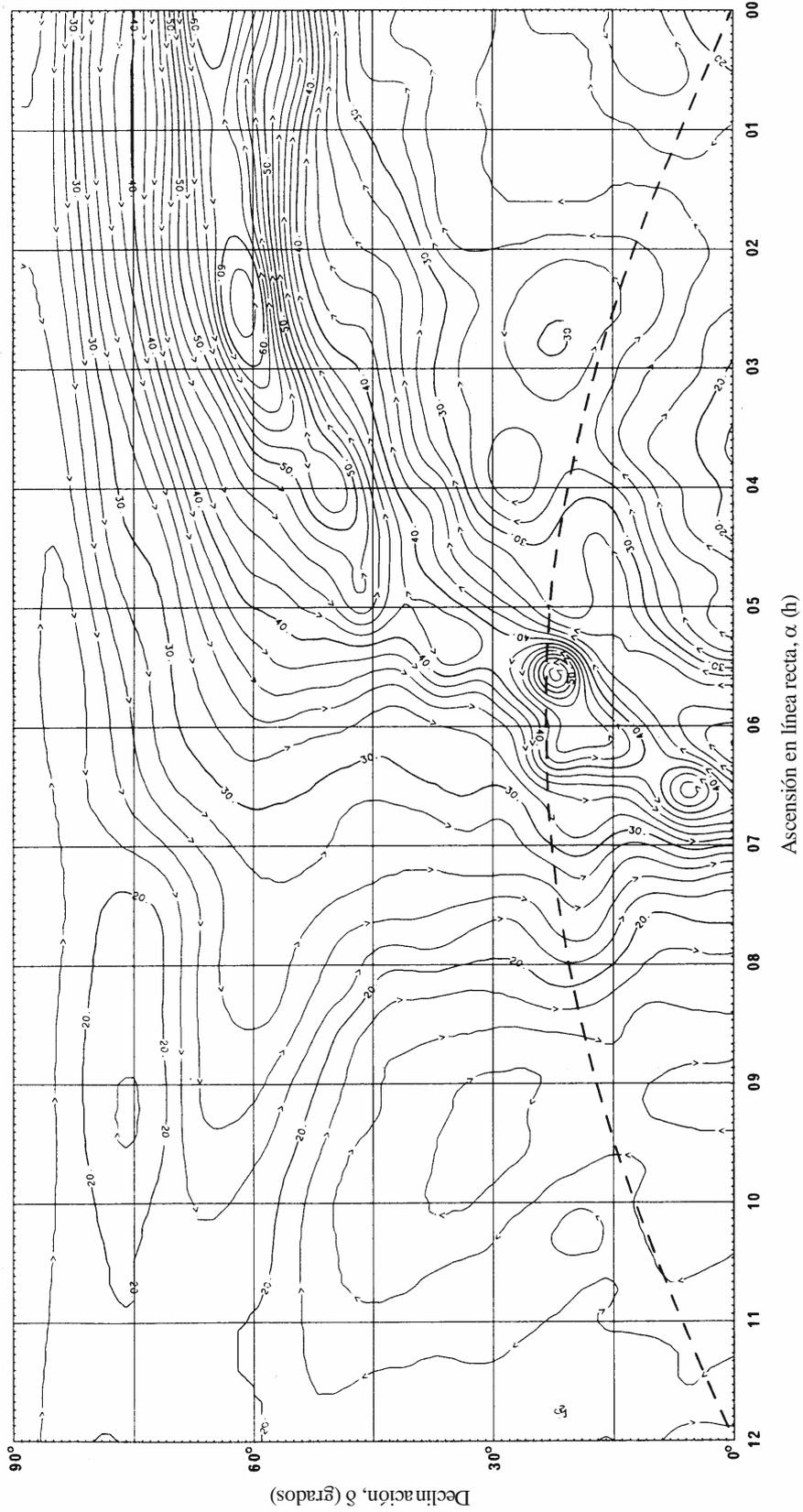
El Sol es una importante fuente de ruido variable con una temperatura de ruido de unos  $10^6$  K entre 50 y 200 MHz y de al menos  $10^4$  K a 10 GHz en condiciones de calma solar y grandes incrementos en los periodos de actividad solar. La temperatura de brillo de la Luna es casi independiente de la frecuencia por encima de 1 GHz; varía en unos 140 K durante la fase de la Luna nueva y hasta 280 K durante la de Luna llena. El trayecto del Sol se encuentra en el plano de la eclíptica (línea de trazos de la Fig. 11). La Luna se observa con  $\pm 5^\circ$  de declinación con respecto al plano de la eclíptica.

FIGURA 10  
Fuentes de ruido extraterrestre



- A: sol en reposo
  - B: luna
  - C: gama de ruido galáctico
  - D: ruido de fondo cósmico
- } diámetro ~ 0,5°

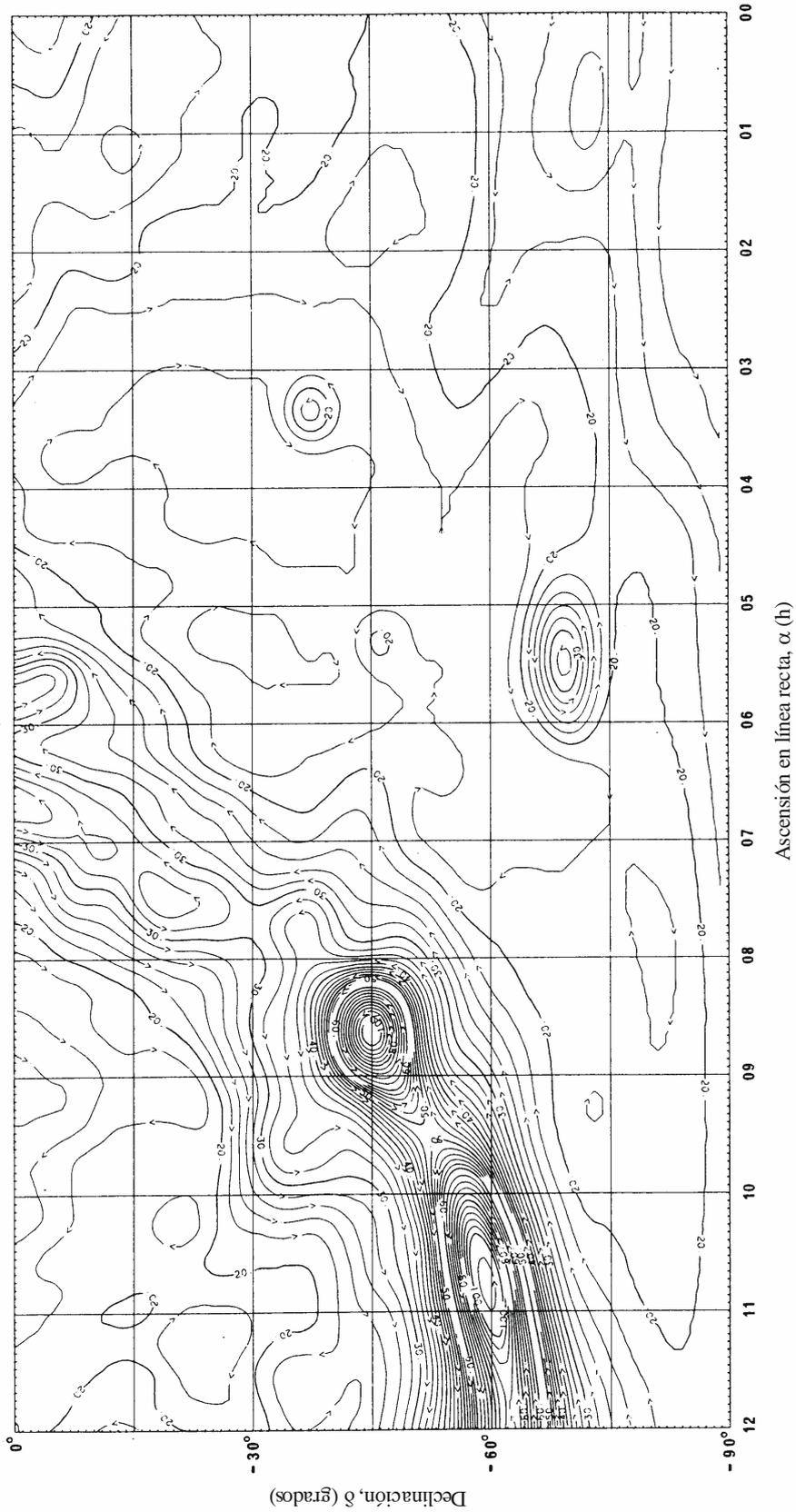
FIGURA 11a  
Temperatura del cielo radioeléctrico a 408 MHz



Ascension en línea recta 0000 h a 1200 h, declinación 0° a +90°, curva de trazos; eclíptica

P0372-11a

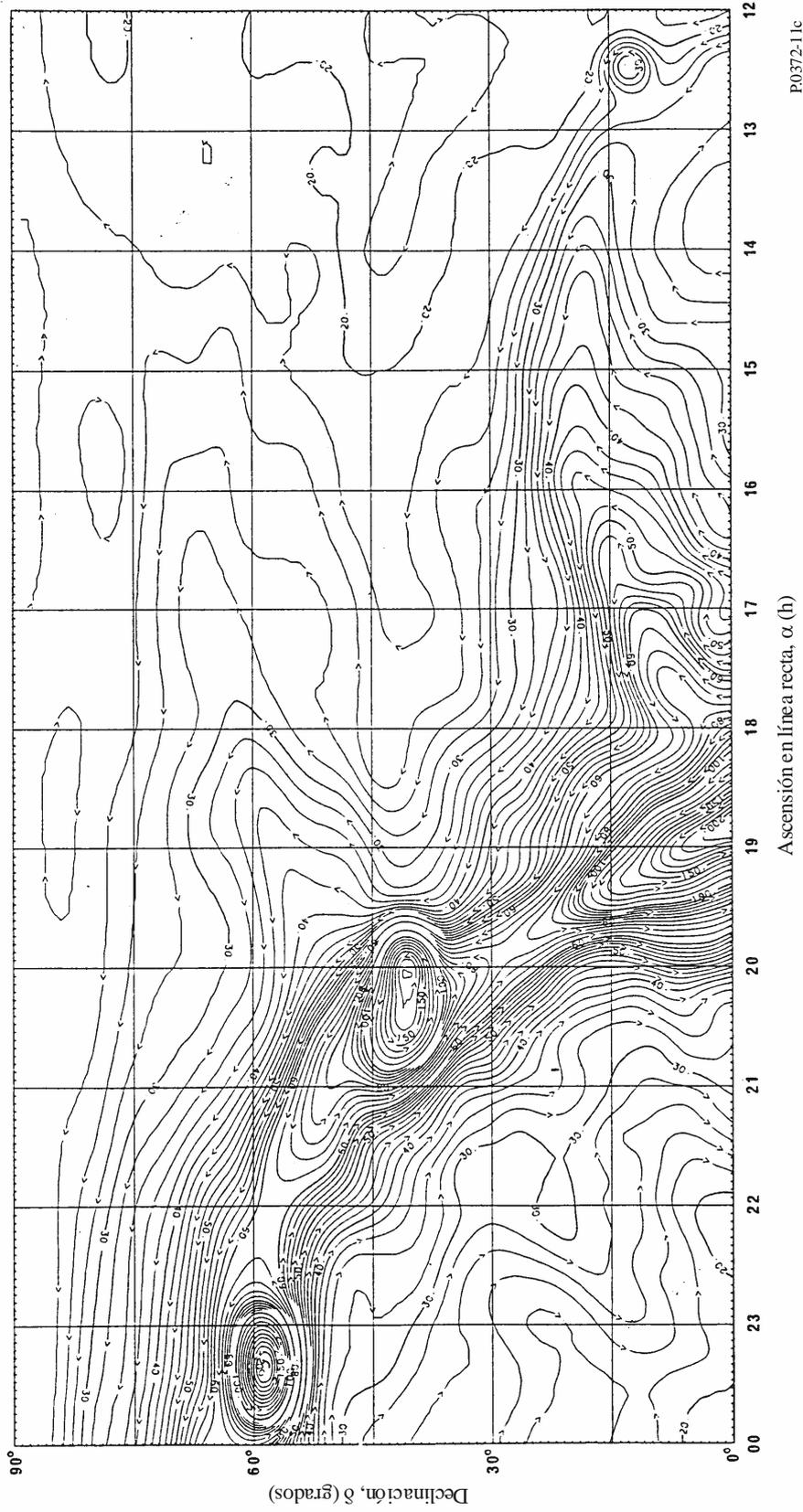
FIGURA 11b  
Temperatura del cielo radioeléctrico a 408 MHz



P0372-11b

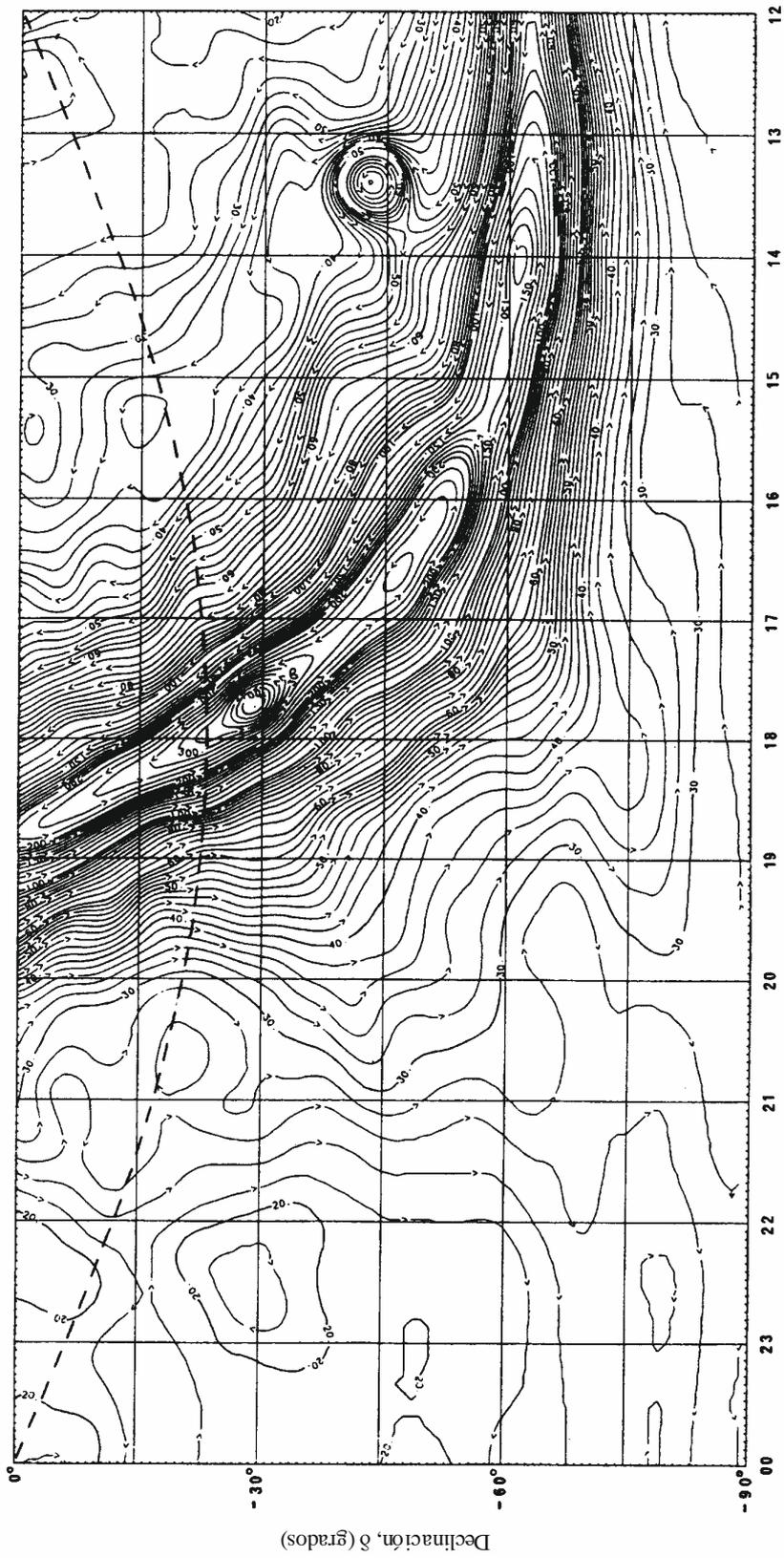
Ascension en línea recta 0000 h a 1200 h, declinación  $0^\circ$  a  $-90^\circ$

FIGURA 11c  
Temperatura del cielo radioeléctrico a 408 MHz



Ascensión en línea recta 1200 h a 2400 h, declinación  $0^\circ$  a  $+90^\circ$

FIGURA 11d  
Temperatura del cielo radioelctrico a 408 MHz



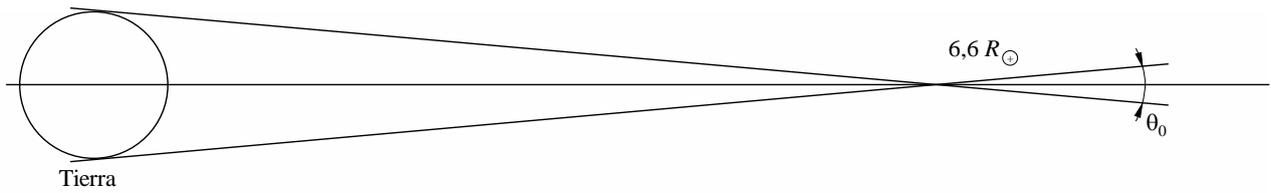
Ascensión en línea recta,  $\alpha$  (h)

Ascensión en línea recta 1200 h a 2400 h, declinación 0° a -90°, curva de trazos; eclíptica

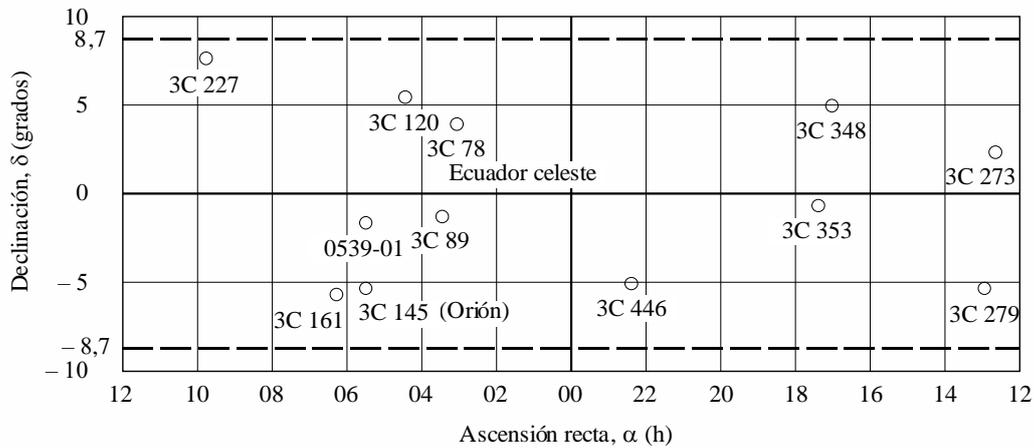
P.0372-11d

FIGURA 12

Parte del cielo que interesa para las telecomunicaciones con satélites geoestacionarios



a) La órbita de los satélites geoestacionarios vista desde la Tierra mostrando  $\theta_0(R_T)$ : radio medio de la Tierra



b) Ubicaciones de las fuentes radioeléctricas más fuertes (○) para una gama de  $\pm 8,7^\circ$  en torno al Ecuador celeste. Los números se refieren a designaciones de catálogo, por ejemplo, 3C indica third Cambridge.

P0372-12

## PARTE 5

### Ruido atmosférico debido al rayo

#### 5.1 Ruido atmosférico debido al rayo

En las Figs. 13a a 36a del ruido radioeléctrico atmosférico de fondo se reproducen mapas mundiales con los valores medianos probables de la potencia de ruido medio,  $F_{am}$  (dB) por encima de  $k T_0 b$ , a 1 MHz para cada estación y bloques de tiempo de 4 h (hora local). En las Figs. 13b a 36b se representa la variación de  $F_{am}$  con la frecuencia para cada estación y bloque de tiempo y en las Figs. 13c a 36c se representa la variación con la frecuencia de los otros parámetros del ruido. La antena de referencia para estas estimaciones del ruido atmosférico es un monopolo vertical corto situado sobre un plano de tierra perfectamente conductor (la influencia de un plano de tierra perfectamente conductor se discute en la Recomendación UIT-R P.341, Anexo 2). Las estimaciones son las correspondientes al ruido atmosférico combinado desde todas las direcciones y no resulta apropiado tomar en consideración la directividad de las antenas reales. La intensidad de campo incidente puede obtenerse conforme a lo indicado en el § 2.

Cabe observar que se indican valores del ruido atmosférico inferiores a los niveles probables de ruido artificial y ruido galáctico. Estos valores deben utilizarse con precaución puesto que sólo representan estimaciones de los niveles de ruido atmosférico que se registrarían en ausencia de otros tipos de ruido. Sin embargo, un examen de los datos muestra que esos niveles de ruido bajo se midieron de hecho en muy pocas ocasiones.

El ruido atmosférico debido al rayo no tiene generalmente una distribución gaussiana y su función de densidad de probabilidad puede ser importante para determinar la calidad de funcionamiento de los sistemas digitales. La distribución de probabilidad de la amplitud de este tipo de ruido se describe mediante la desviación de tensión,  $V_d$ , que es la relación entre el valor eficaz y el valor medio de la tensión de la envolvente de ruido.

En la Fig. 37 pueden verse las curvas de la distribución de probabilidad de la amplitud correspondientes a diversos valores de  $V_d$ , en las cuales se toma como referencia la tensión eficaz de la envolvente,  $A_{ef}$ . Los valores medidos de  $V_d$  varían en torno a los valores predichos de la mediana,  $V_{dm}$ , y su variación viene dada por  $\sigma_{Vd}$ . Estas curvas pueden utilizarse para una amplia gama de anchuras de banda. Las estimaciones dadas de  $V_d$  (Figs. 13c a 36c) corresponden a una anchura de banda de 200 Hz y a partir de la Fig. 39 puede convertirse este valor de  $V_d$  a 200 Hz en los correspondientes valores de  $V_d$  para otras anchuras de banda. La Fig. 39 sólo es estrictamente válida en ondas hectométricas y decamétricas, por lo tanto, debe tenerse mucha precaución al aplicar estos resultados a frecuencias inferiores (por ejemplo en las bandas de ondas kilométricas, miriamétricas o decamiriamétricas).

Las Figuras se utilizan como se indica a continuación. El valor de  $F_{am}$  para 1 MHz se obtiene a partir de los mapas de ruido (Figs. 13a a 36a) para la estación considerada. Utilizando este valor como grado de ruido, se determina el valor de  $F_{am}$  para la frecuencia requerida a partir de las curvas de frecuencia (Figs. 13b a 36b). Los parámetros de variabilidad  $\sigma_{Fam}$ ,  $D_u$ ,  $\sigma_{D_u}$ , etc., se obtienen para la frecuencia en cuestión a partir de las Figs. 13c a 36c. Los valores de  $D$  y  $\sigma_D$  para otros porcentajes de tiempo pueden obtenerse suponiendo semidistribuciones log-normal a cada lado de los valores medianos.

FIGURA 13a  
Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Invierno; 0000-0400 hora local)

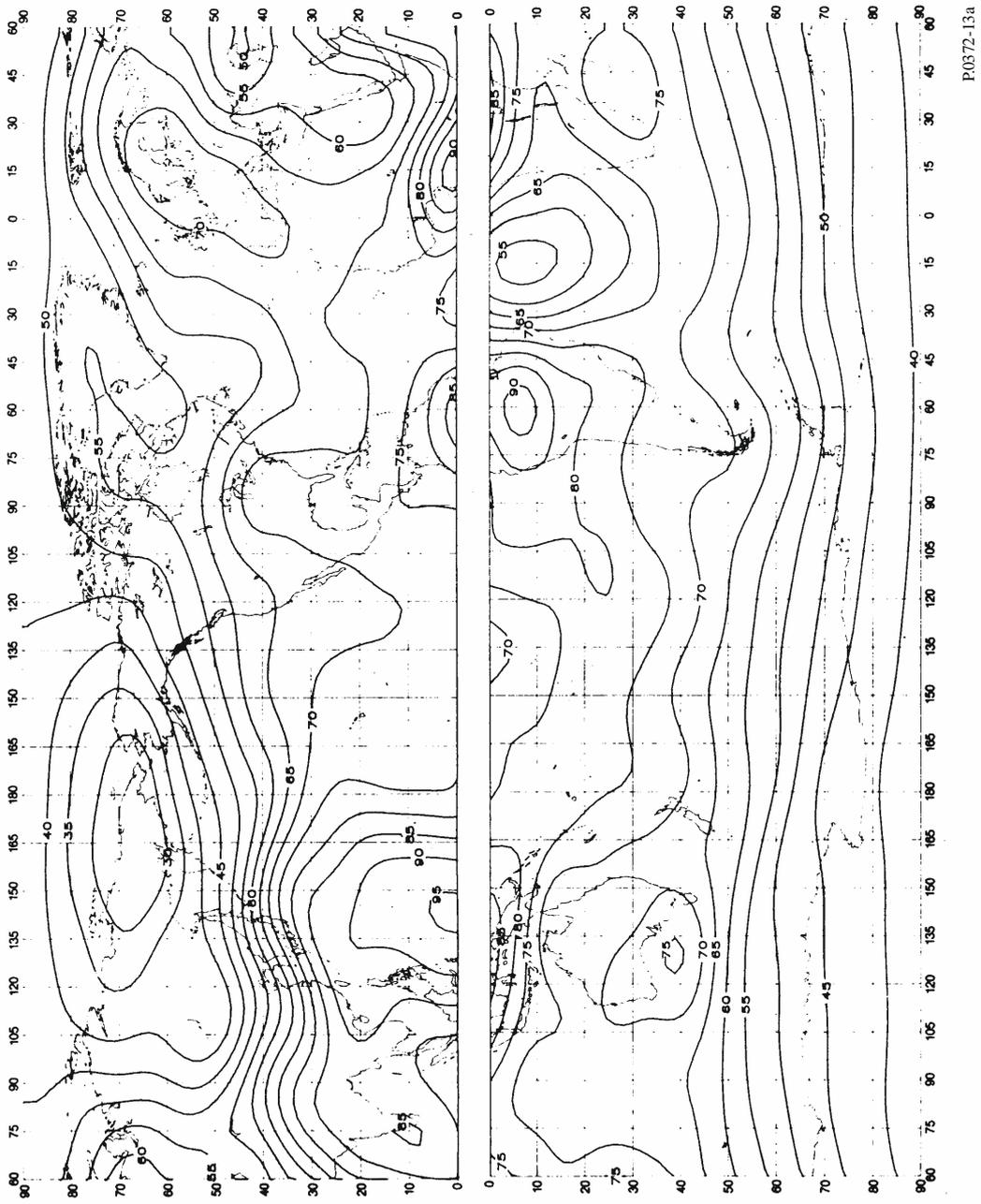
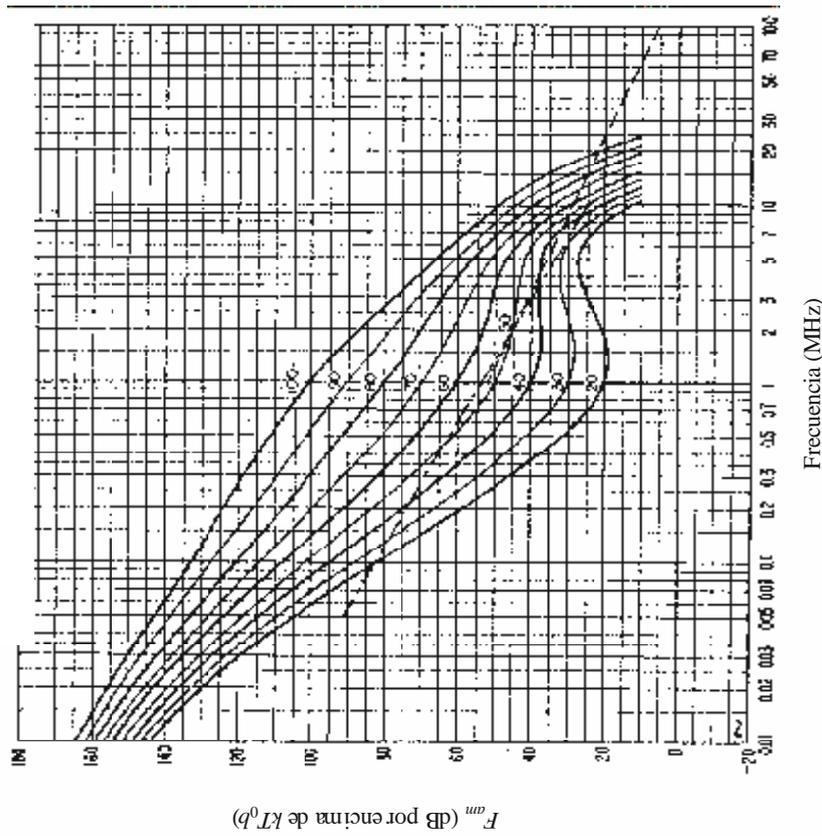


FIGURA 13b

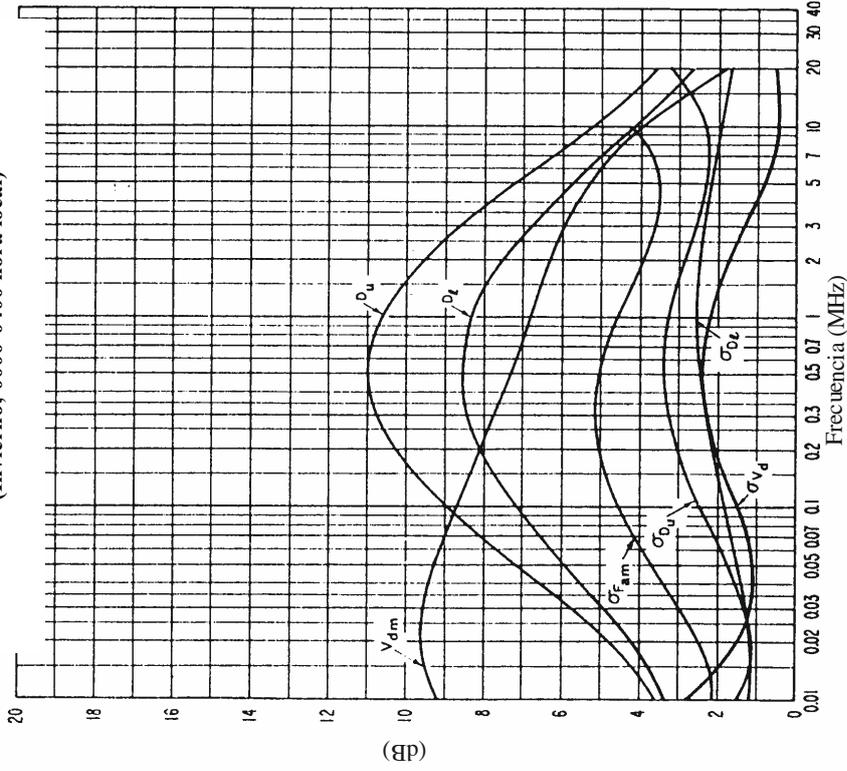
Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia  
(Invierno; 0000-0400 hora local)



- Valores probables del ruido atmosférico
- · - · Valores probables del ruido artificial en un punto de recepción tranquilo
- - - Valores probables del ruido galáctico

FIGURA 13c

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido  
(Invierno; 0000-0400 hora local)



- $\sigma F_{amp}$  : Desviación de los valores de  $F_{amp}$
- $D_u$  : Relación del decilo superior al valor mediano,  $F_{amp}$
- $\sigma D_u$  : Desviación típica de los valores de  $D_u$
- $D_l$  : Relación del valor mediano,  $F_{amp}$  al decilo inferior
- $\sigma D_l$  : Desviación típica de los valores de  $D_l$
- $V_{dm}$  : Valor probable de la desviación mediana de la tensión.  
media (valores para una anchura de banda de 200 Hz)
- $\sigma V_d$  : Desviación típica de  $V_d$

FIGURA 14a

Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Invierno; 0400-0800 hora local)

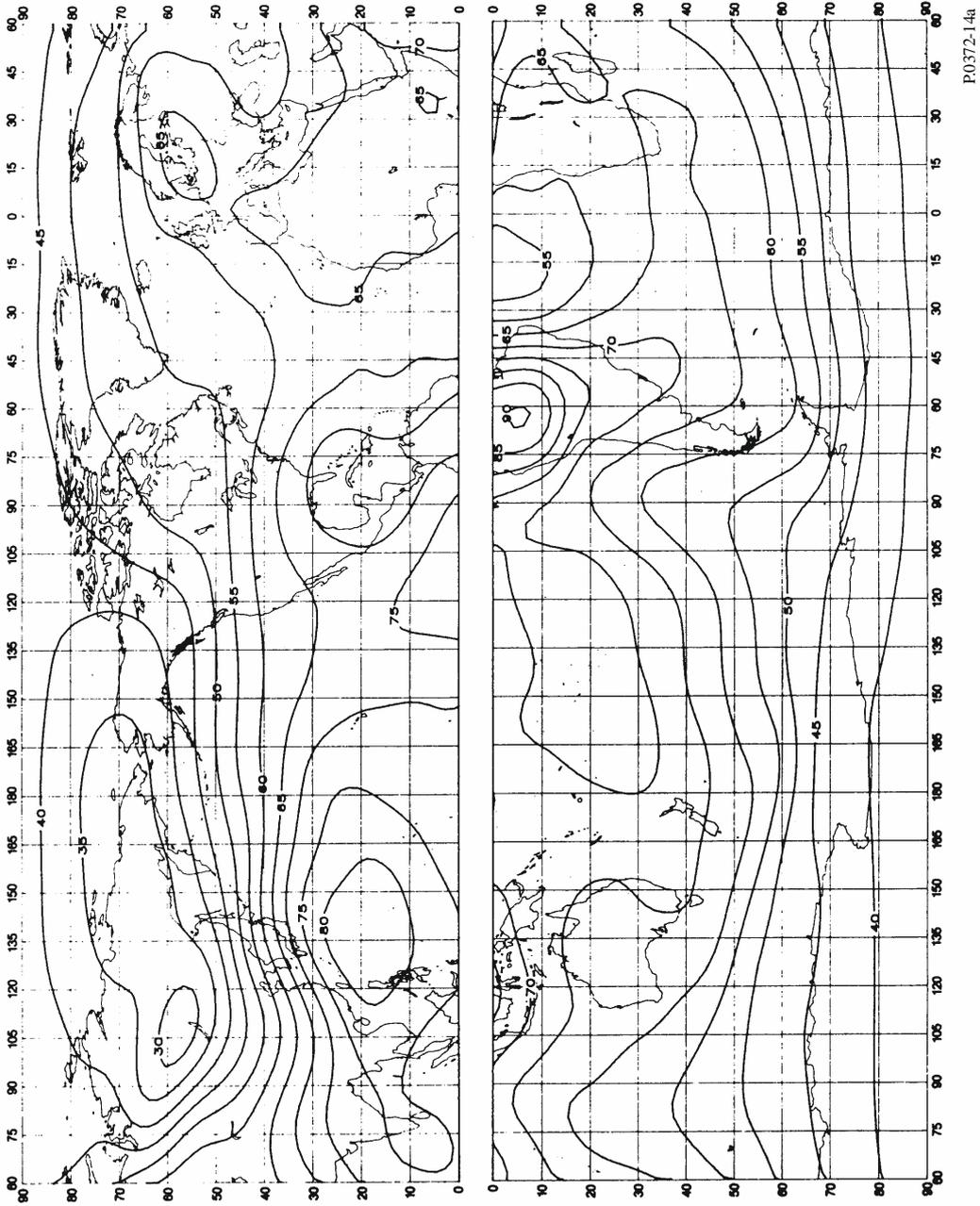
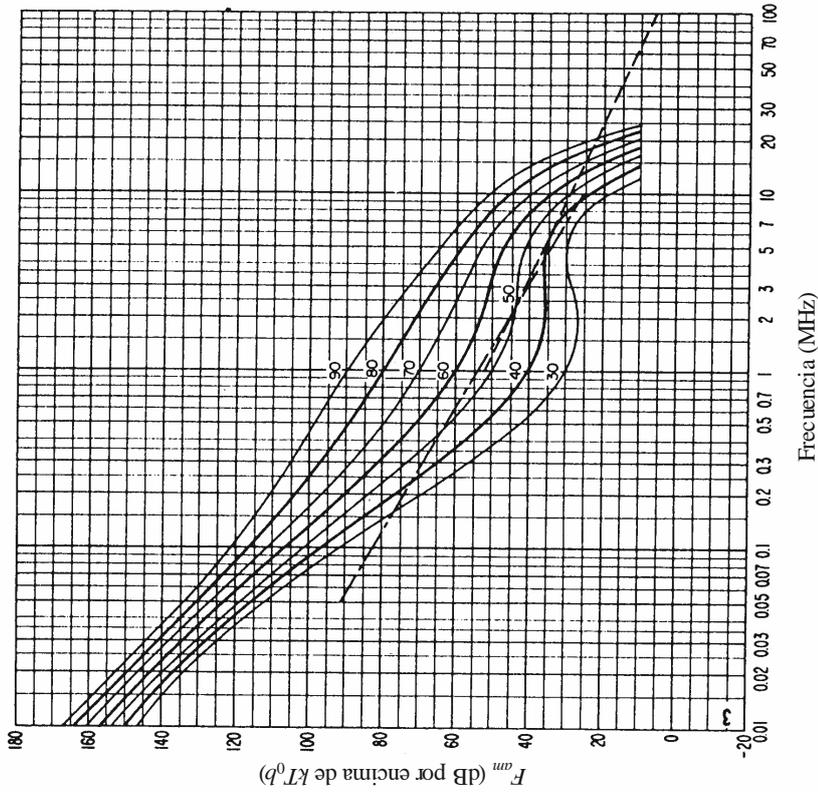


FIGURA 14b

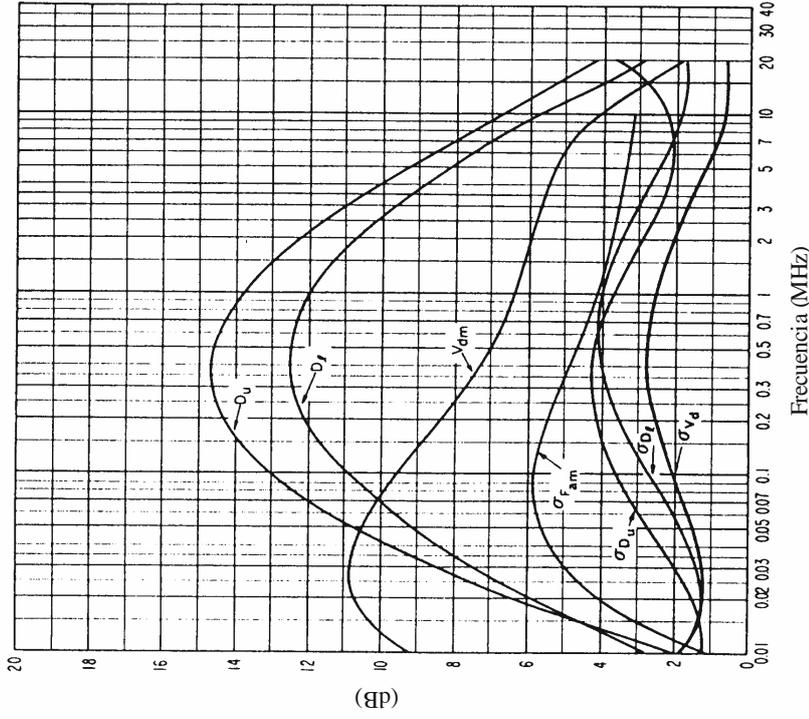
Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia  
(Invierno; 0400-0800 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13b

FIGURA 14c

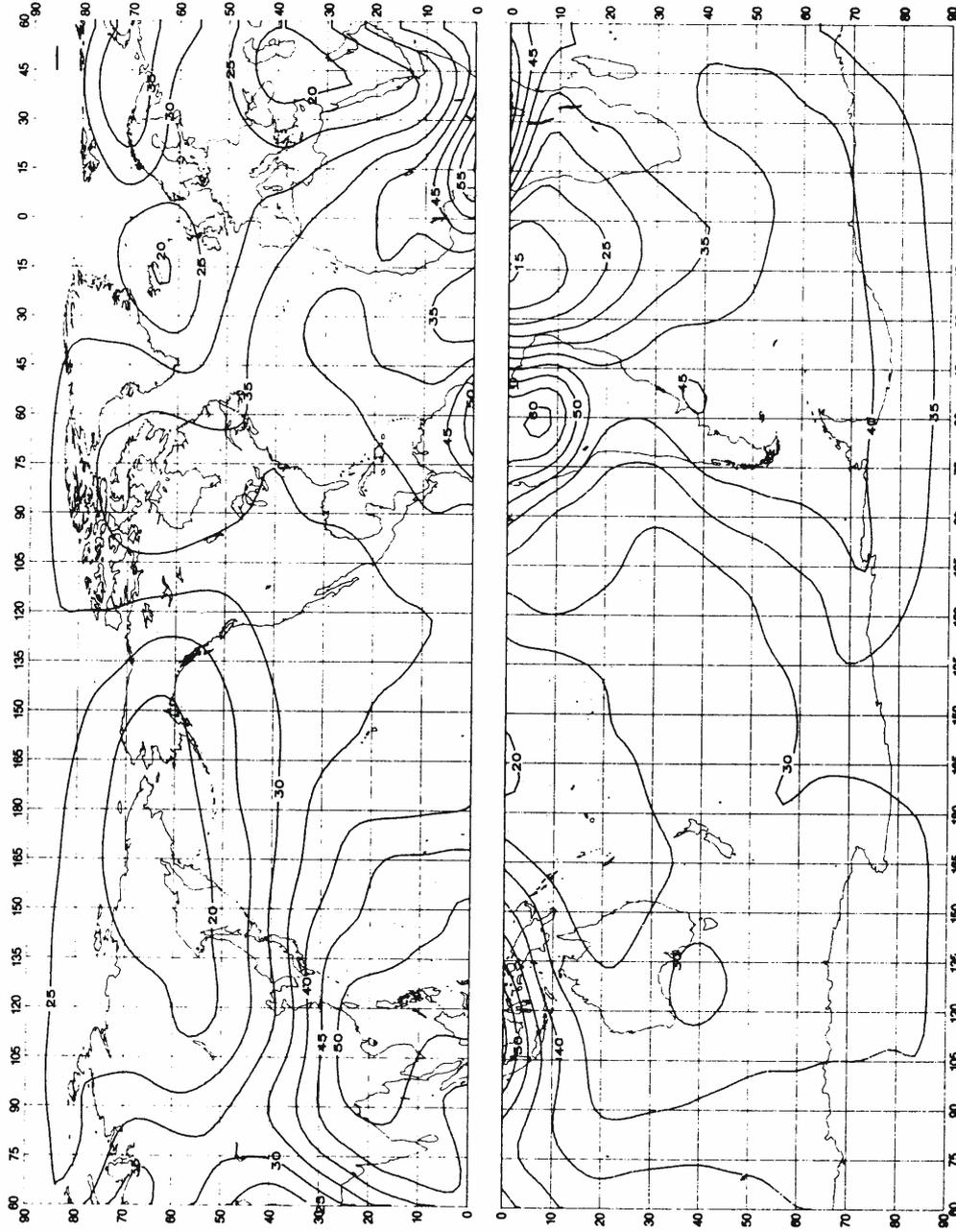
Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido  
(Invierno; 0400-0800 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13c

FIGURA 15a

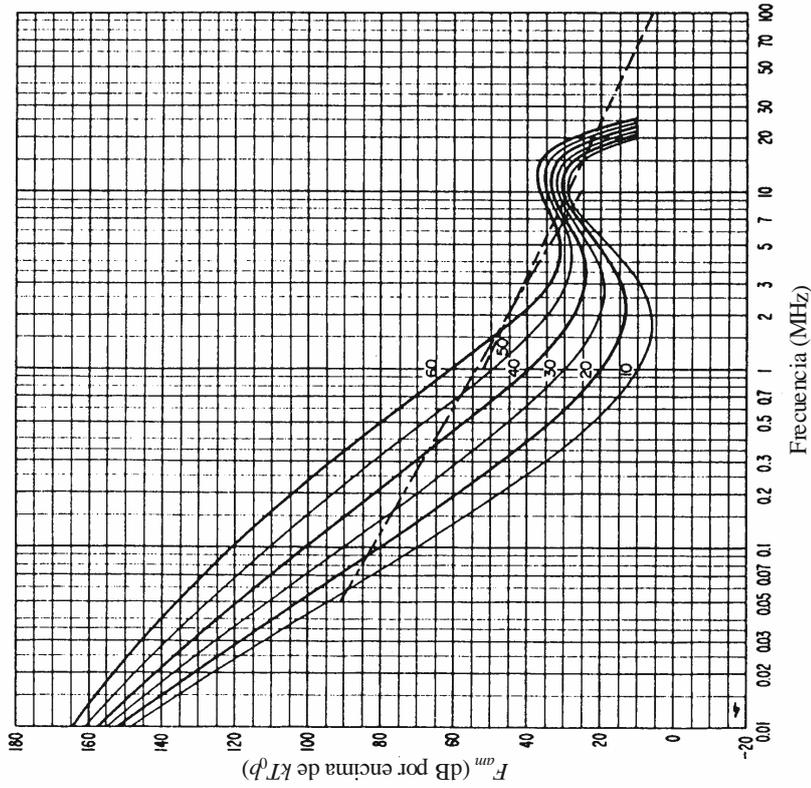
Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Invierno; 0800-1200 hora local)



P.0372-15a

FIGURA 15b

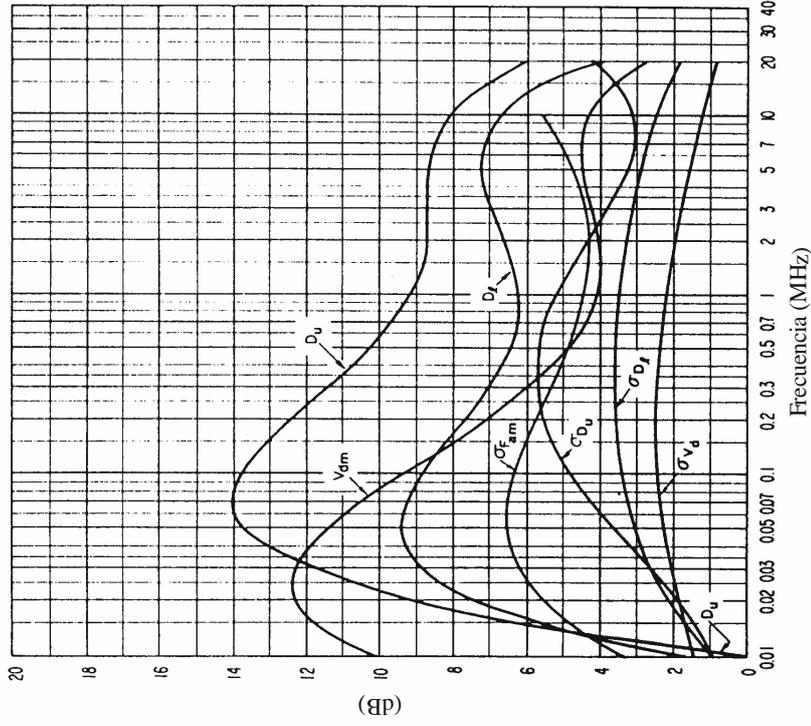
Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia  
(Invierno; 0800-1200 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13b

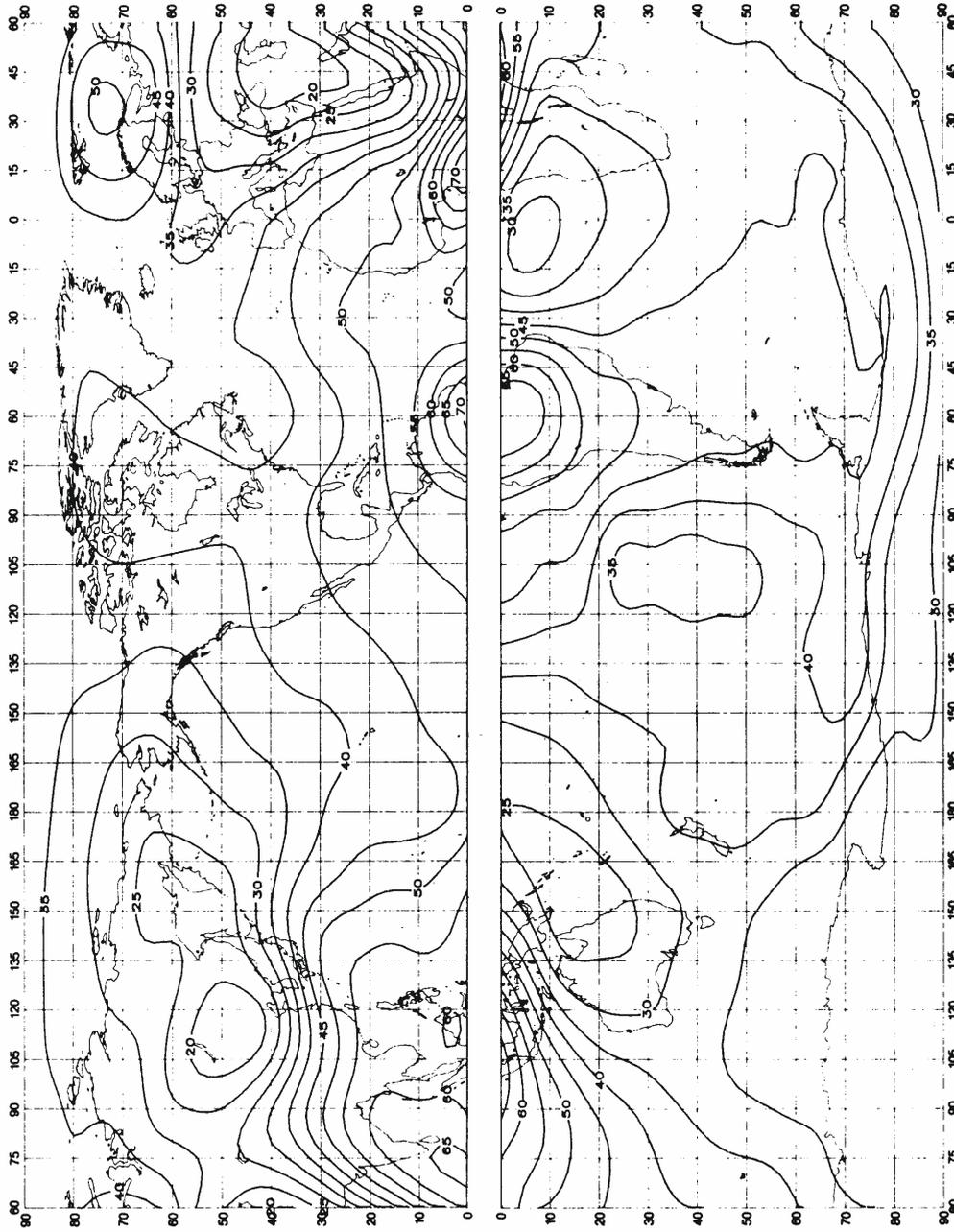
FIGURA 15c

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido  
(Invierno; 0800-1200 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13c

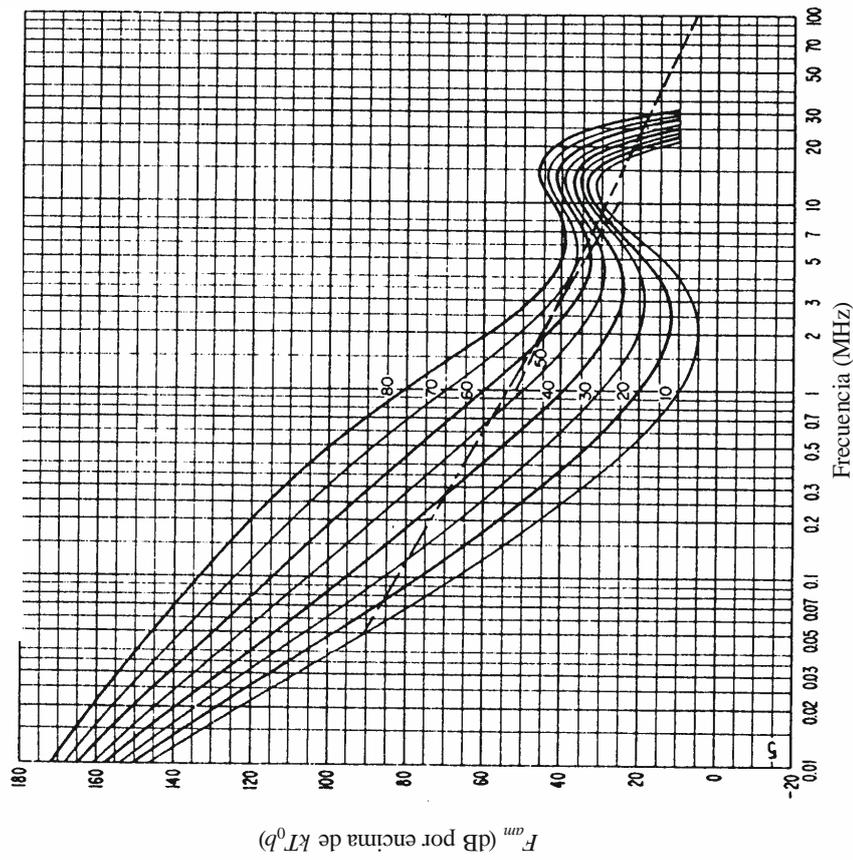
FIGURA 16a  
Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Invierno; 1200-1600 hora local)



P.0372-16a

FIGURA 16b

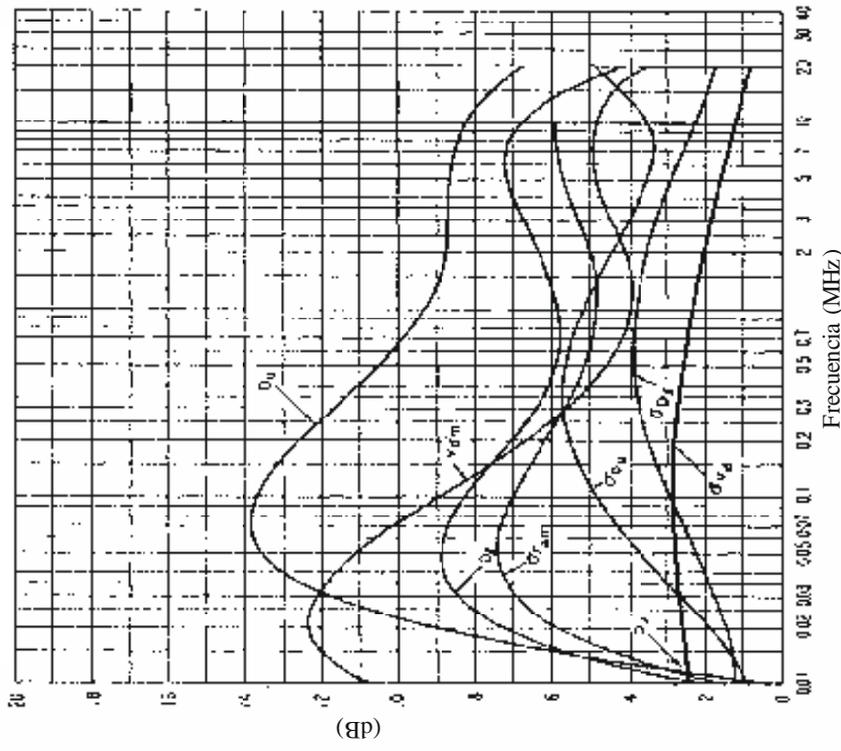
Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia  
(Invierno; 1200-1600 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13b

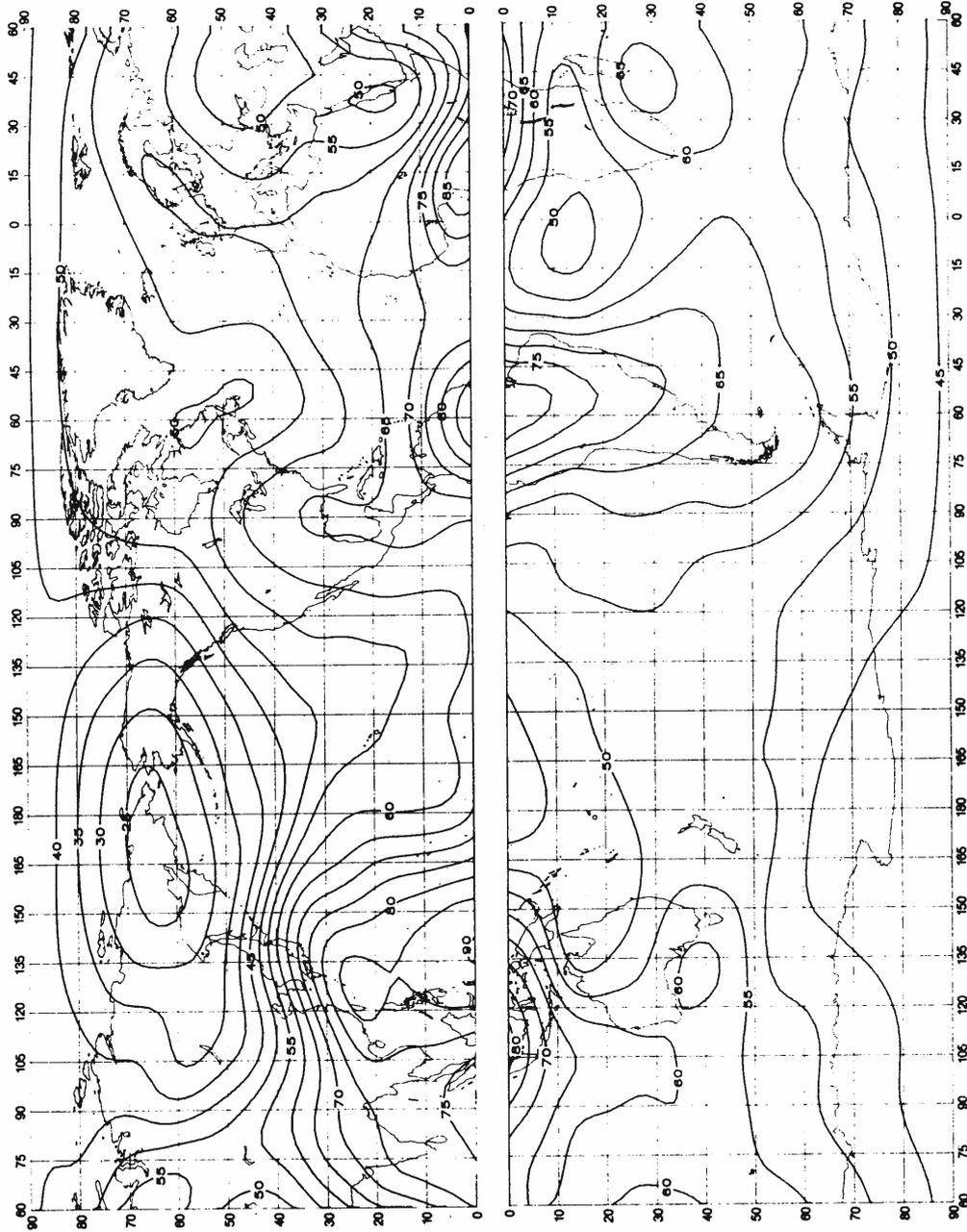
FIGURA 16c

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido  
(Invierno; 1200-1600 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13c

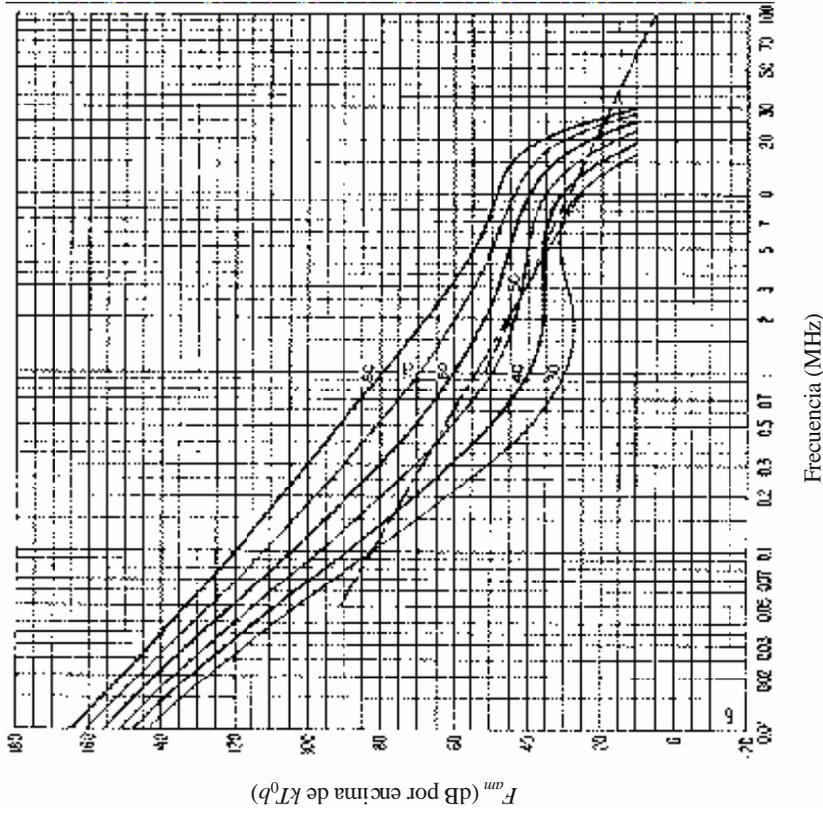
FIGURA 17a  
Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Invierno; 1600-2000 hora local)



P.0372-17a

FIGURA 17b

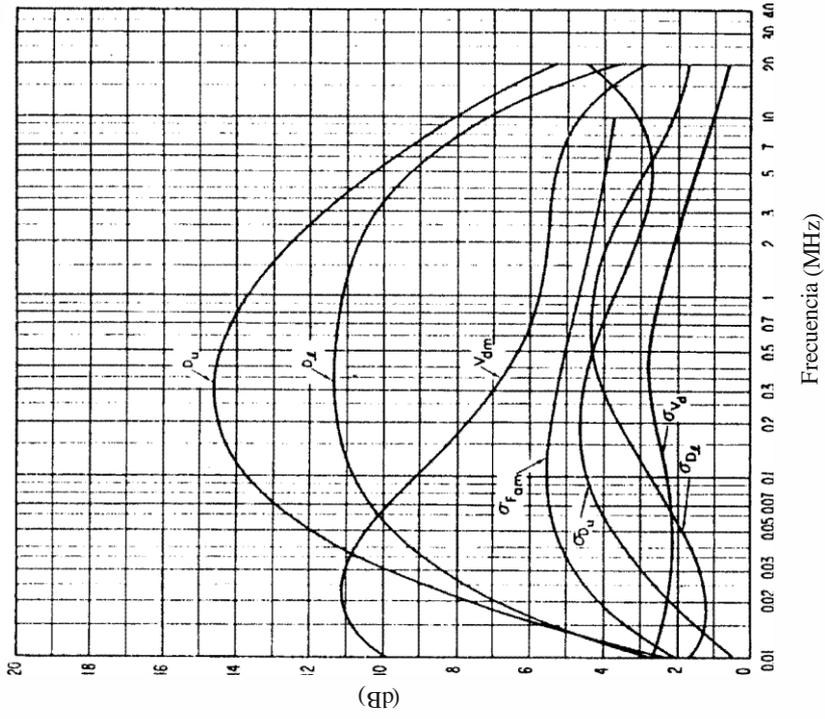
Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia  
(Invierno; 1600-2000 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13b

FIGURA 17c

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido  
(Invierno; 1600-2000 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13c

FIGURA 18a

Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Invierno; 2000-2400 hora local)

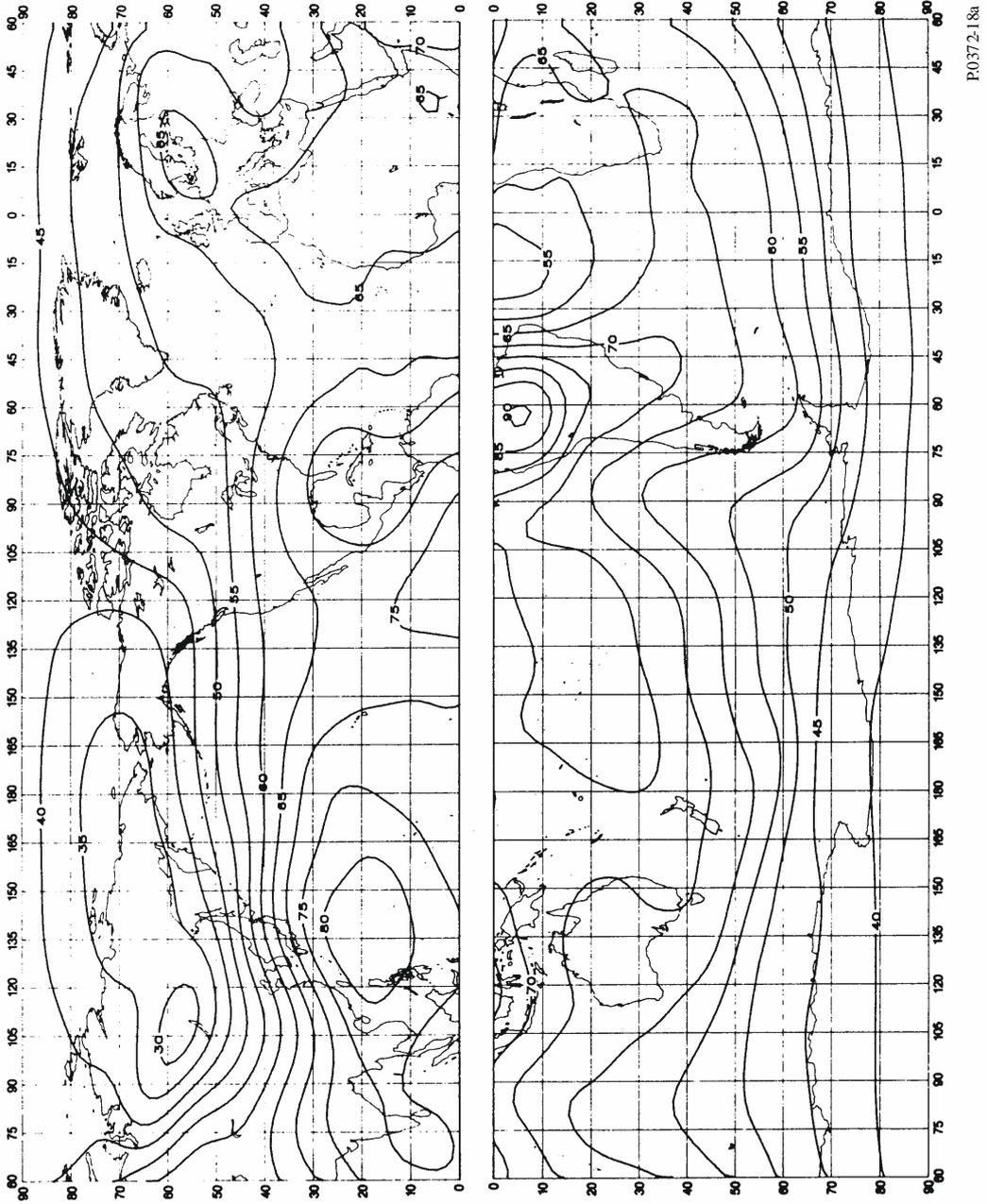
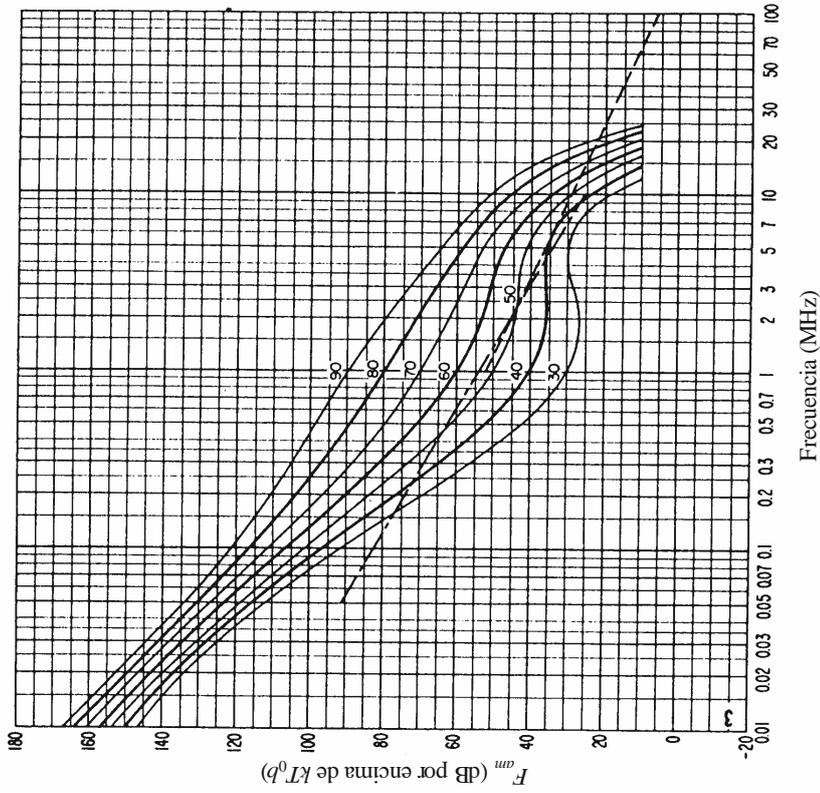


FIGURA 18b

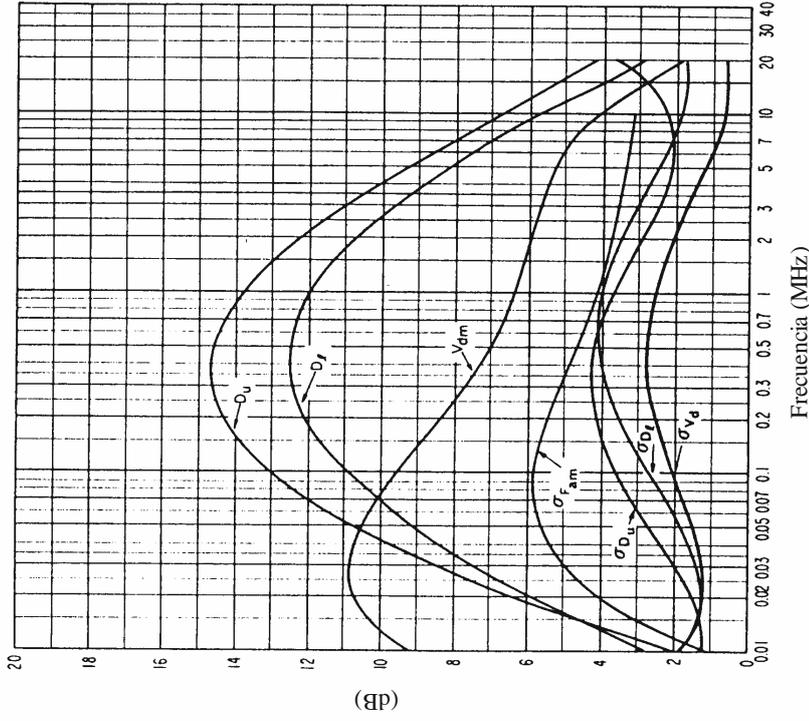
Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia  
(Invierno; 2000-2400 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13b

FIGURA 18c

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido  
(Invierno; 2000-2400 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13c

FIGURA 19a

Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Primavera; 0000-0400 hora local)

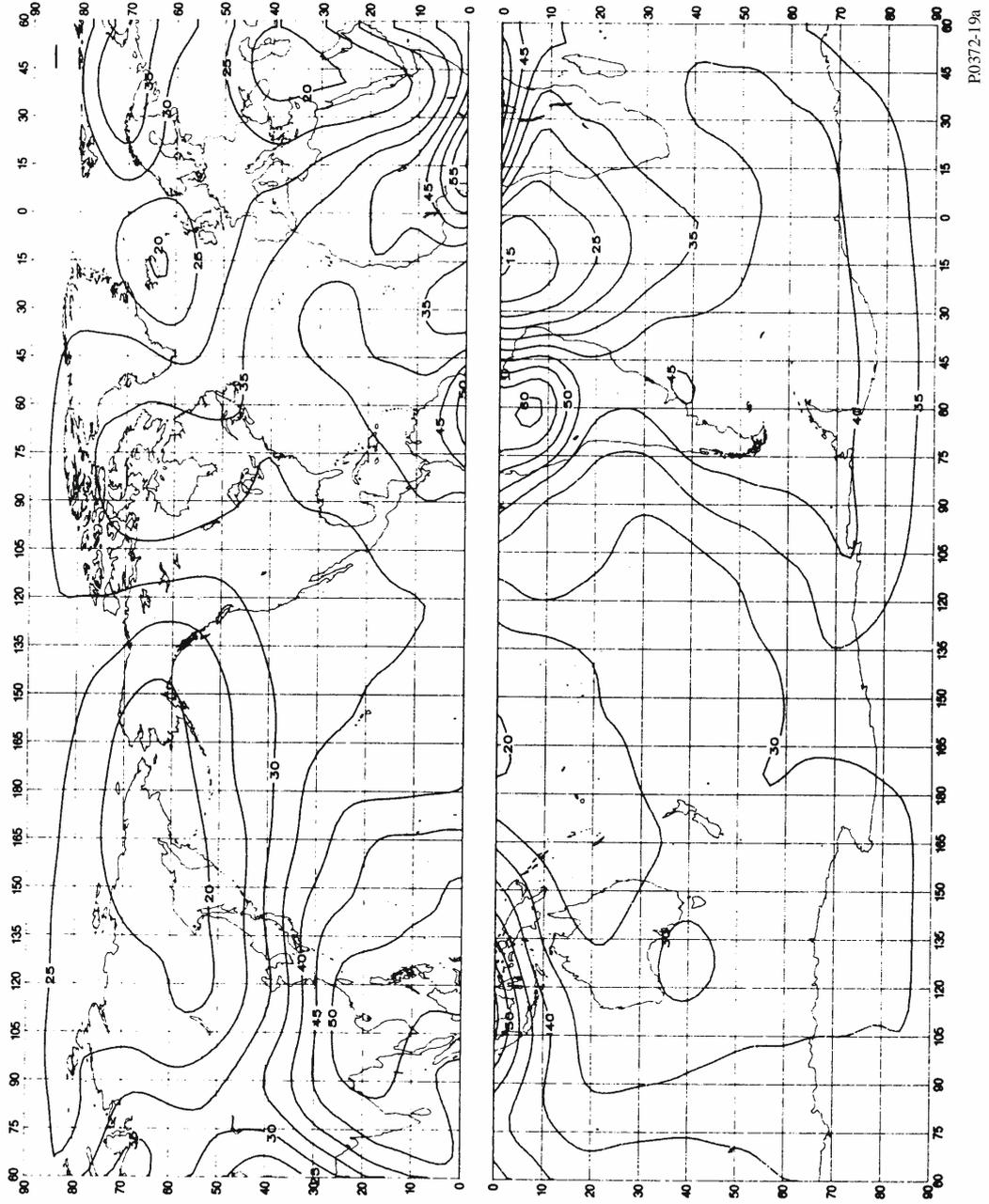
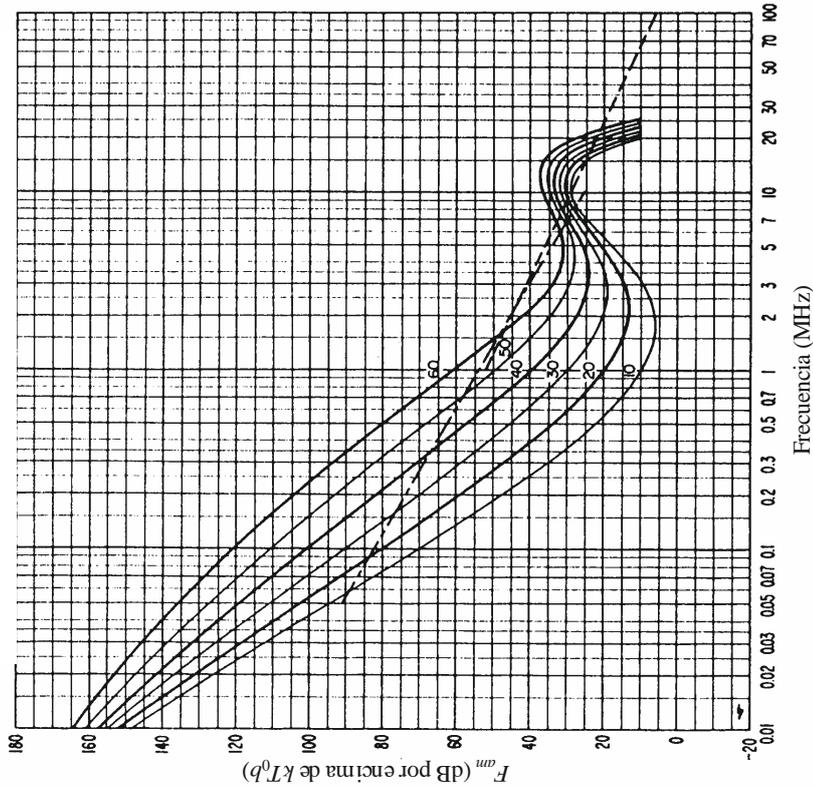


FIGURA 19b

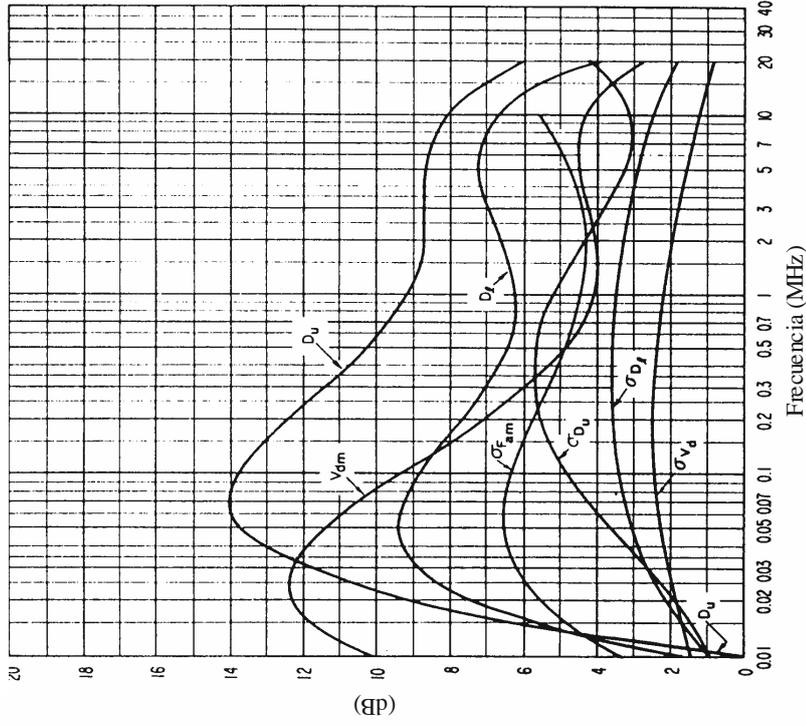
Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia  
(Primavera; 0000-0400 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13b

FIGURA 19c

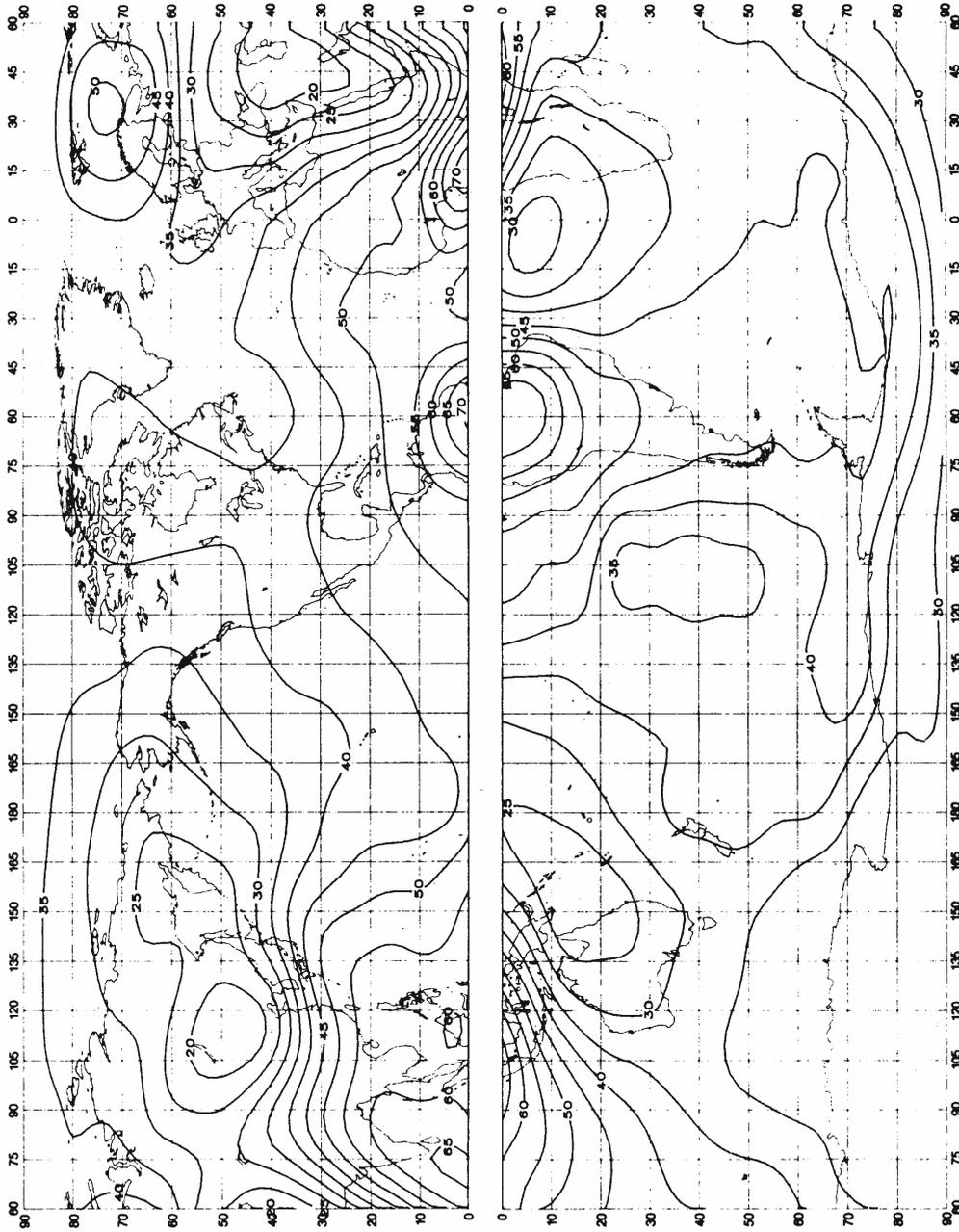
Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido  
(Primavera; 0000-0400 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13c

FIGURA 20a

Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Primavera; 0400-0800 hora local)



P.0372-2.0a

FIGURA 20c  
 Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido  
 (Primavera; 0400-0800 hora local)

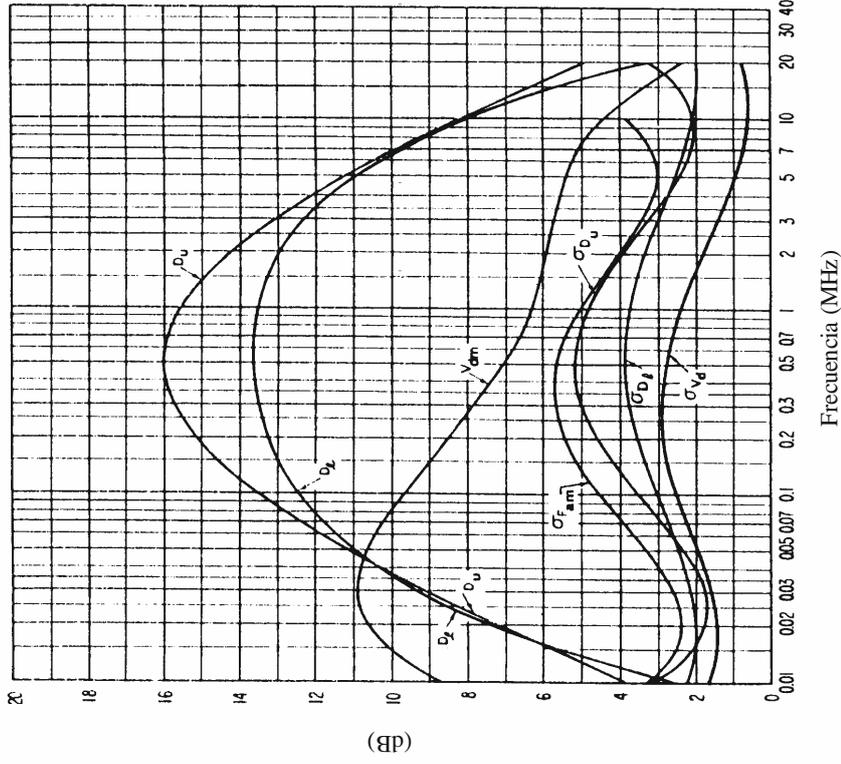
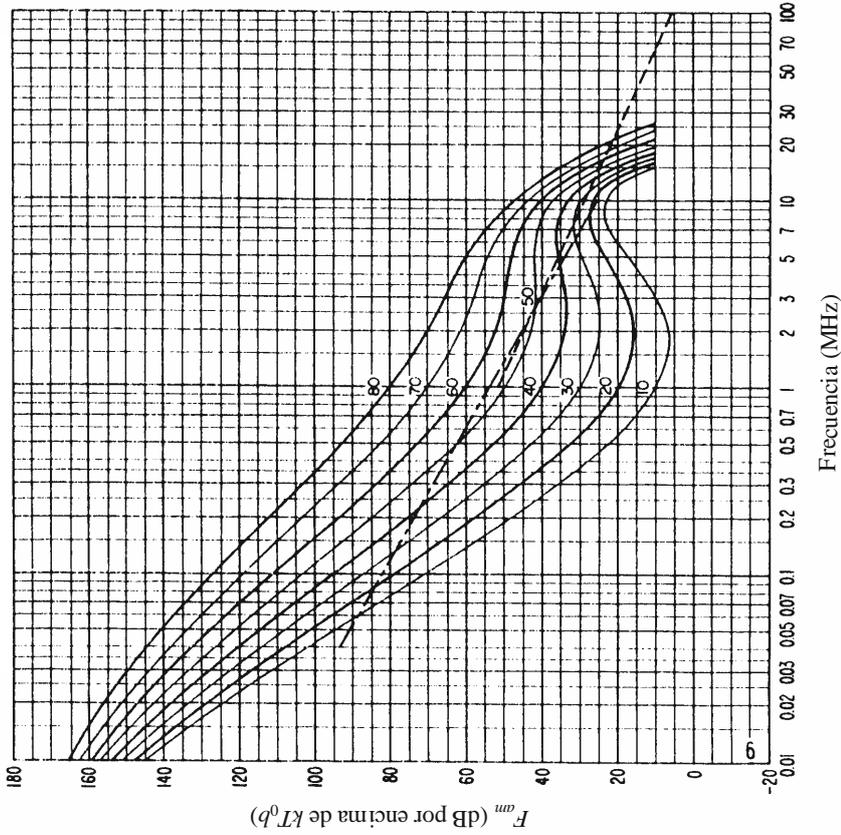


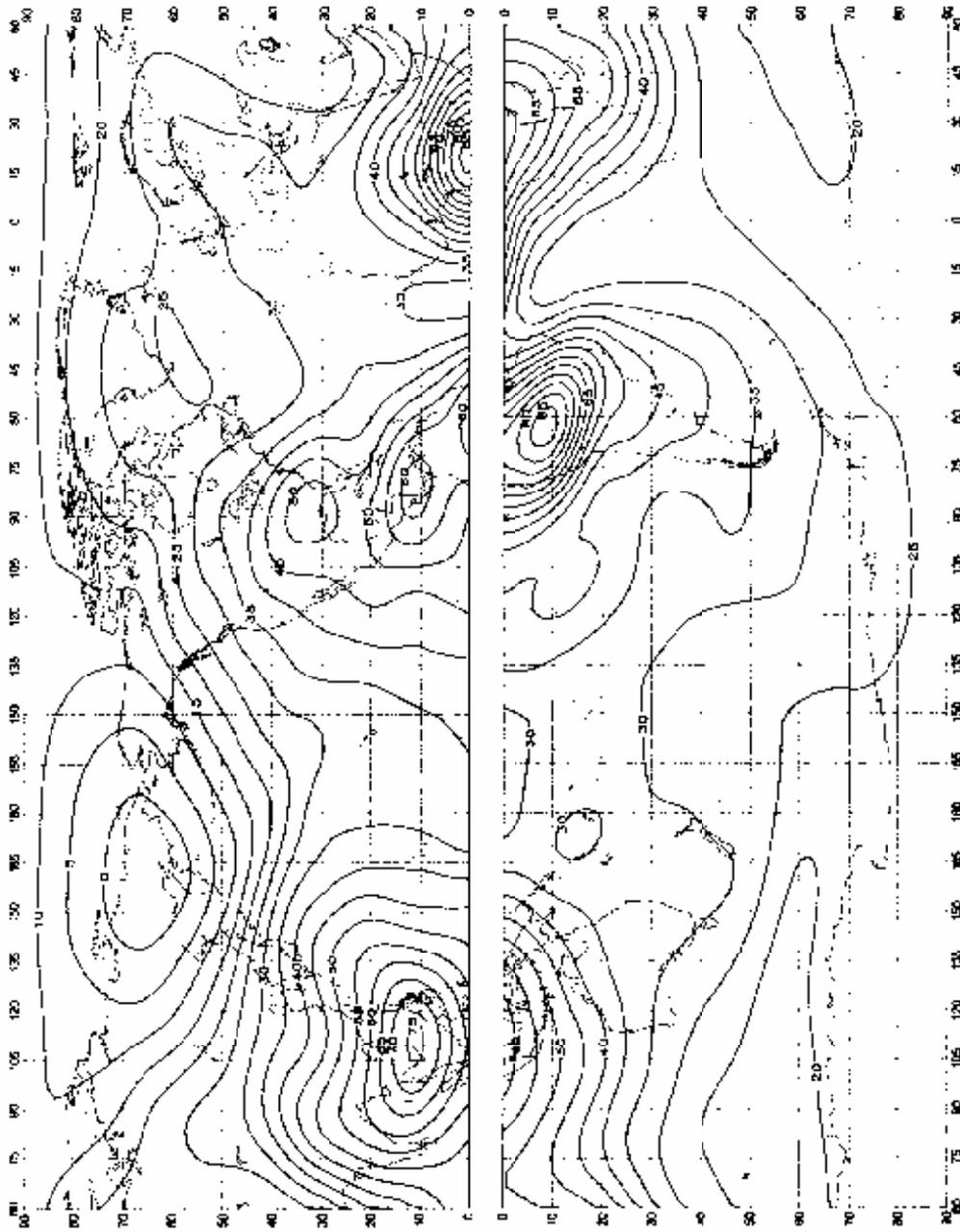
FIGURA 20b  
 Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia  
 (Primavera; 0400-0800 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13c

Véase la leyenda de la Fig. 13b

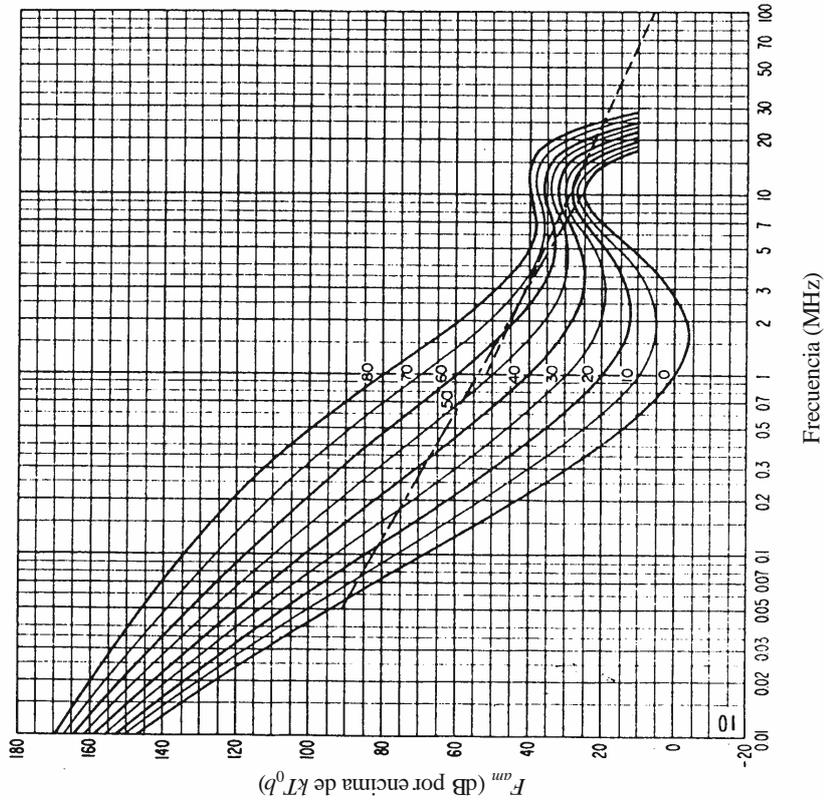
FIGURA 21a  
Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Primavera; 0800-1200 hora local)



P.0372-21a

FIGURA 21b

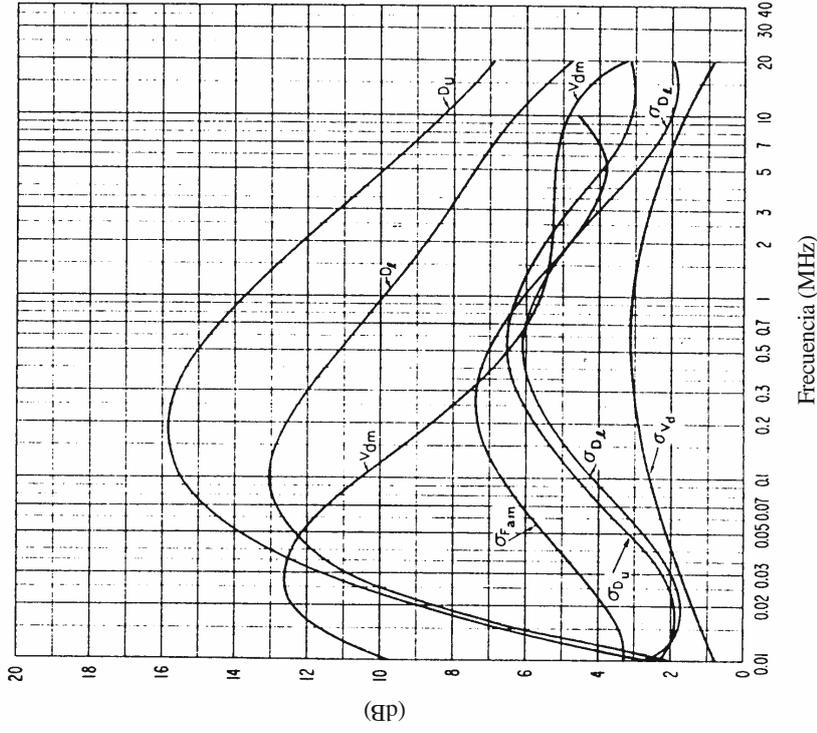
Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia  
(Primavera; 0800-1200 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13b

FIGURA 21c

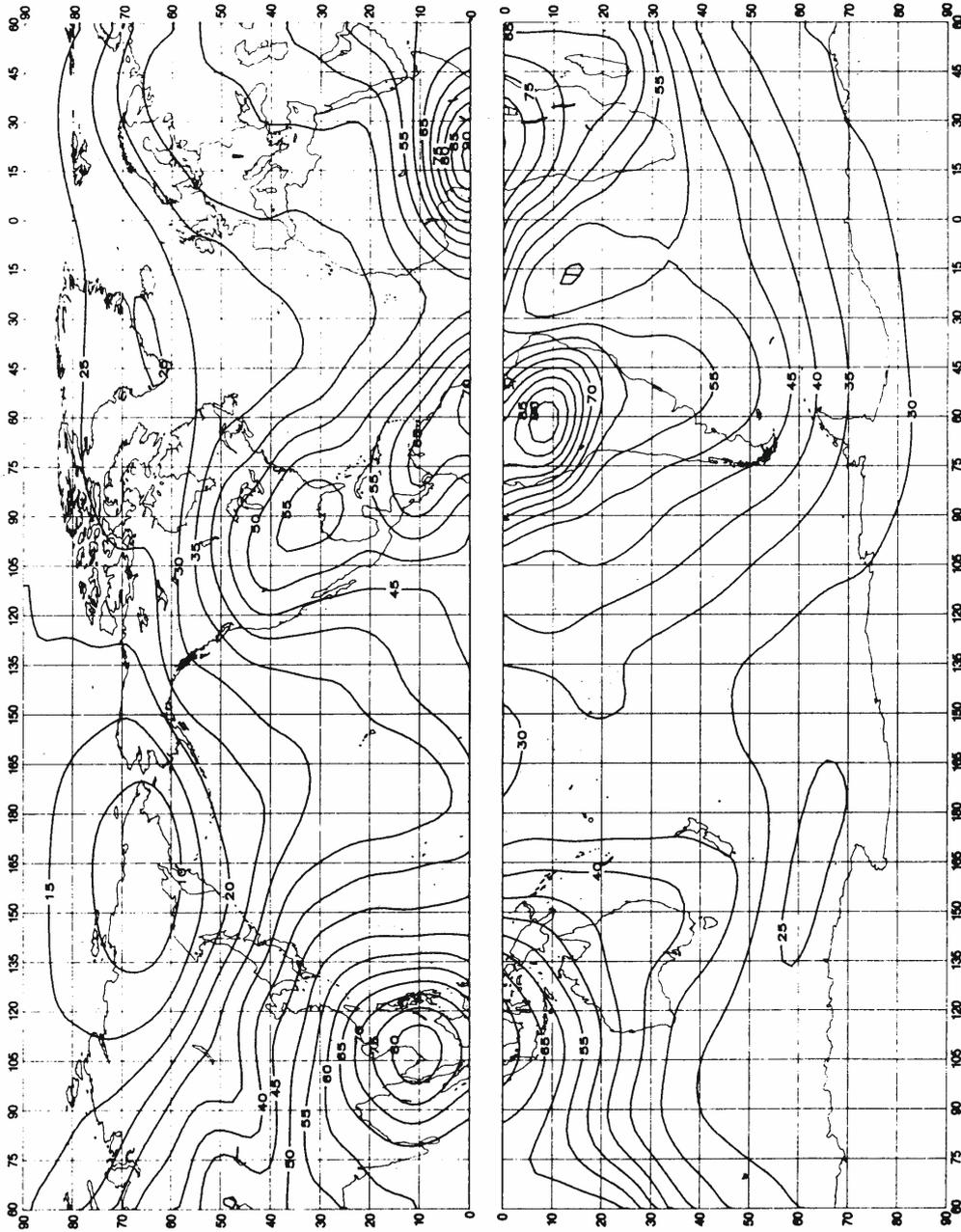
Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido  
(Primavera; 0800-1200 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13c

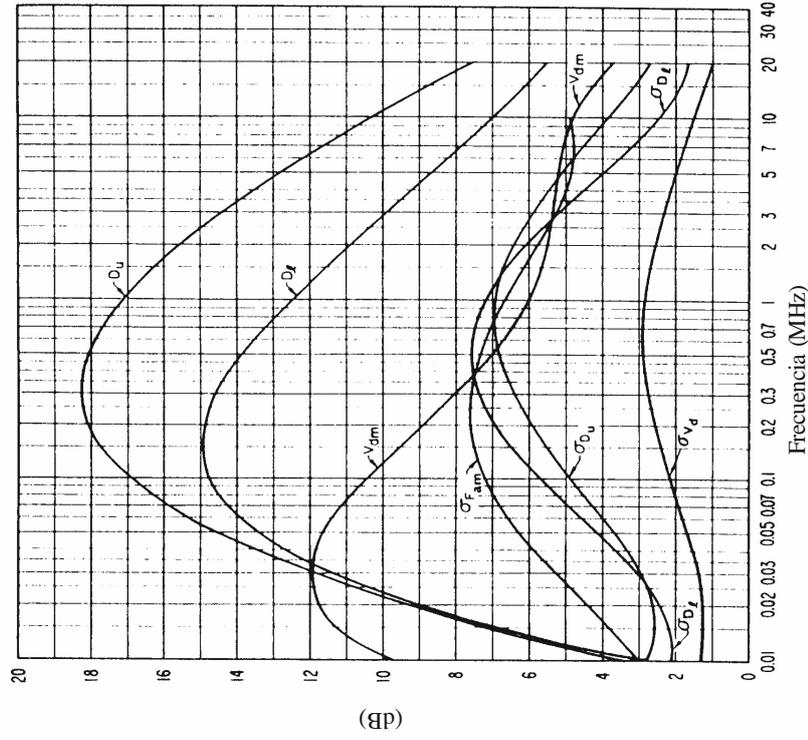
FIGURA 22a

Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Primavera; 1200-1600 hora local)



P.0372-22a

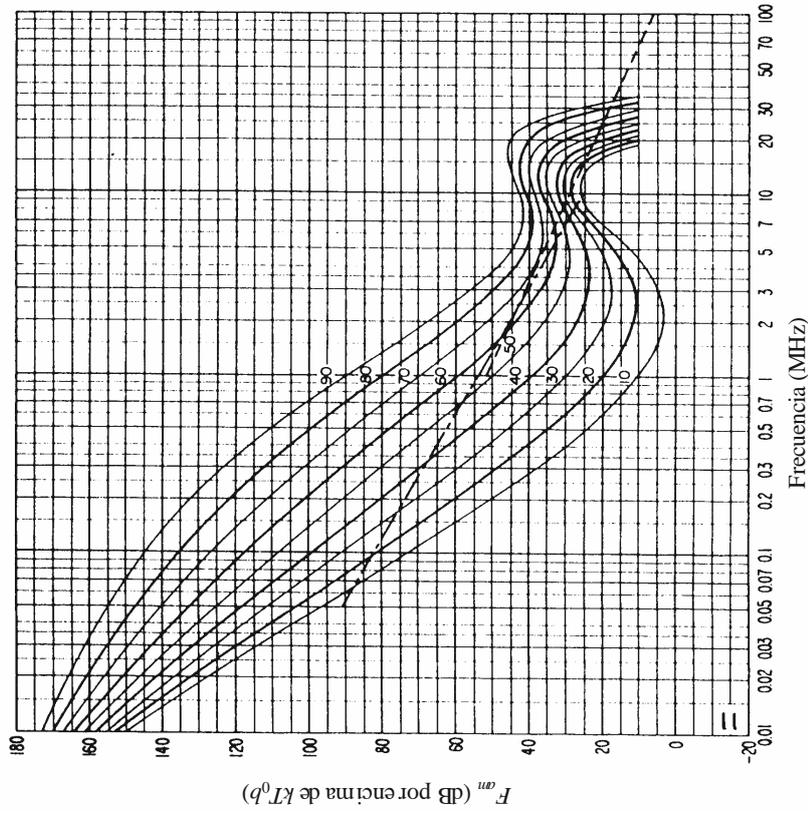
FIGURA 22c  
 Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido  
 (Primavera; 1200-1600 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13c

P.0372-2.2b

FIGURA 22b  
 Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia  
 (Primavera; 1200-1600 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13b

FIGURA 23a

Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Primavera; 1600-2000 hora local)

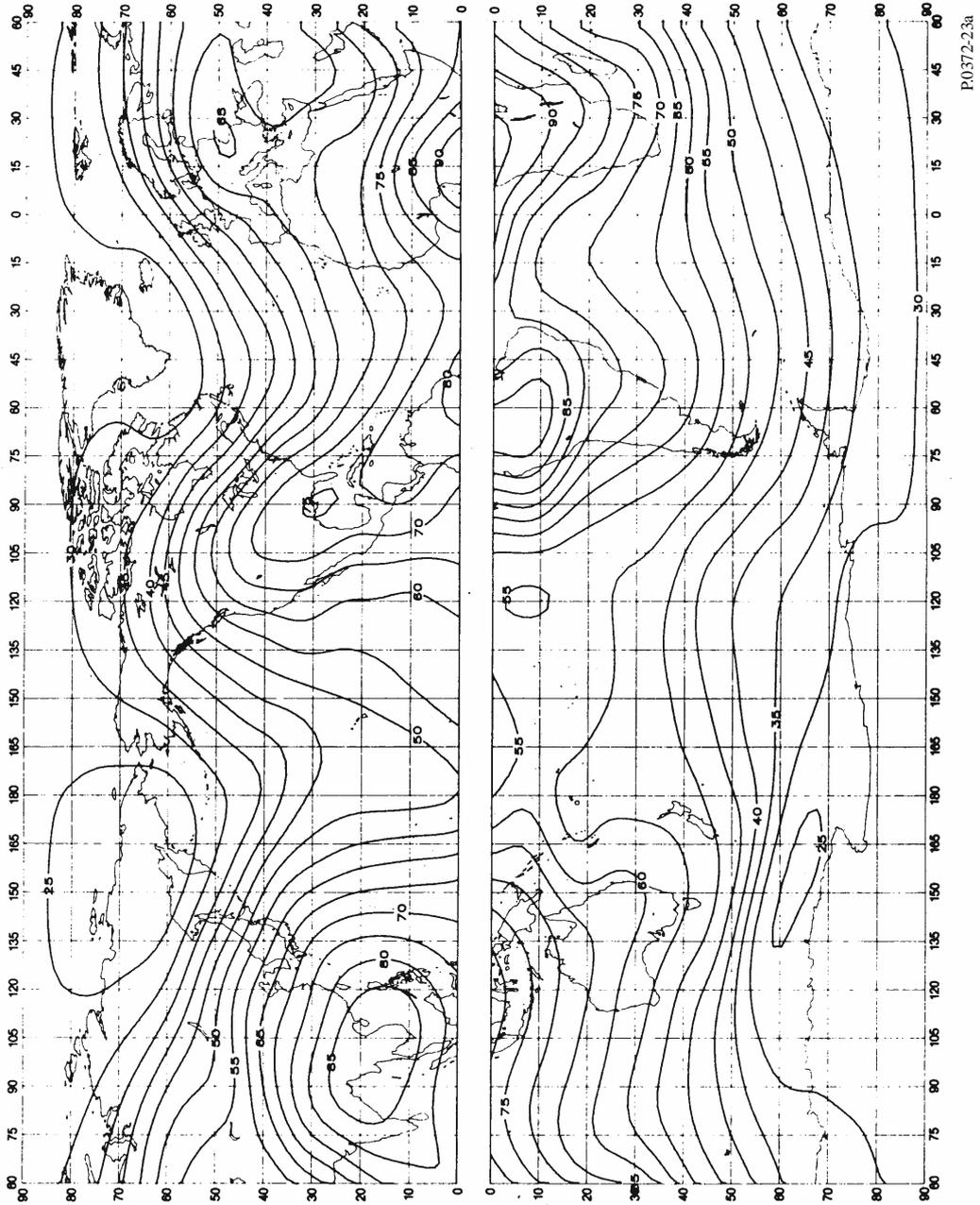
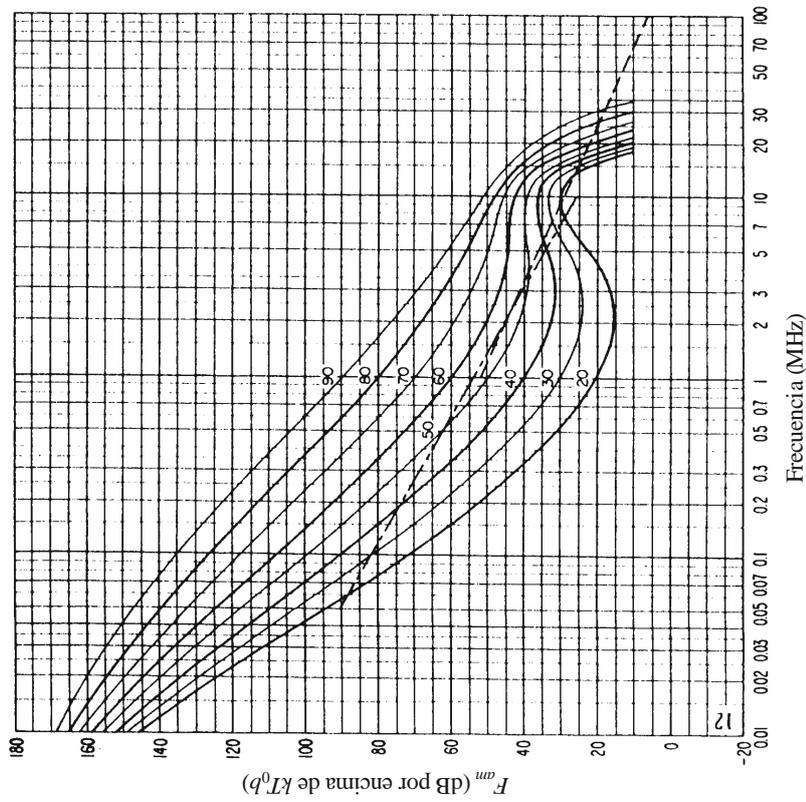


FIGURA 23b

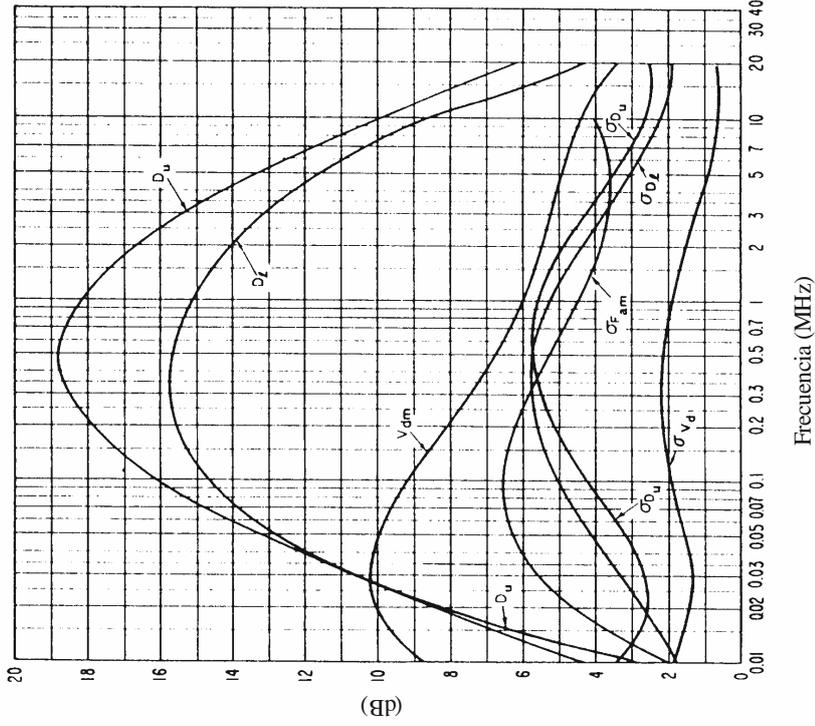
Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia  
(Primavera; 1600-2000 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13b

FIGURA 23c

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido  
(Primavera; 1600-2000 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13c

FIGURA 24a

Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Primavera; 2000-2400 hora local)

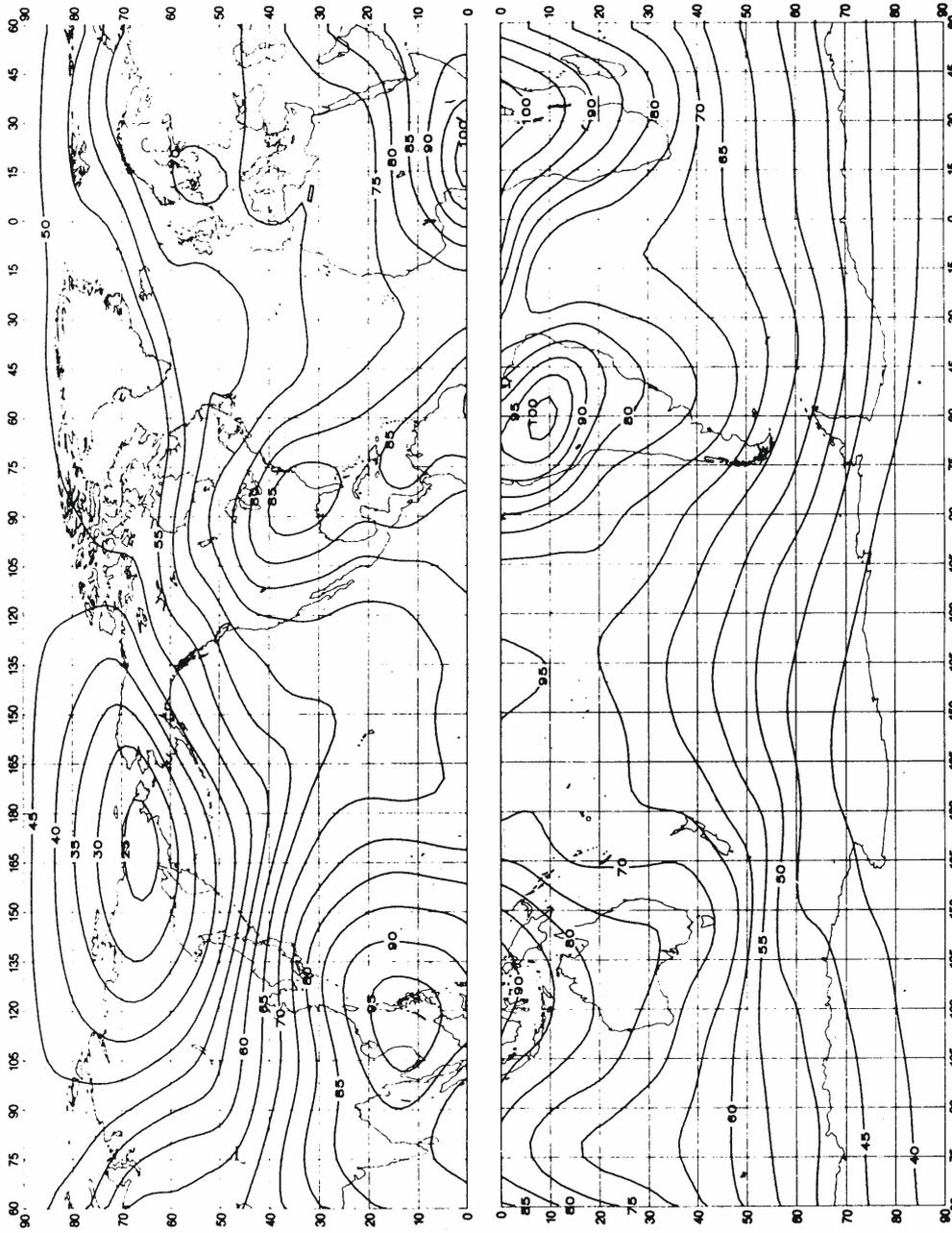
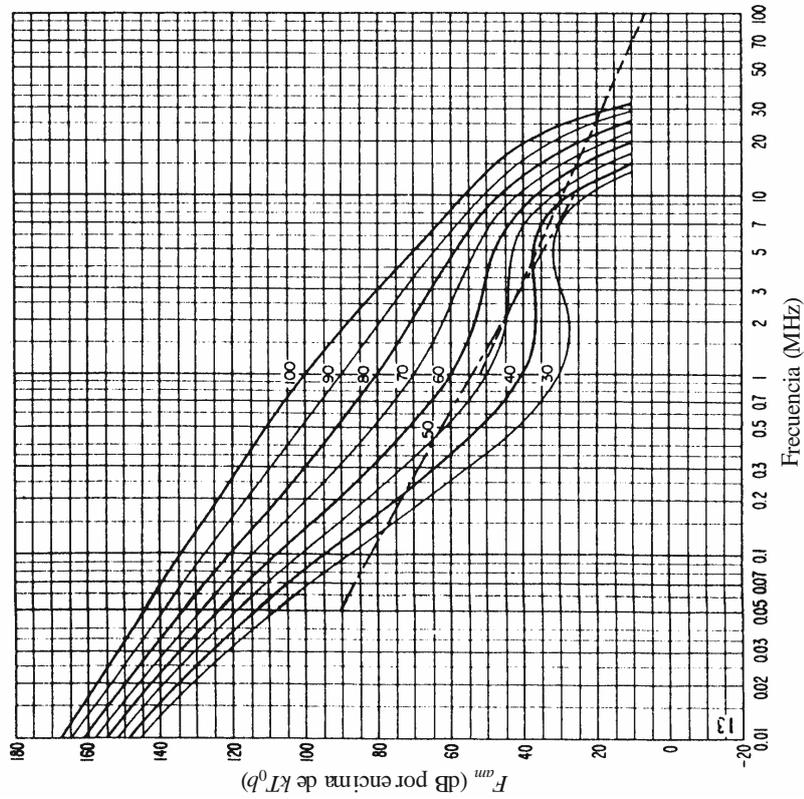


FIGURA 24b

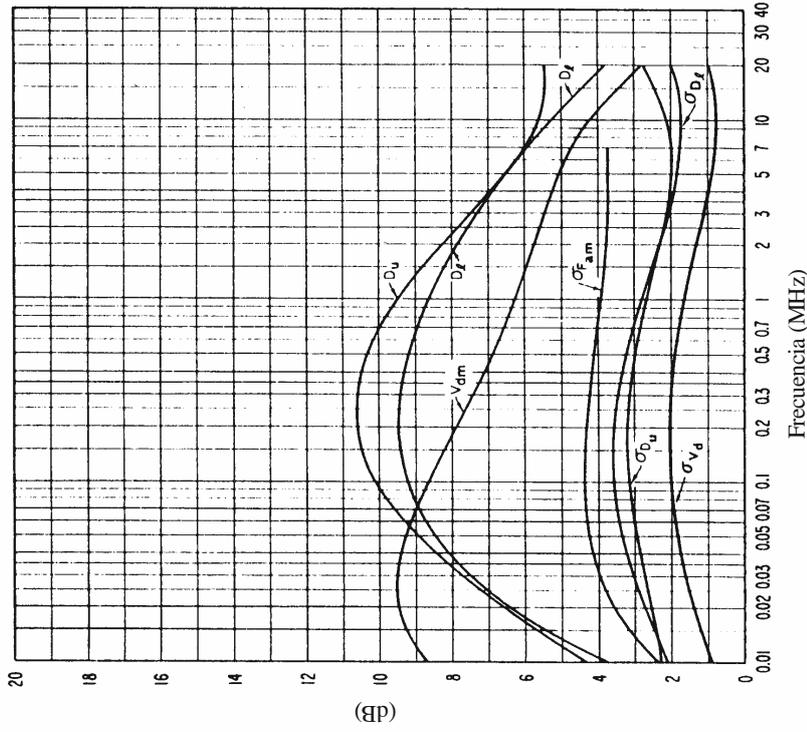
Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia  
(Primavera; 2000-2400 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13b

FIGURA 24c

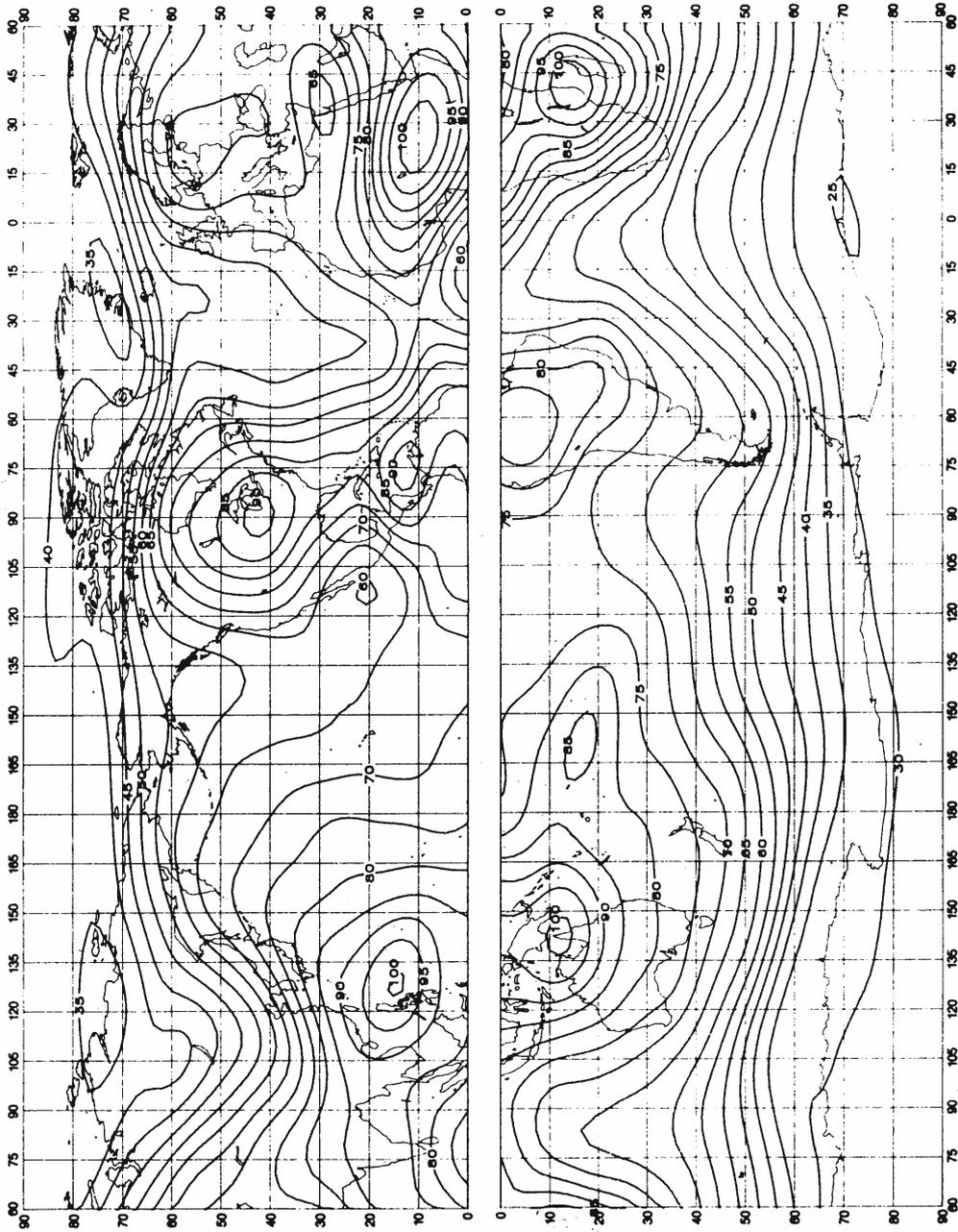
Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido  
(Primavera; 2000-2400 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13c

FIGURA 25a

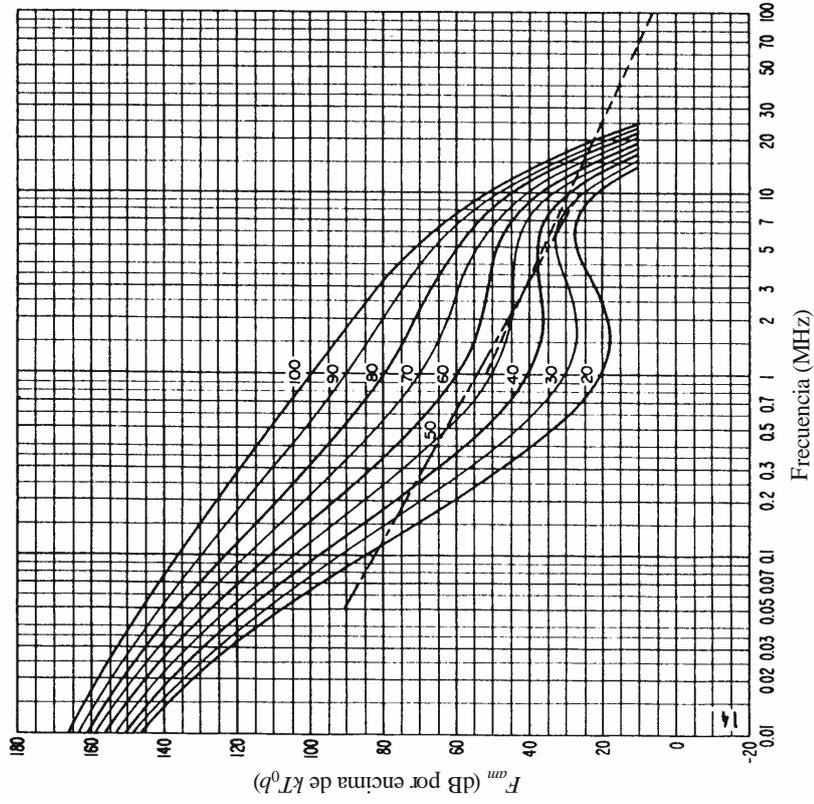
Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Verano; 0000-0400 hora local)



P.0372-25a

FIGURA 25b

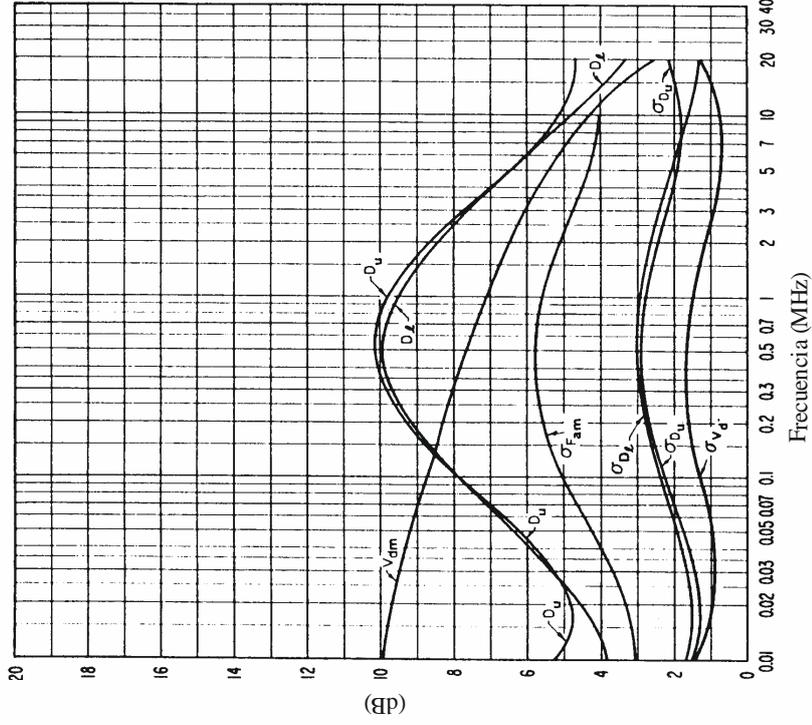
Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia  
(Verano; 0000-0400 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13b

FIGURA 25c

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido  
(Verano; 0000-0400 hora local)

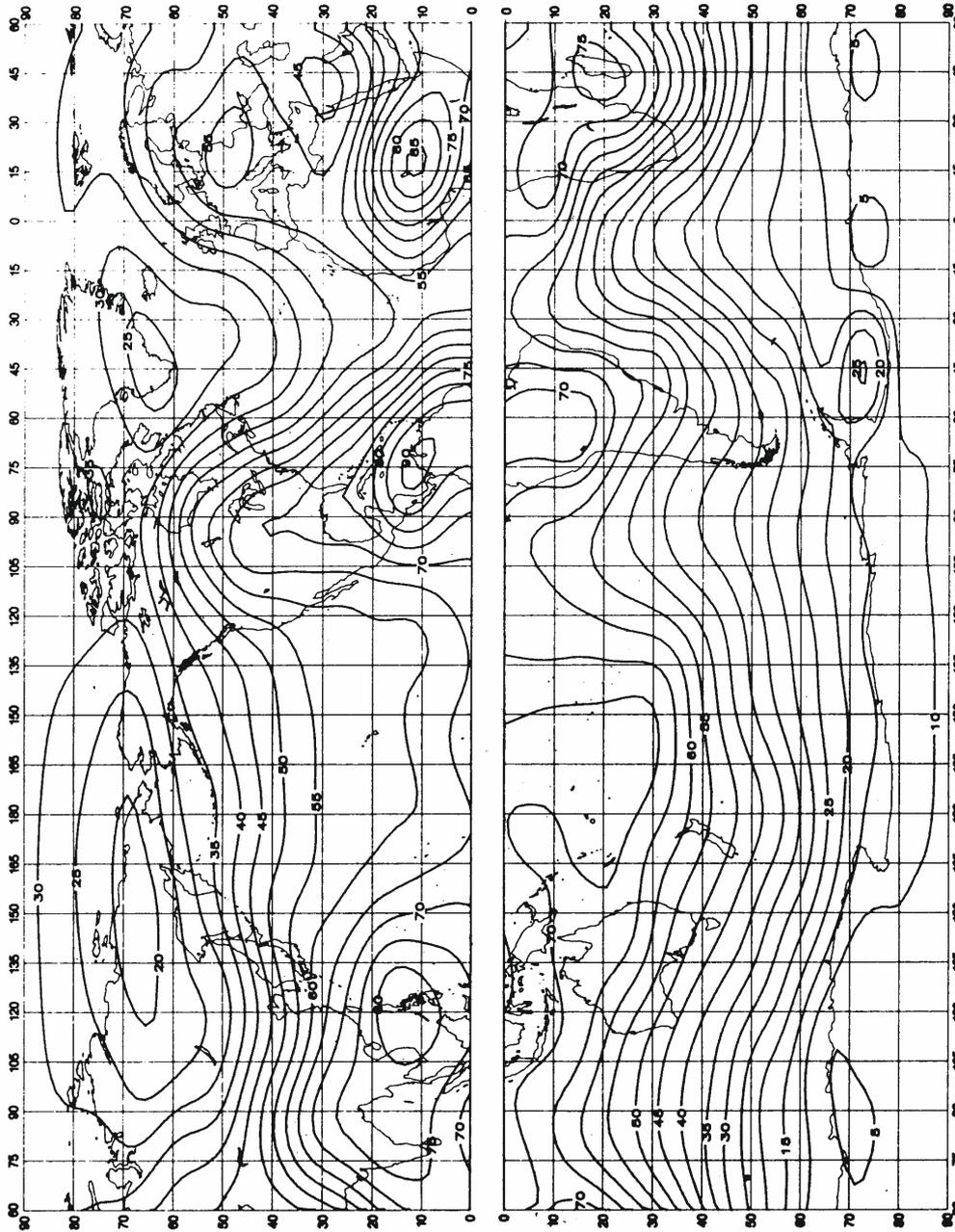


Véase la leyenda de la Fig. 13c

0372-25b

FIGURA 26a

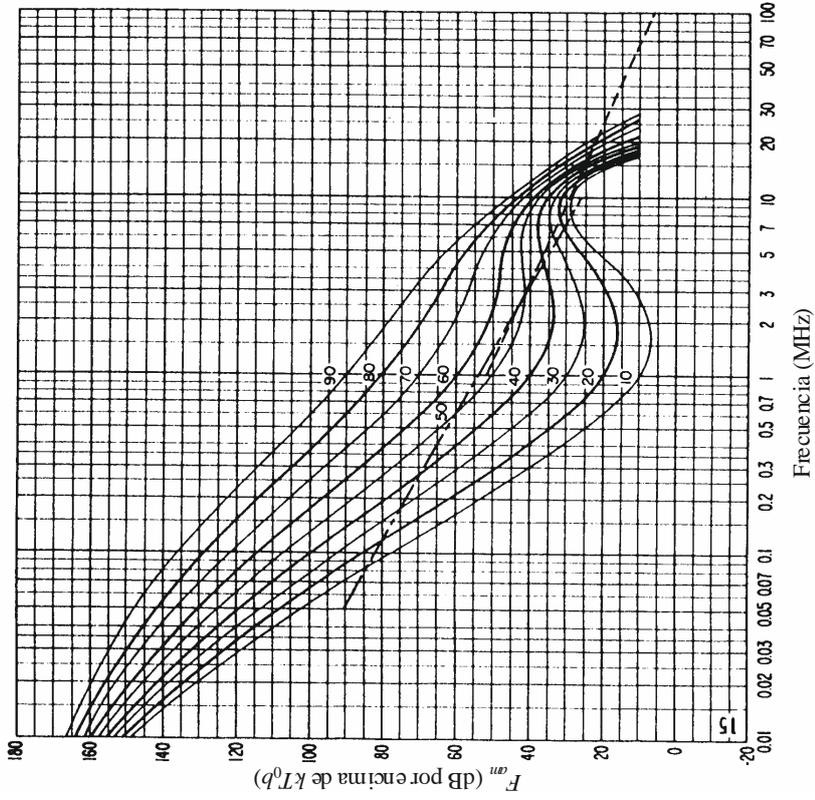
Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Verano; 0400-0800 hora local)



P.0372-26a

FIGURA 26b

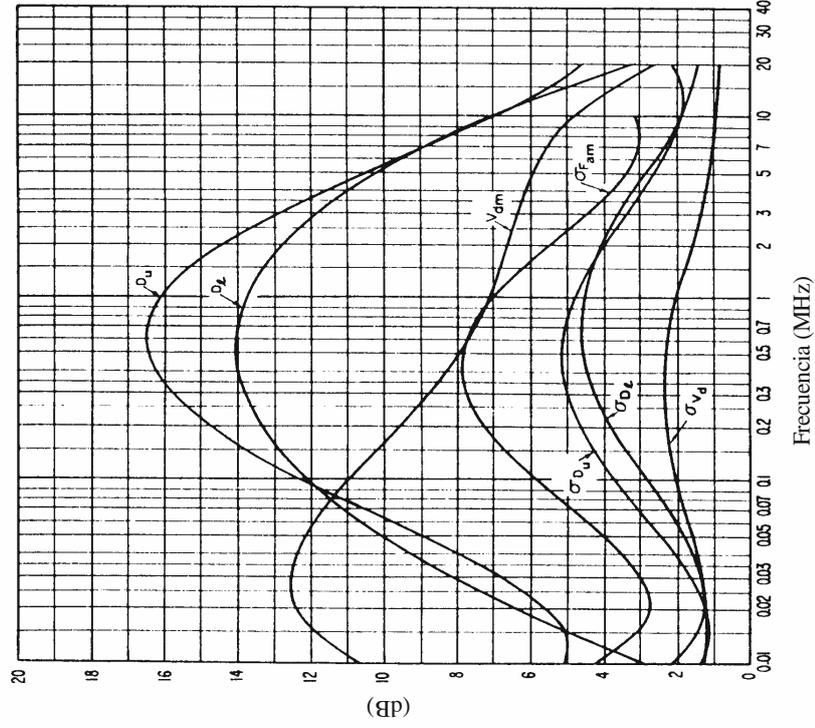
Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia  
(Verano; 0400-0800 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13b

FIGURA 26c

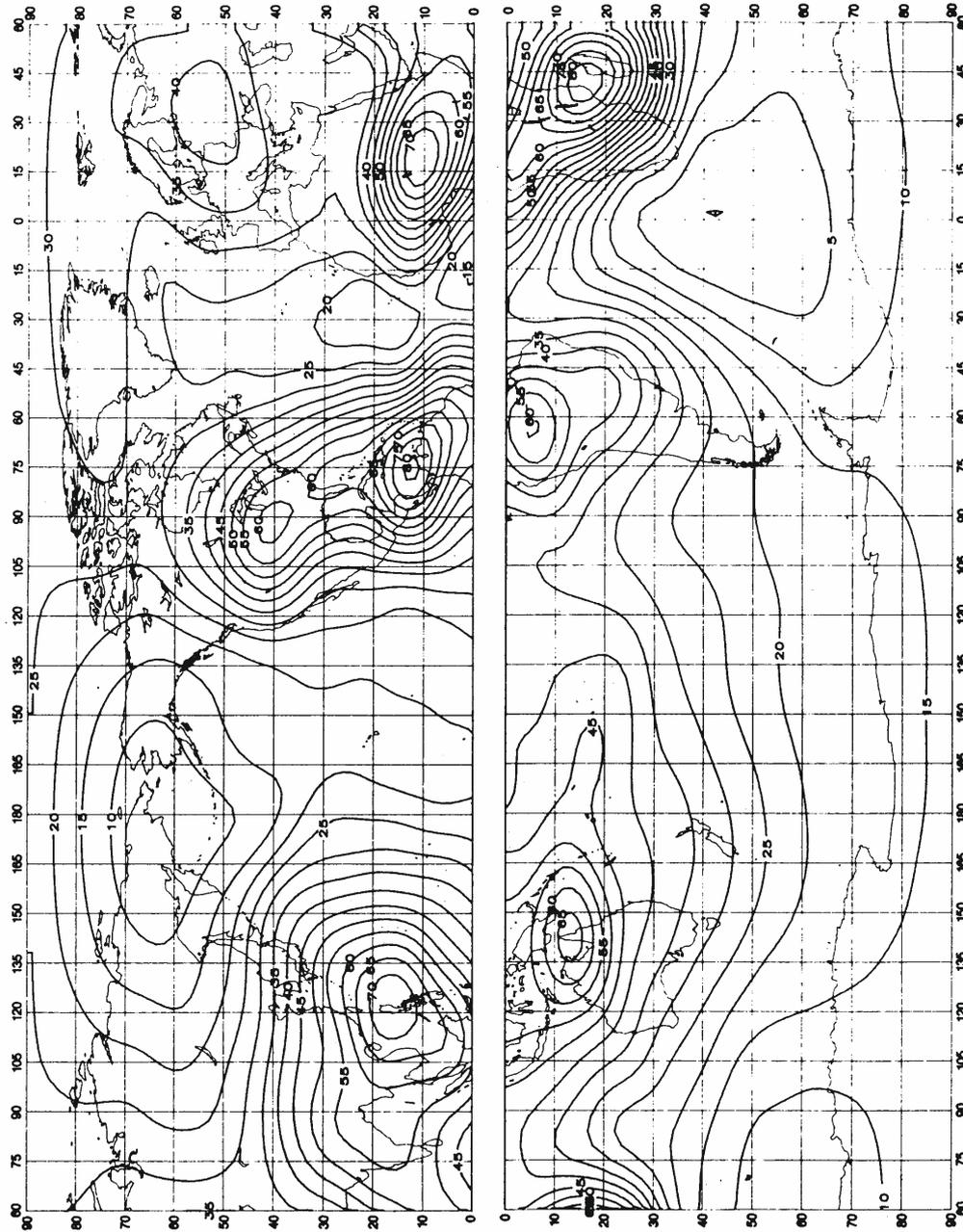
Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido  
(Verano; 0400-0800 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13c

FIGURA 27a

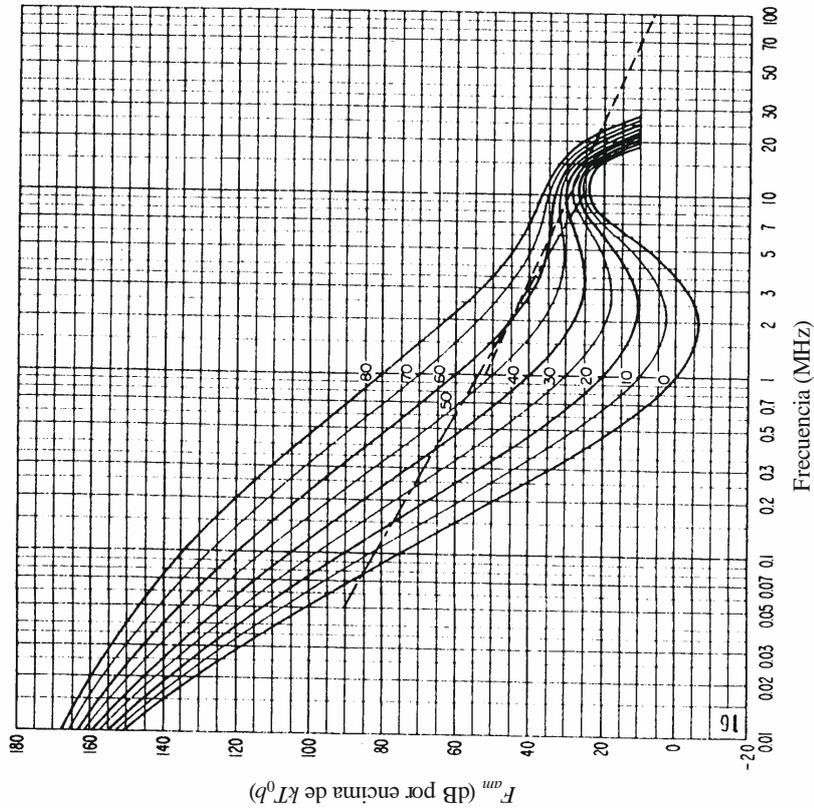
Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Verano; 0800-1200 hora local)



P.0372-27a

FIGURA 27b

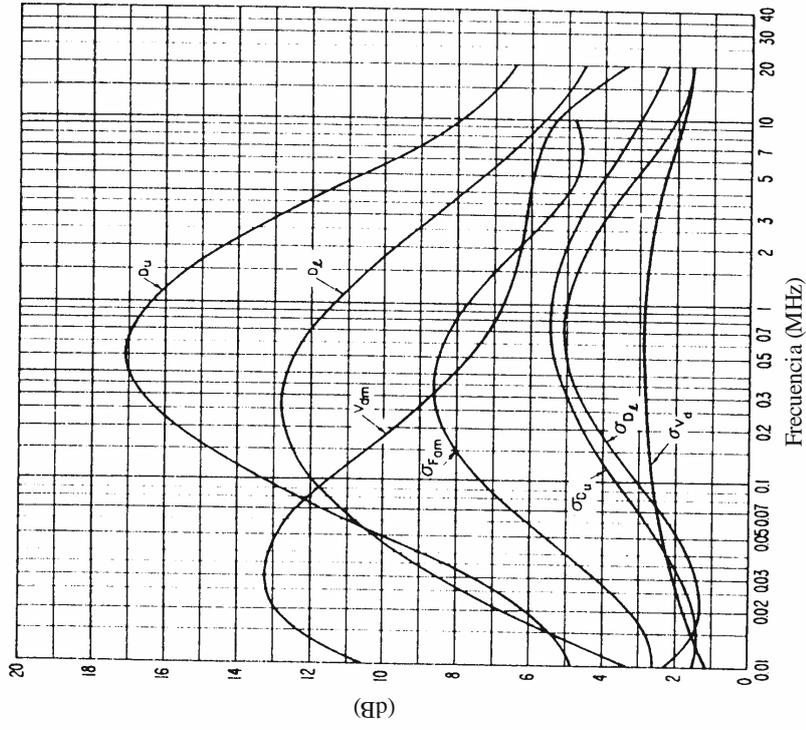
Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia  
(Verano; 0800-1200 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13b

FIGURA 27c

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido  
(Verano; 0800-1200 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13c

0372-27b

FIGURA 28a

Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Verano; 1200-1600 hora local)

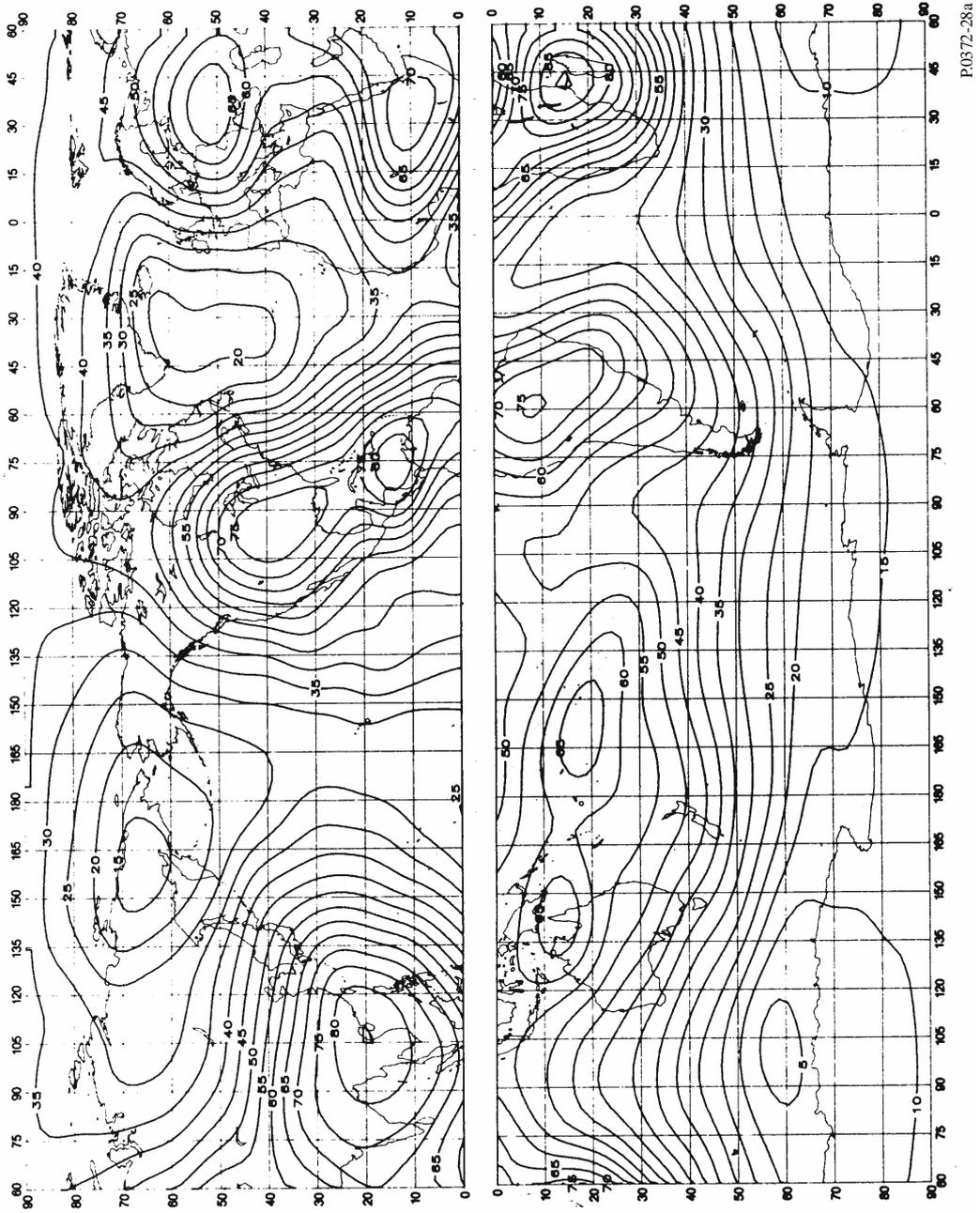
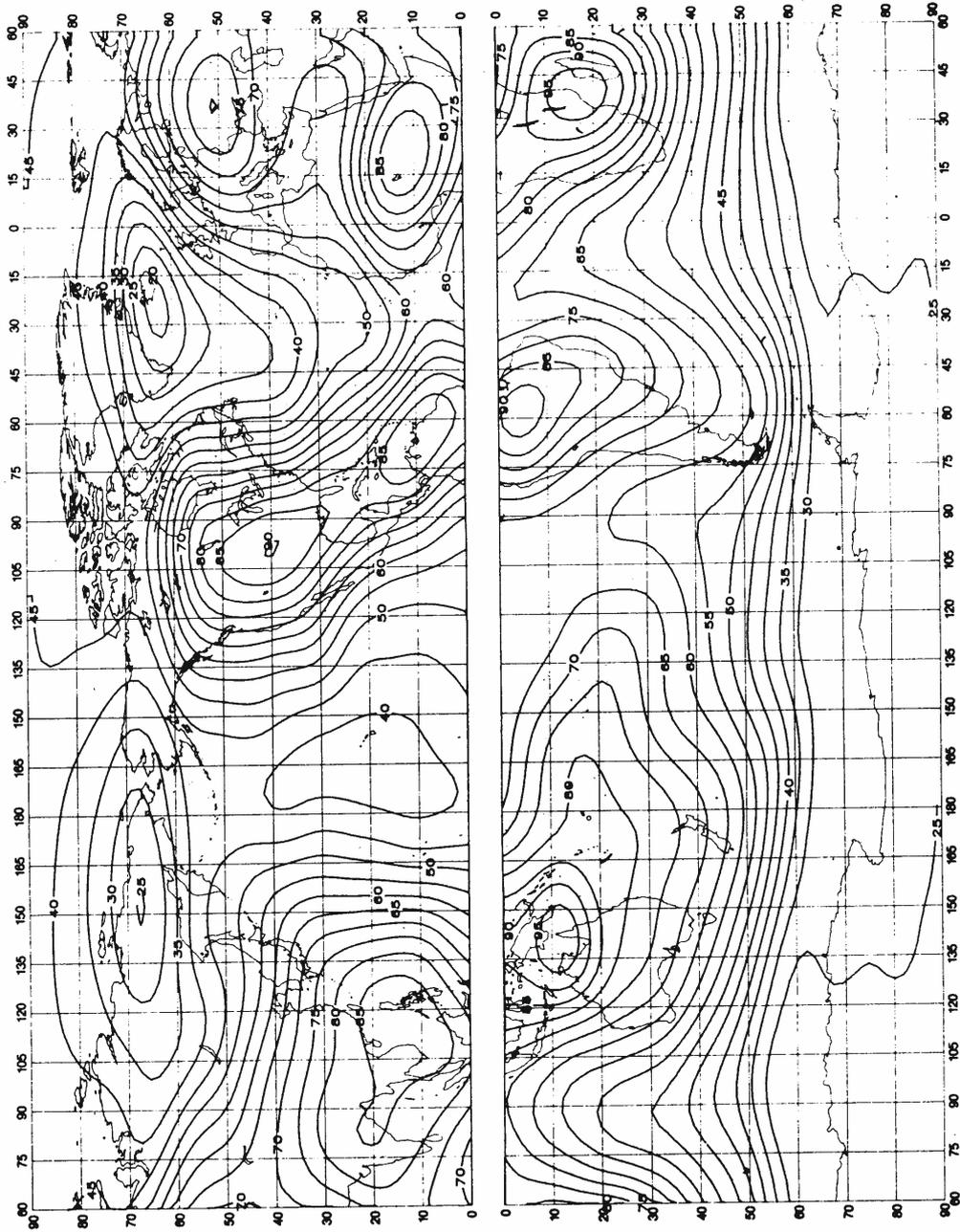




FIGURA 29a

Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Verano; 1600-2000 hora local)

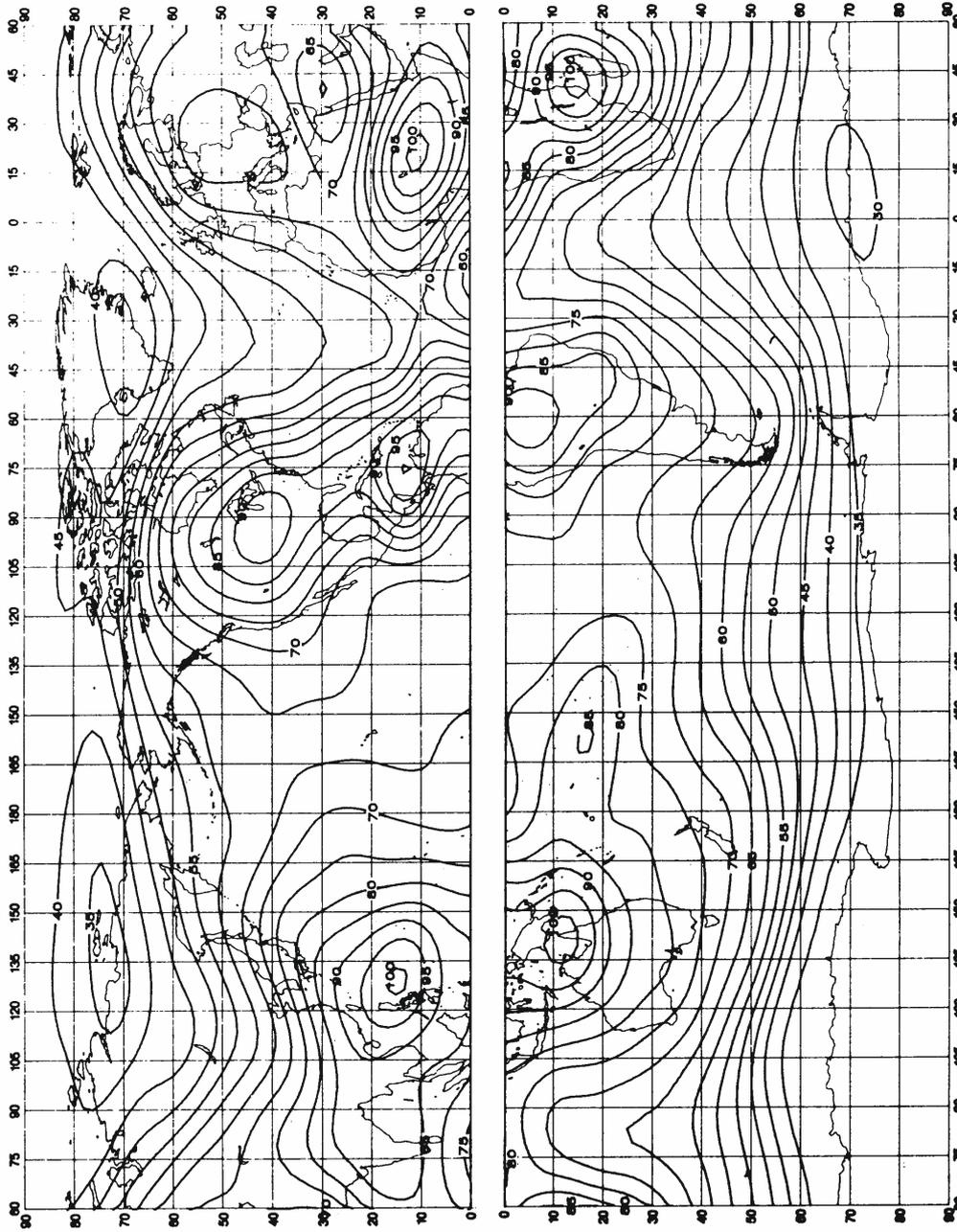


P.0372-29a



FIGURA 30a

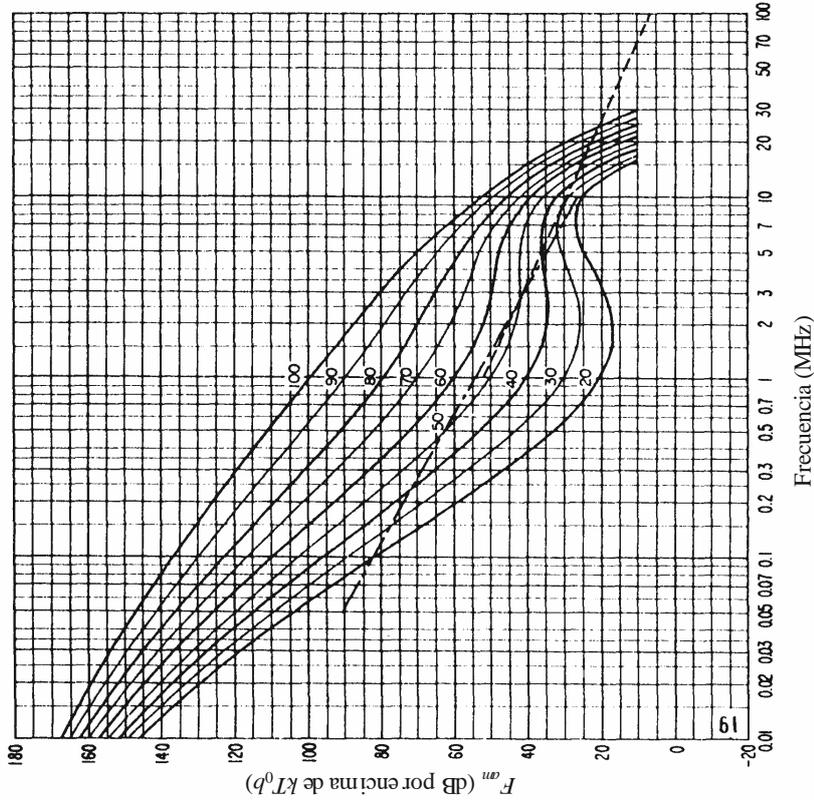
Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Verano; 2000-2400 hora local)



P.0372-30a

FIGURA 30b

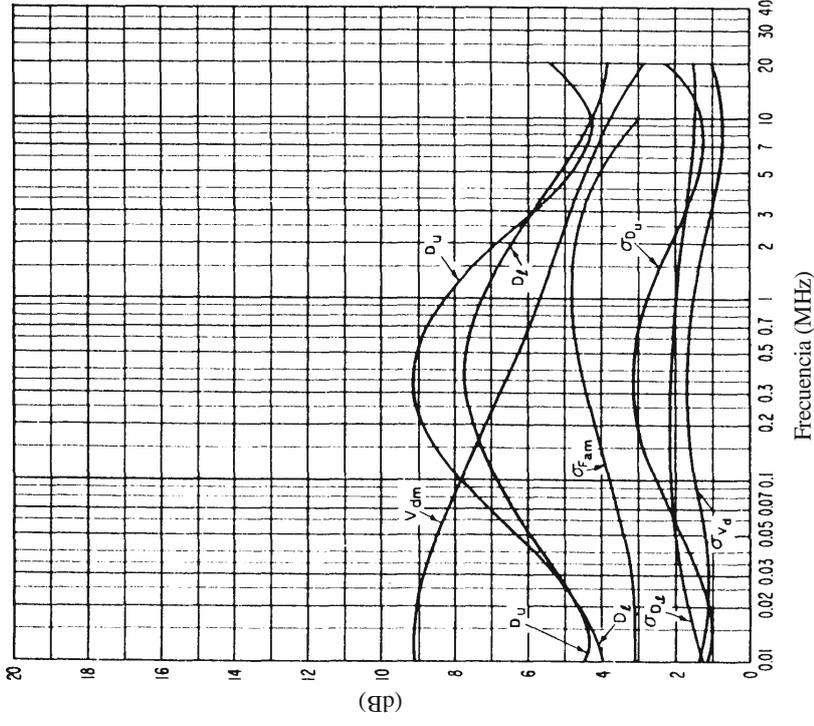
Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia  
(Verano; 2000-2400 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13b

FIGURA 30c

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido  
(Verano; 2000-2400 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13c

R0372-30b

FIGURA 31a

Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Otoño; 0000-0400 hora local)

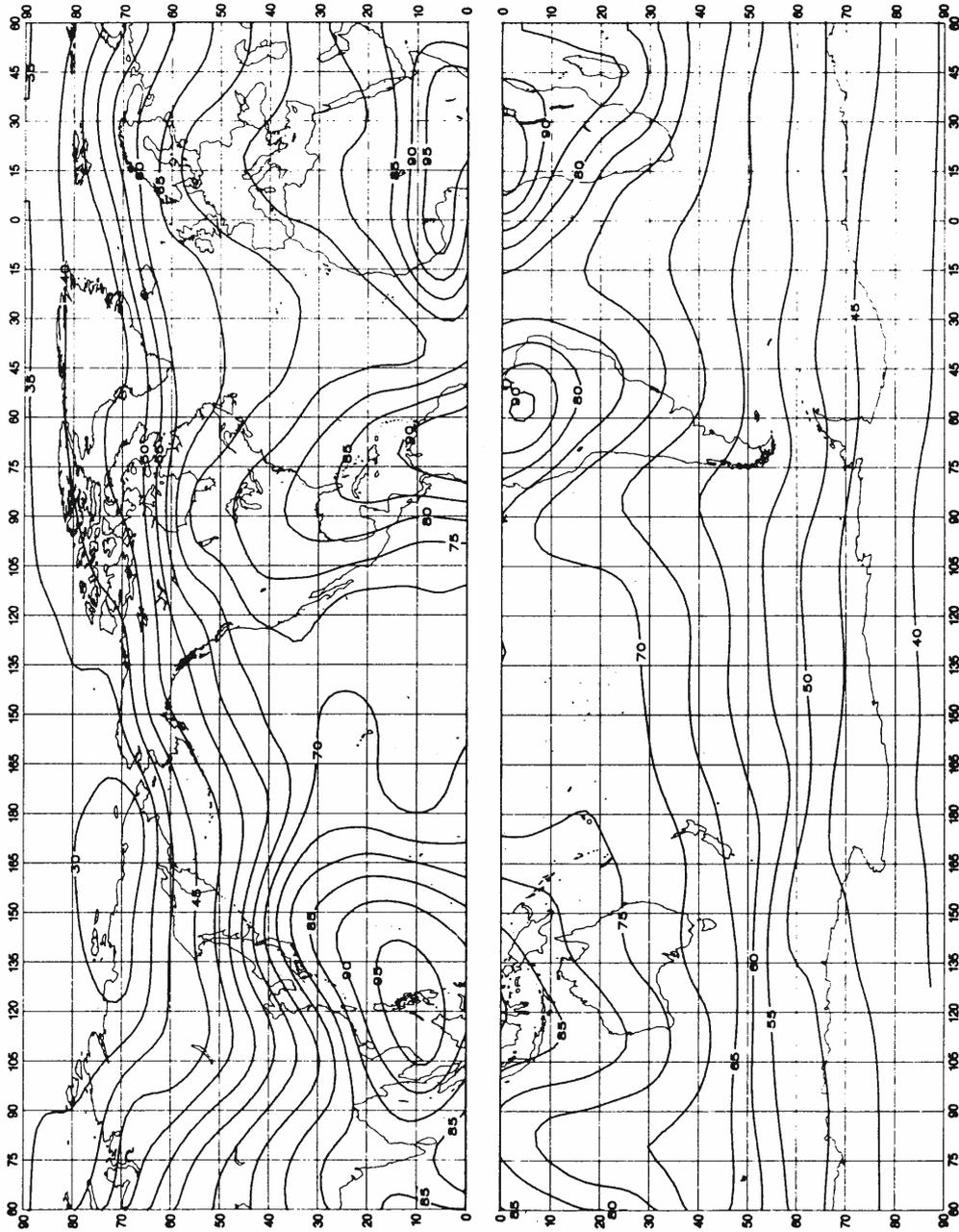
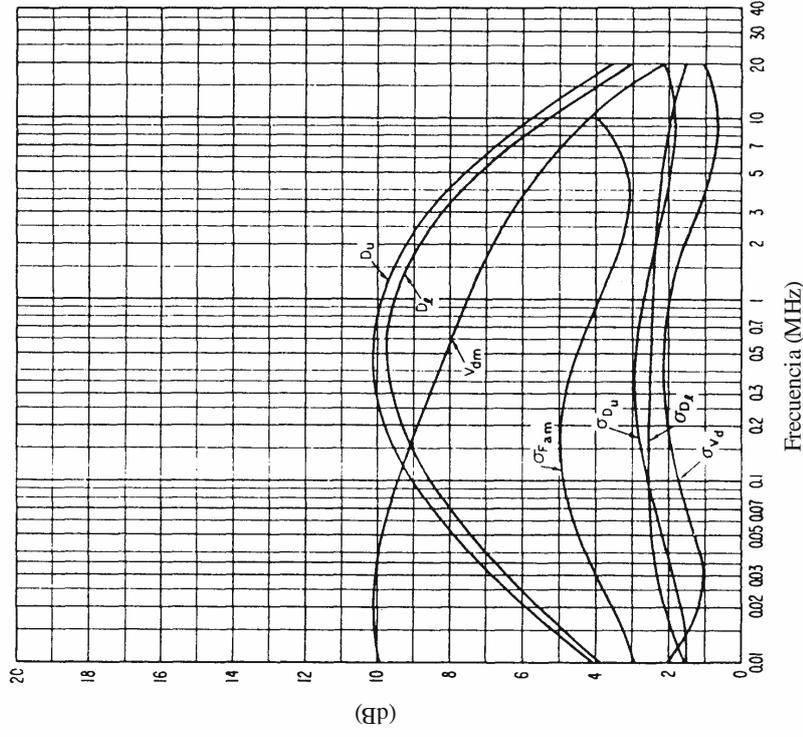


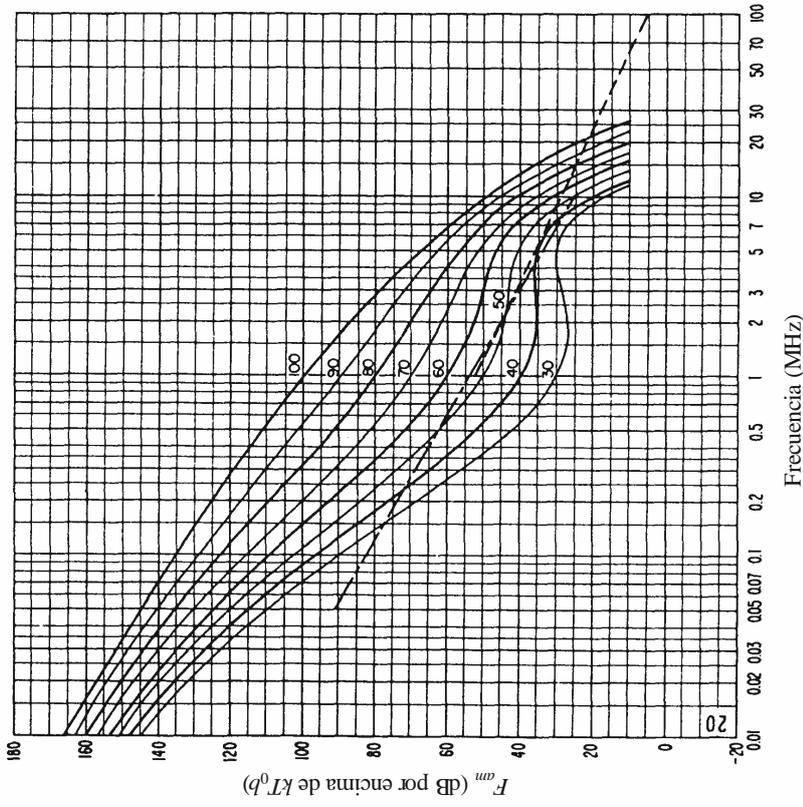
FIGURA 31c  
 Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido  
 (Otoño; 0000-0400 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13c

P.0372-31b

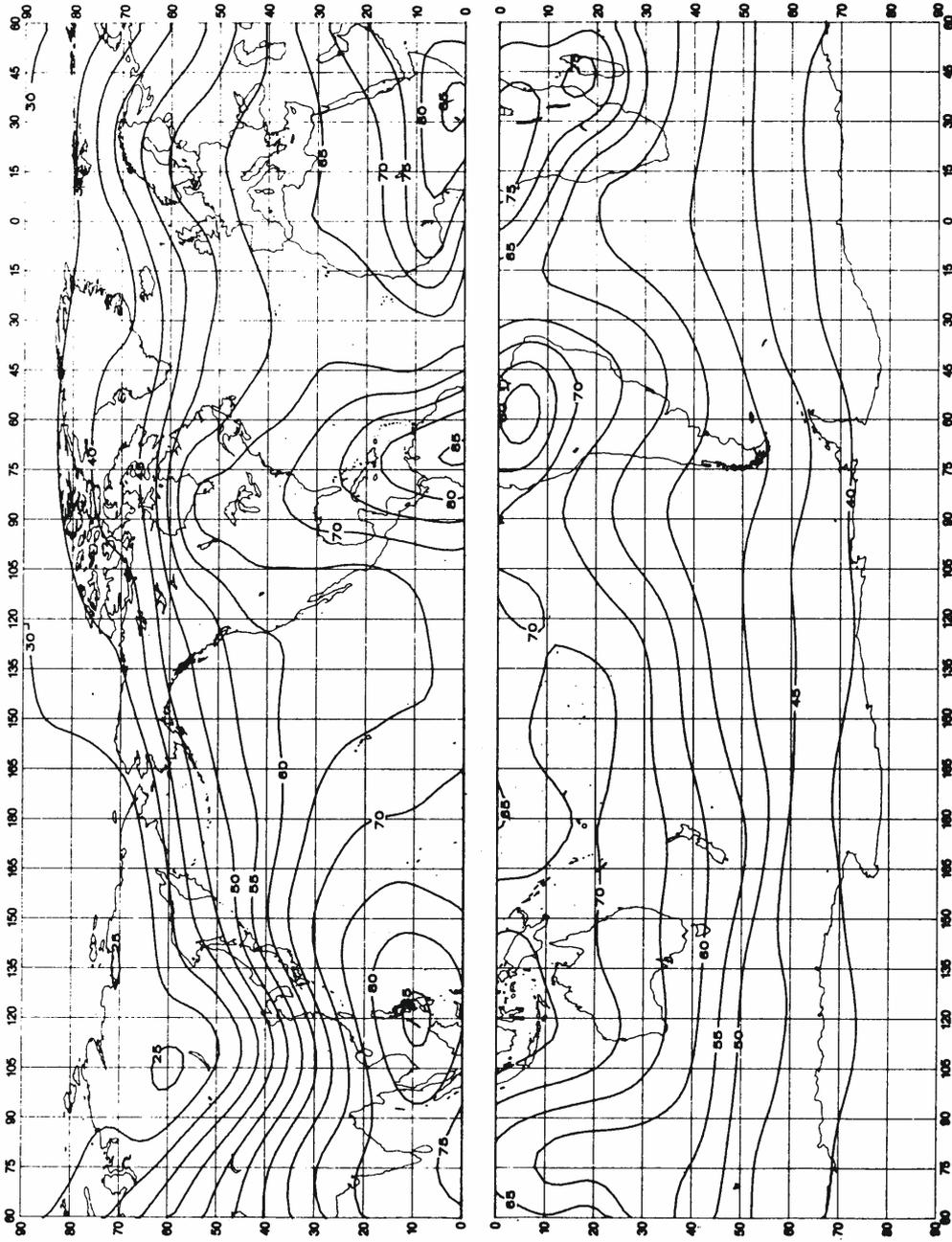
FIGURA 31b  
 Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia  
 (Otoño; 0000-0400 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13b

FIGURA 32a

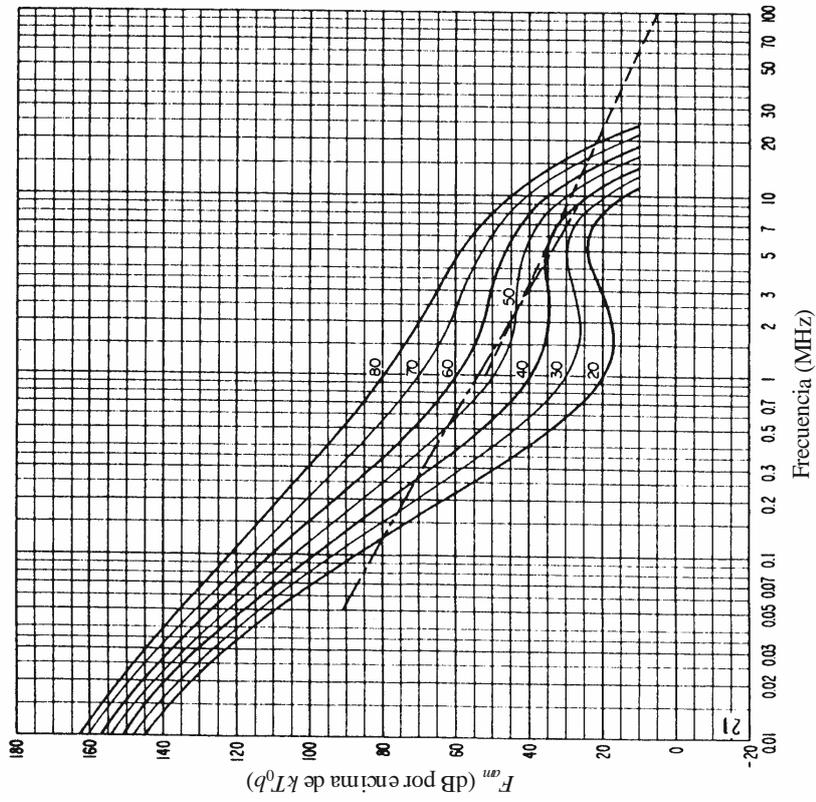
Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Otoño; 0400-0800 hora local)



P0372-32a

FIGURA 32b

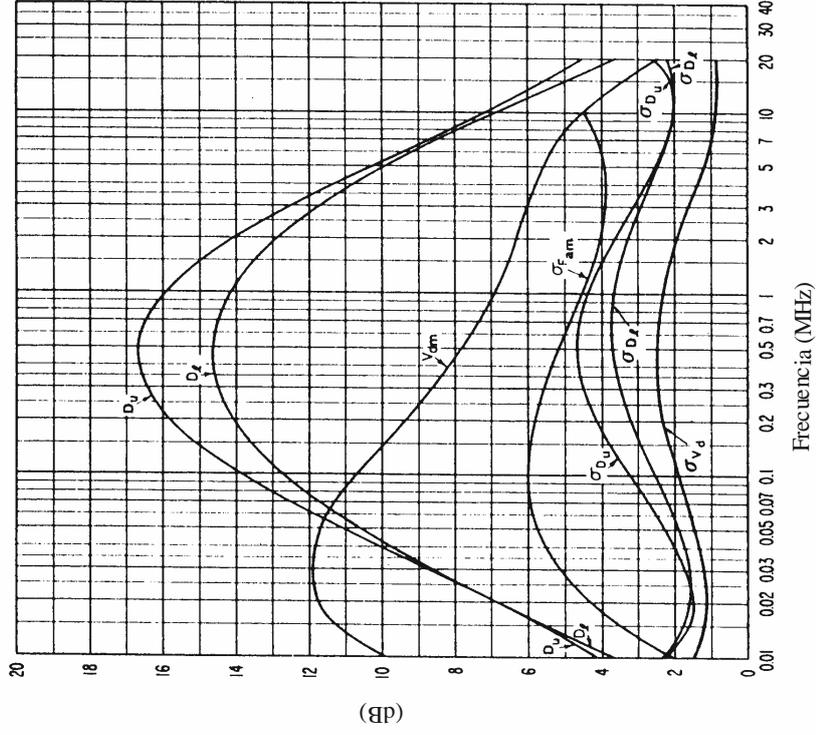
Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia  
(Otoño; 0400-0800 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13b

FIGURA 32c

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido  
(Otoño; 0400-0800 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13c

FIGURA 33a

Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Otoño; 0800-1200 hora local)

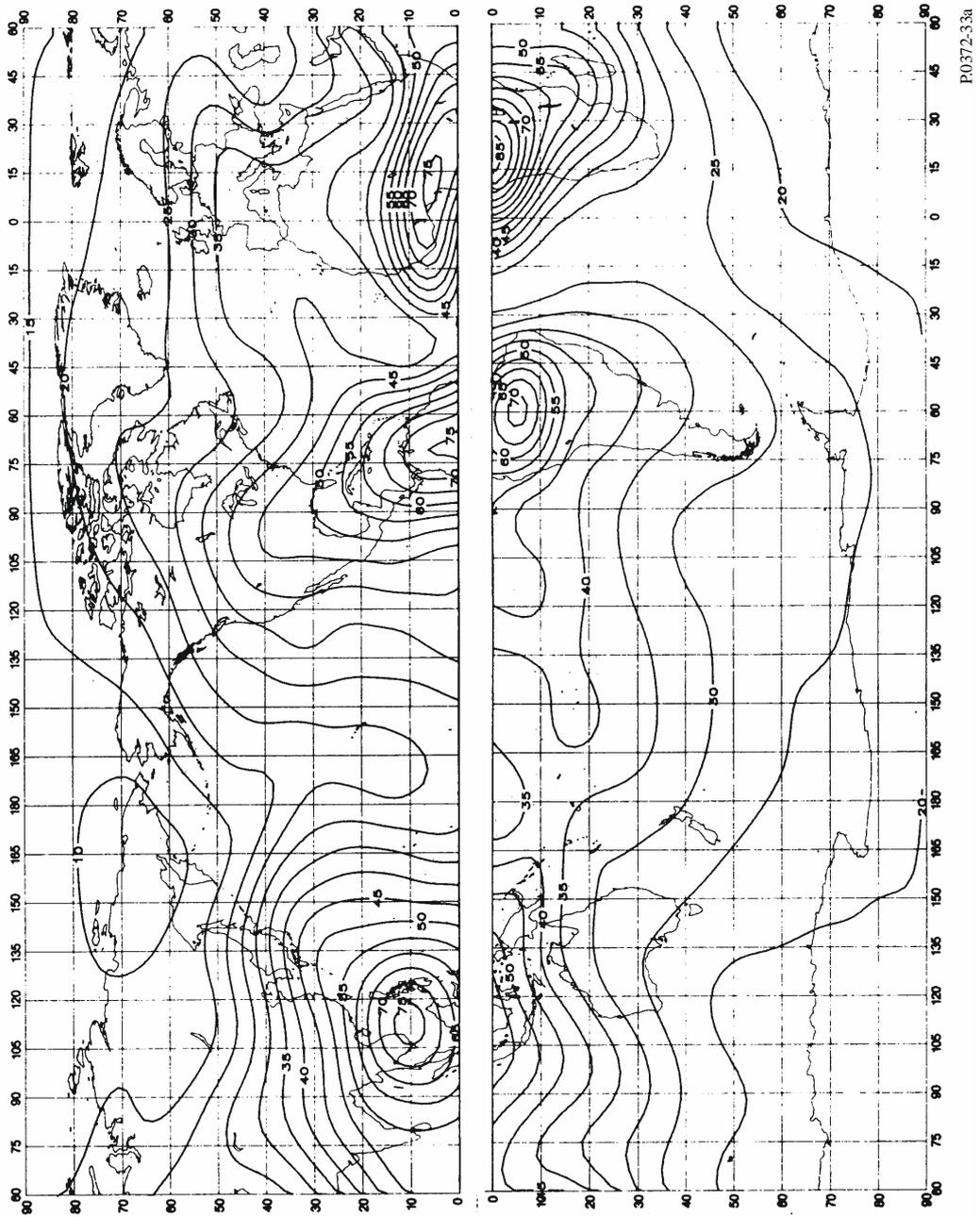
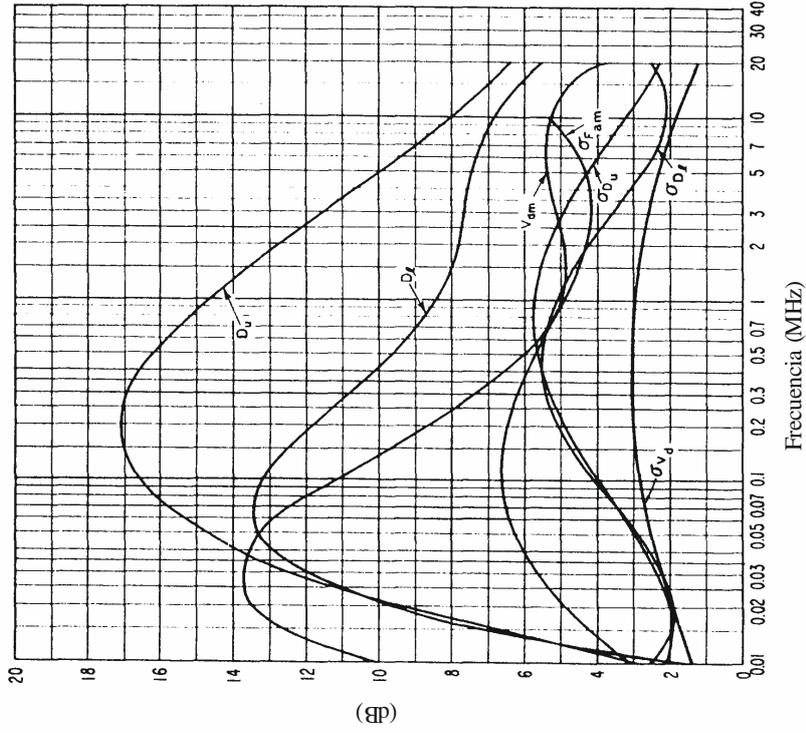


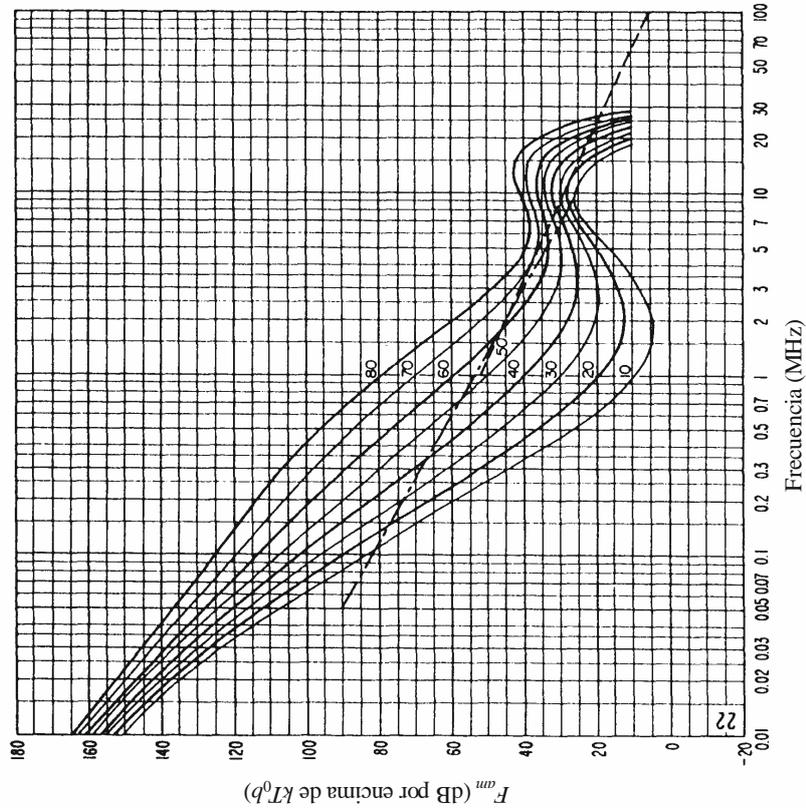
FIGURA 33c  
 Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido  
 (Otoño; 0800-1200 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13c

P0372-33b

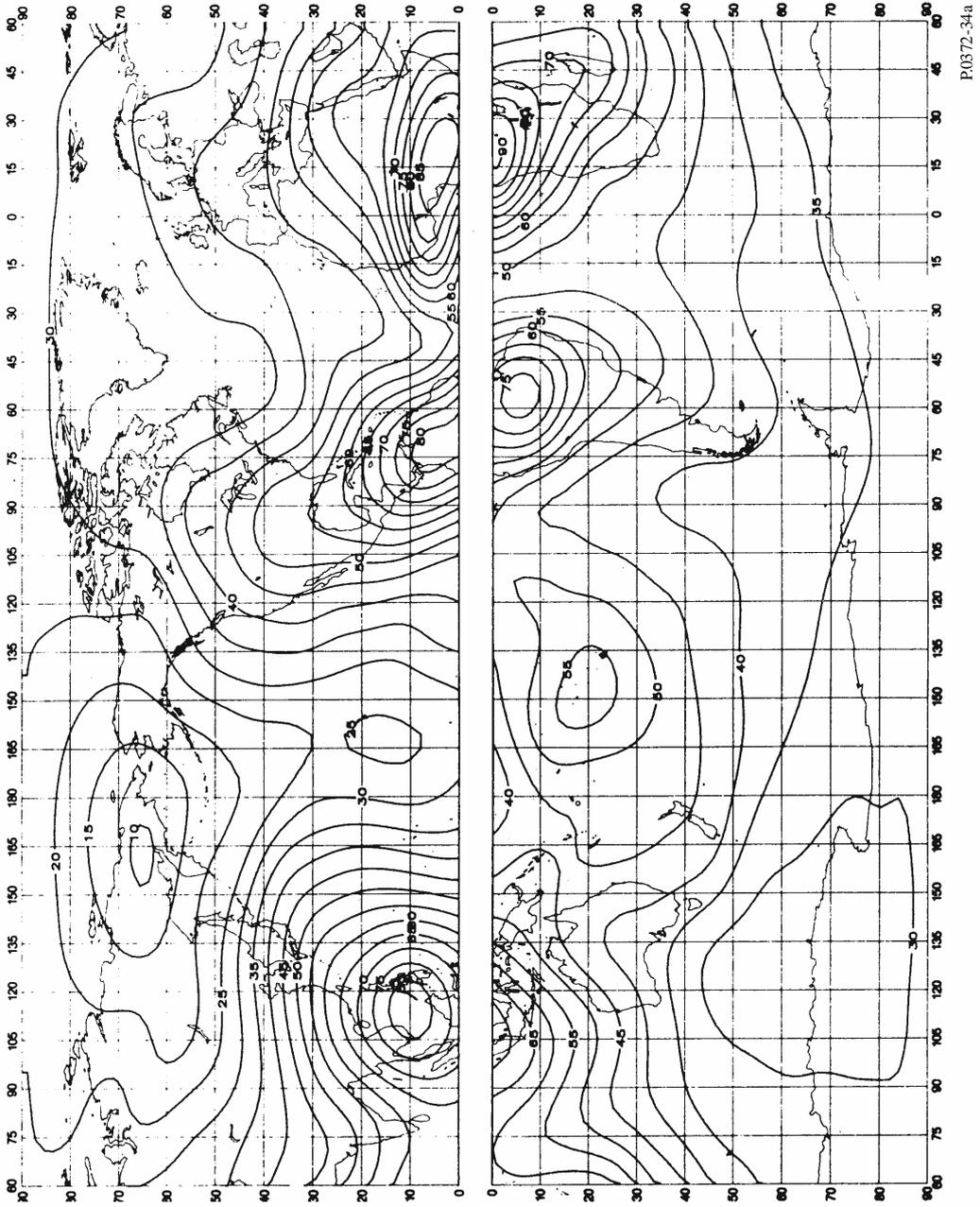
FIGURA 33b  
 Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia  
 (Otoño; 0800-1200 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13b

FIGURA 34a

Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Otoño; 1200-1600 hora local)

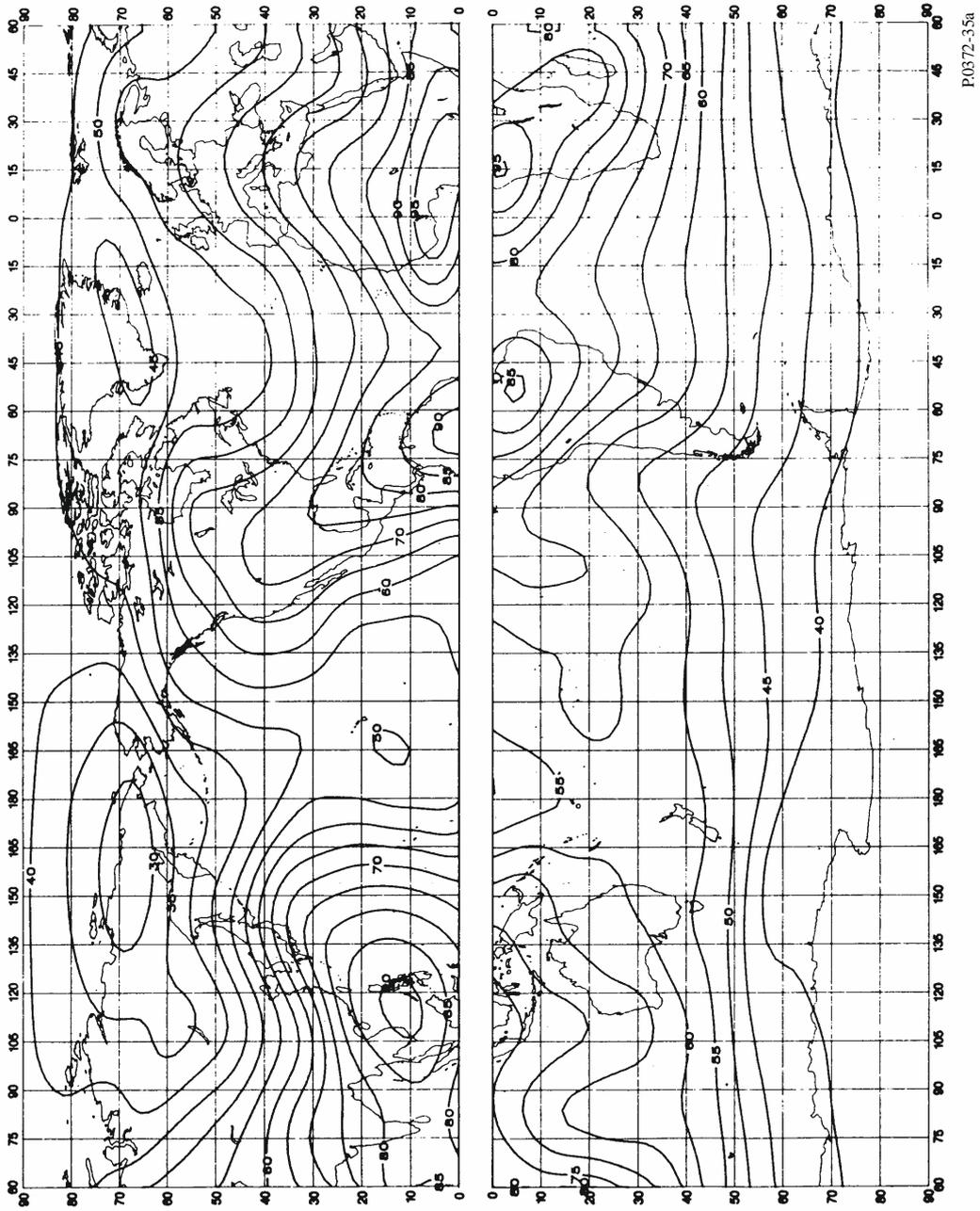


P.0372-34a



FIGURA 35a

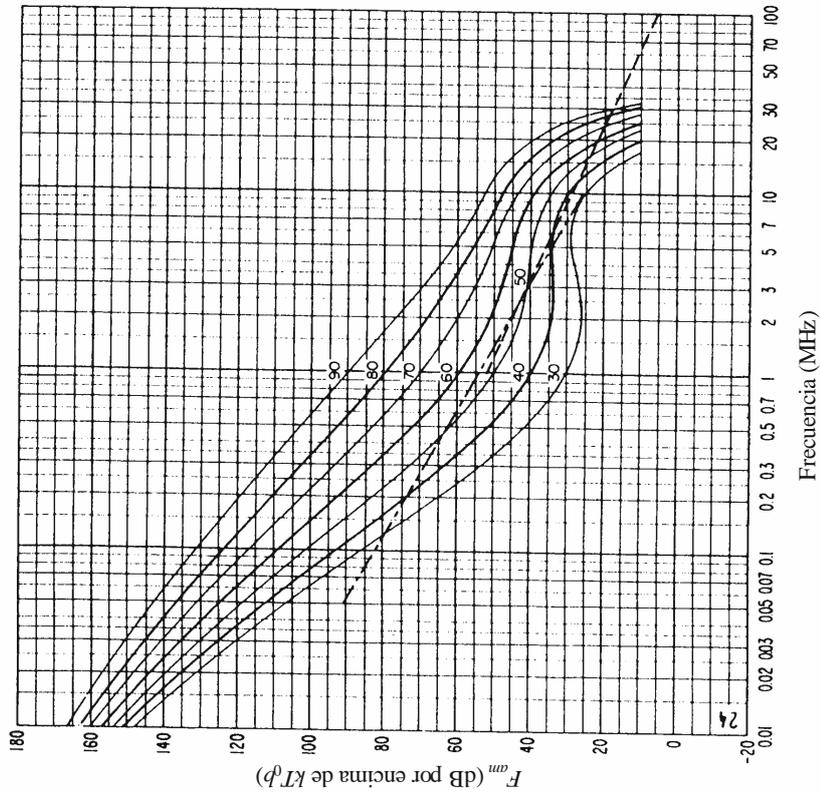
Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Otoño; 1600-2000 hora local)



P.0572-35a

FIGURA 35b

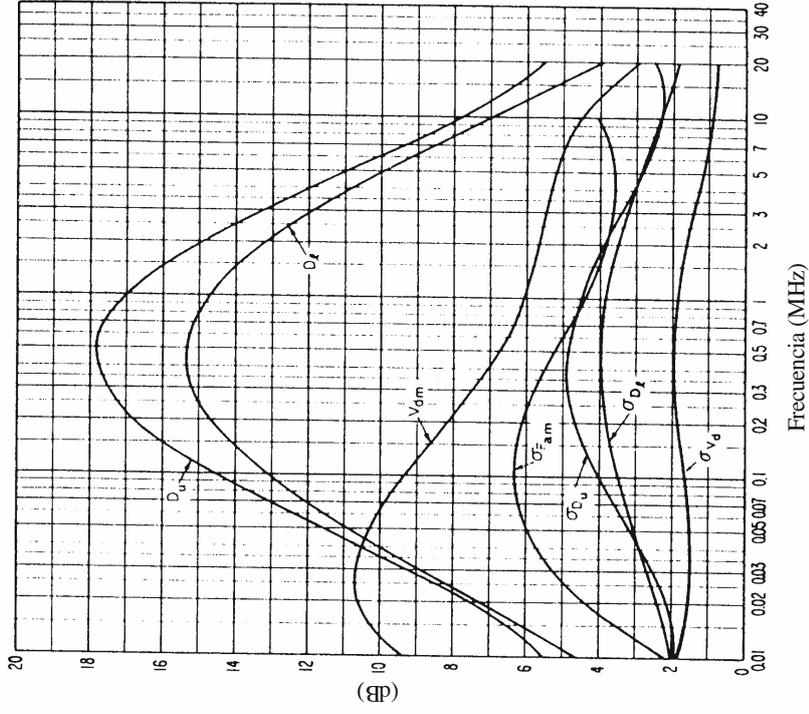
Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia  
(Otoño; 1600-2000 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13b

FIGURA 35c

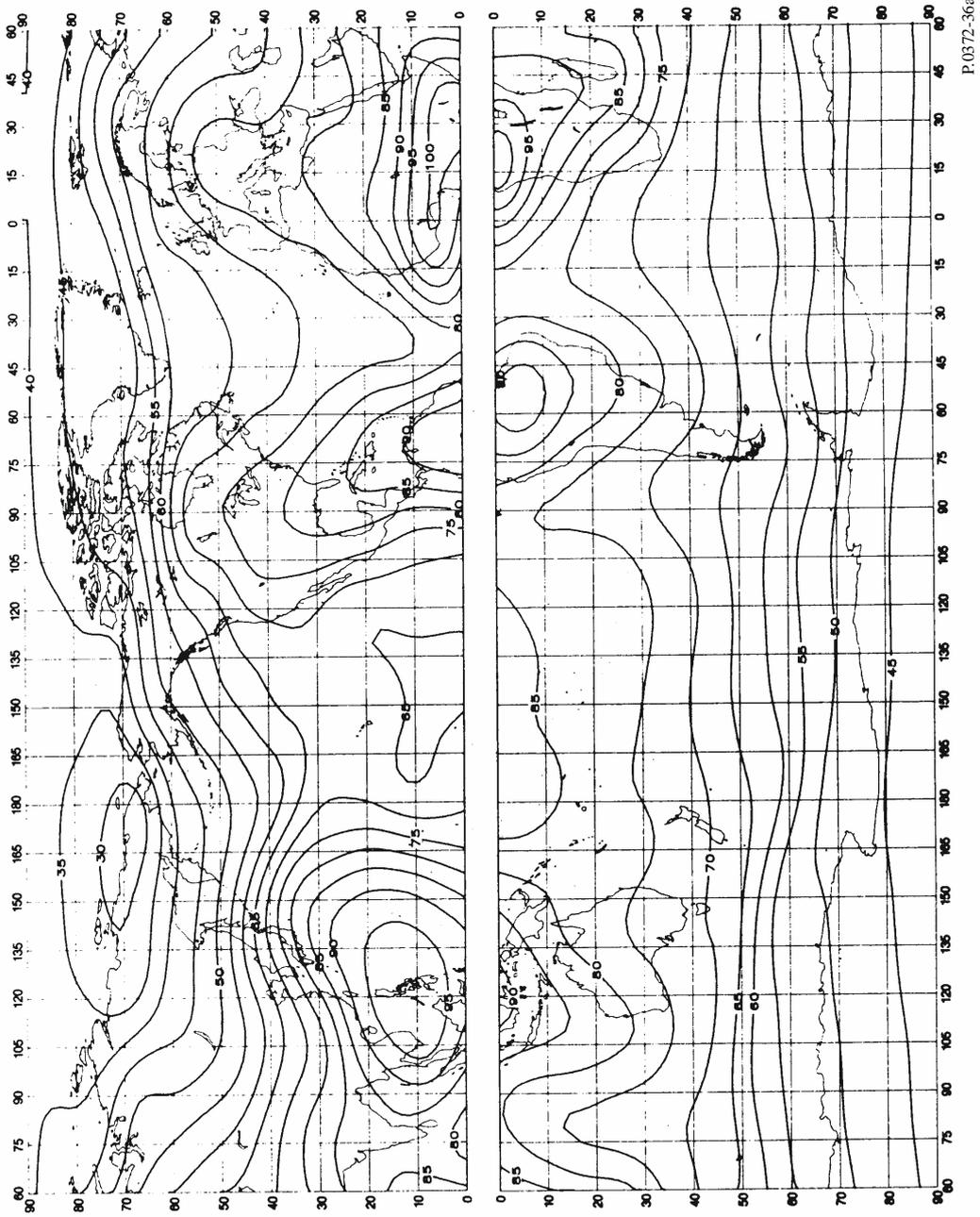
Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido  
(Otoño; 1600-2000 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13c

FIGURA 36a

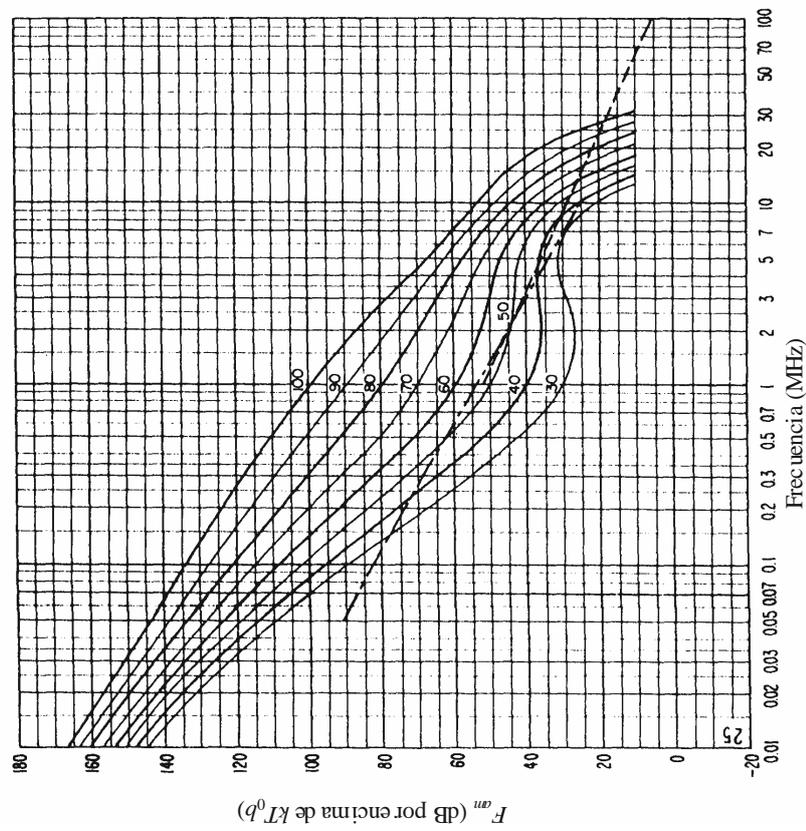
Valores probables del ruido atmosférico,  $F_{am}$ , en dB por encima de  $kT_0b$  en 1 MHz  
(Otoño; 2000-2400 hora local)



P.0372-36a

FIGURA 36b

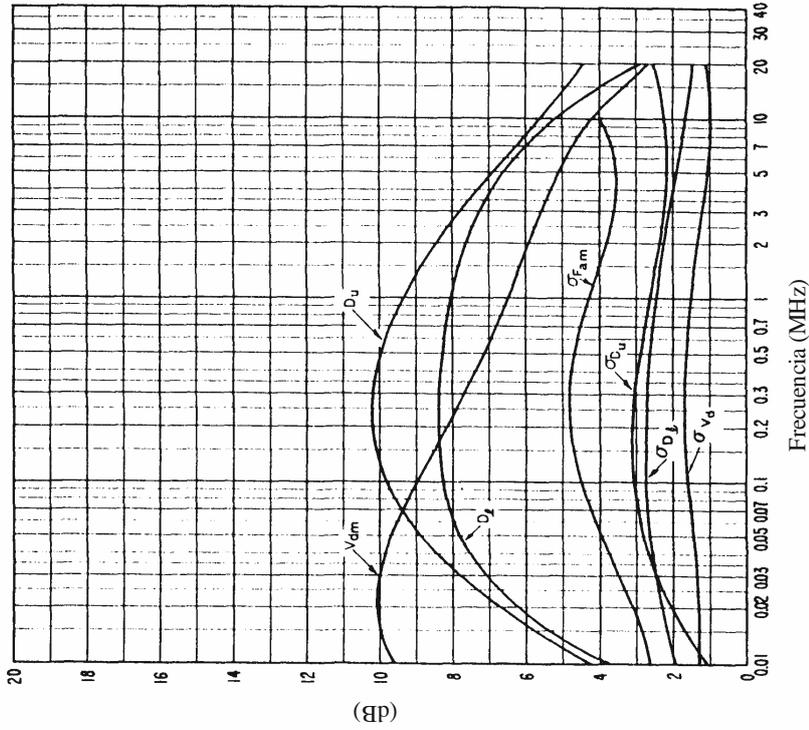
Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia  
(Otoño; 2000-2400 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13b

FIGURA 36c

Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido  
(Otoño; 2000-2400 hora local)



Véase la leyenda de la Fig. 13c

FIGURA 37  
Distribuciones de la probabilidad de amplitud del ruido radioeléctrico atmosférico para diversos valores de  $V_d$

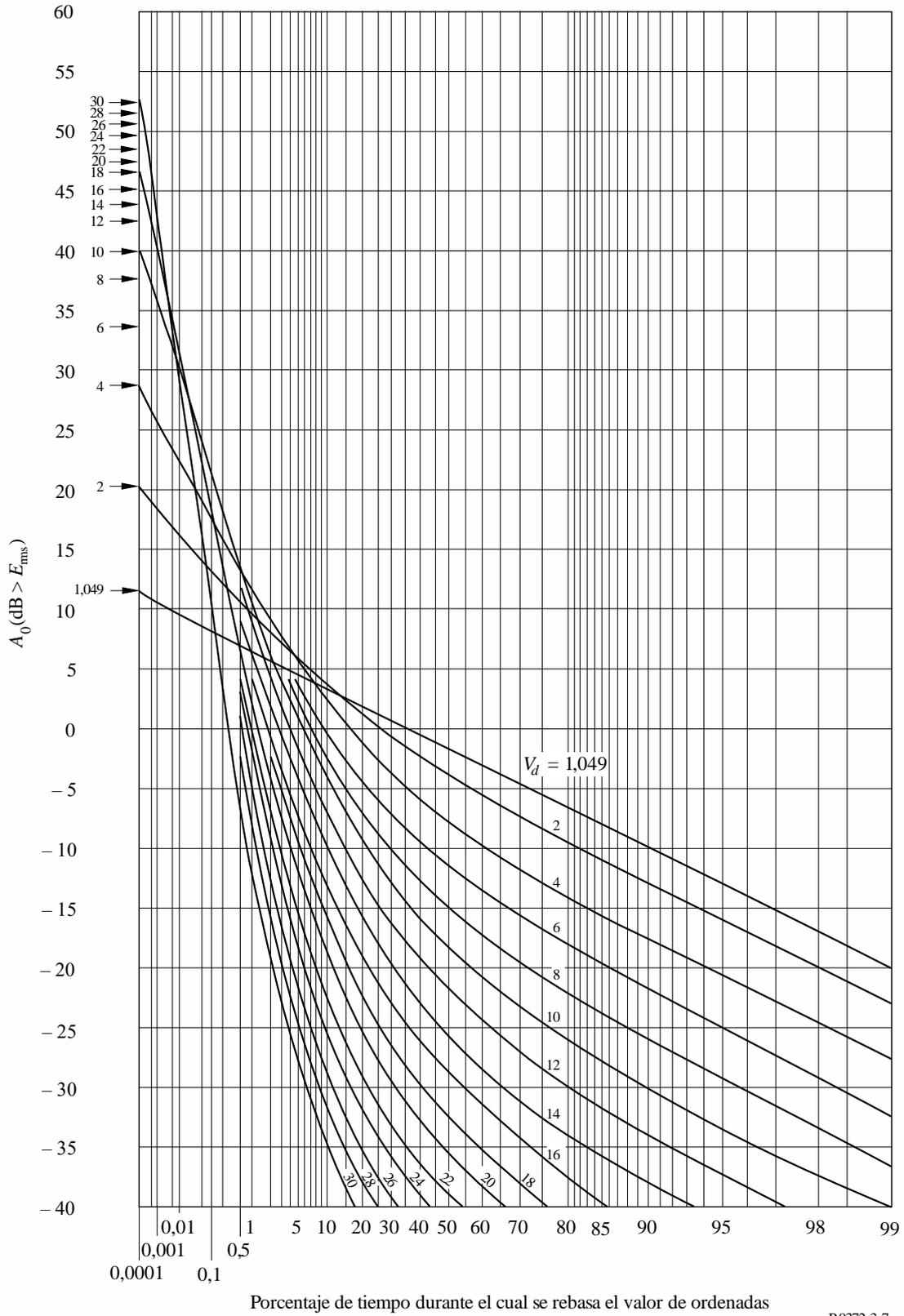
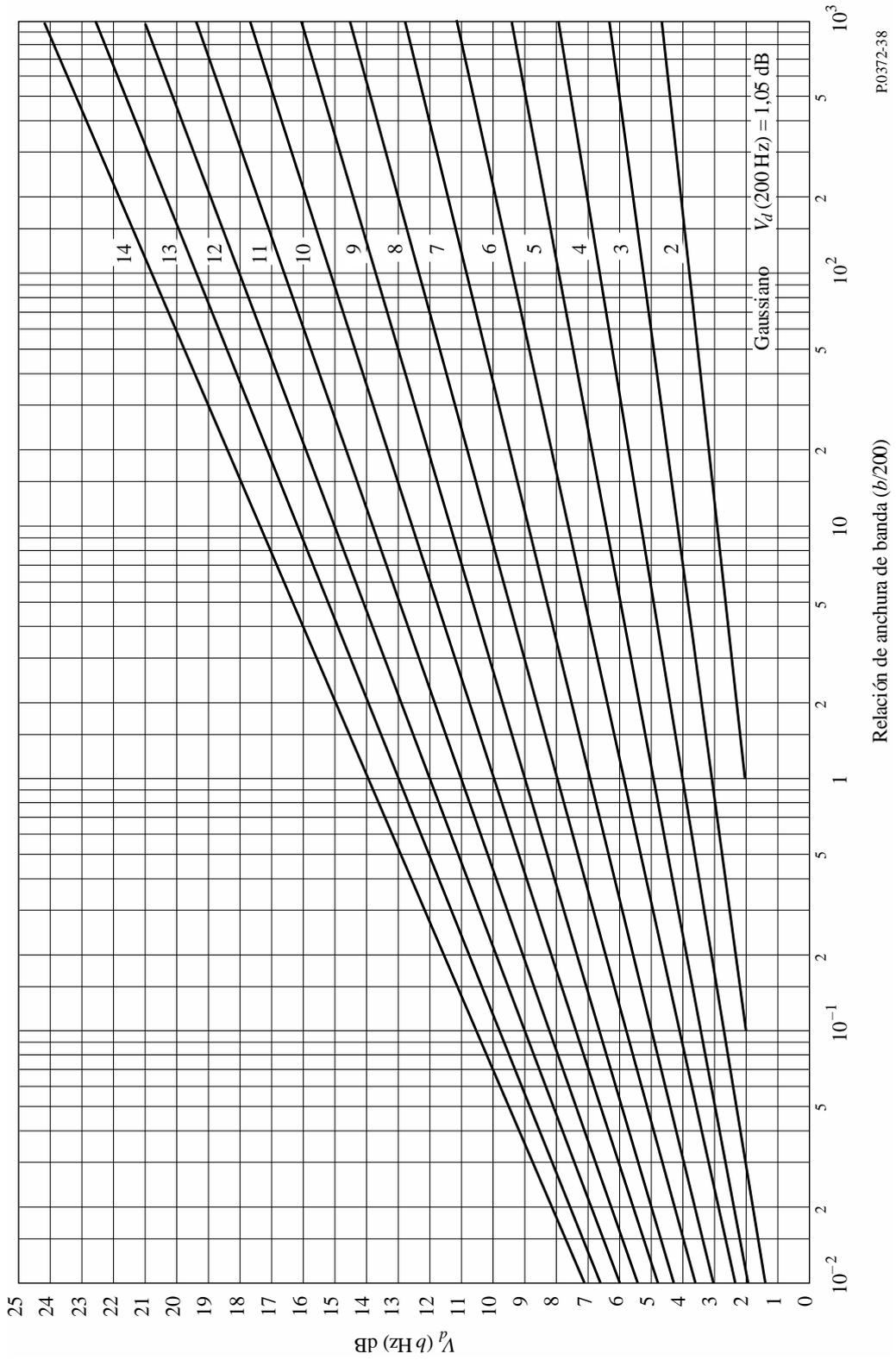


FIGURA 38

Conversión de  $V_d$  para una anchura de banda de 200 Hz,  $V_{dm}$ , en valores para otras anchuras de banda,  $b$



P.0372-38

Relación de anchura de banda ( $b/200$ )

## PARTE 6

**Ruido artificial**

6.1 En la Fig. 39 se representan los valores medianos de la potencia de ruido<sup>1</sup> artificial procedente de un cierto número de entornos exteriores típicos. La Figura incluye también una curva para el ruido galáctico (véase la Parte 4).

En todos los casos, los resultados son coherentes con una variación lineal del valor mediano,  $F_{am}$ , con la frecuencia  $f$  de la siguiente forma:

$$F_{am} = c - d \log f \quad (15)$$

Expresándose  $f$  (MHz) y dando a  $c$  y  $d$  los valores indicados en el Cuadro 1. Obsérvese que la ecuación (15) es válida en la gama de 0,3 a 250 MHz para todas las categorías del entorno excepto las de las Curvas D y E como se indica en la Figura.

Para las zonas urbanas, residenciales y rurales, en el Cuadro 2 se da la media, en la gama de frecuencias antes mencionada, de las desviaciones de los decilos  $D_u$  y  $D_l$ , de la potencia de ruido según el tiempo. Dicho Cuadro contiene también valores de la desviación según el emplazamiento. Cabe suponer que esas variaciones no están correlacionadas y que unas distribuciones log-normal a cada lado de la mediana son adecuadas. Esos valores se midieron en el decenio de 1970 y pueden cambiar con el correr del tiempo, en función de las actividades que podrían generar ruido artificial.

Los datos sobre ruido artificial indicados anteriormente proceden de mediciones efectuadas hace algunos años. Las mediciones correspondientes efectuadas en Europa en 2006-2007 y en Japón en 2009-2011 han confirmado en general los factores de ruido mencionados. Estos resultados se facilitan en los Cuadros 3 a 5.

## CUADRO 1

**Valores de las constantes  $c$  y  $d$** 

<b>Categoría del entorno</b>	<b><math>c</math></b>	<b><math>d</math></b>
Zona urbana (curva A)	76,8	27,7
Zona residencial (curva B)	72,5	27,7
Zona rural (curva C)	67,2	27,7
Zona rural tranquila (curva D)	53,6	28,6
Ruido galáctico (curva E)	52,0	23,0

<sup>1</sup> Para el ruido artificial, la presente Recomendación proporciona el factor de ruido externo, es decir, el componente del ruido que tiene una distribución gaussiana. Generalmente el ruido artificial posee un componente impulsivo y ello puede ser importante en cuanto afecta a la calidad de funcionamiento de las redes y sistemas radioeléctricos.

CUADRO 2

## Valores de las desviaciones de los decilos del ruido artificial

Categoría	Decilo	Variación con el tiempo (dB)	Variación con el emplazamiento (dB)
Zona urbana	Superior	11,0	8,4
	Inferior	6,7	8,4
Zona residencial	Superior	10,6	5,8
	Inferior	5,3	5,8
Zona rural	Superior	9,2	6,8
	Inferior	4,6	6,8

CUADRO 3

## Mediciones de ruido artificial exterior en Europa

Frecuencia (MHz)	Factor de ruido mediano $F_a$ (dB rel $k T_0 b$ )			Desviación del decilo superior			Desviación del decilo inferior		
	Urbano	Residencial	Rural	Urbano	Residencial	Rural	Urbano	Residencial	Rural
35	23	17	16	7	5	1	1,5	2	2
140	12	8	6	4	2	2	3	3,5	2
210	16	8	5	1	2	1	2	1	2
270	6	4	4	2	2	1	2	1	1
425	6	4	3	1	2	1	1	1	1

CUADRO 4

## Mediciones de ruido artificial exterior en Japón

Frecuencia (MHz)	Factor de ruido mediano $F_a$ (dB rel $k T_0 b$ )		Desviación del decilo superior		Desviación del decilo inferior	
	Urbano	Residencial	Urbano	Residencial	Urbano	Residencial
37	27,1	20,2	5,4	3,9	4,8	2,4
67	21,4	17,1	4,5	2,2	4,7	3,8
75	21,1	15,2	5,5	5,5	3,9	3,1
99	18,6	11,1	4,9	4,4	4,7	3,3
121	15,5	10,3	5,1	6,1	3,6	3,2
163	13,0	9,1	6,7	3,8	3,4	4,4
222	9,0	6,8	5,1	6,1	3,0	2,2
322	5,7	3,1	6,8	5,5	2,2	1,0

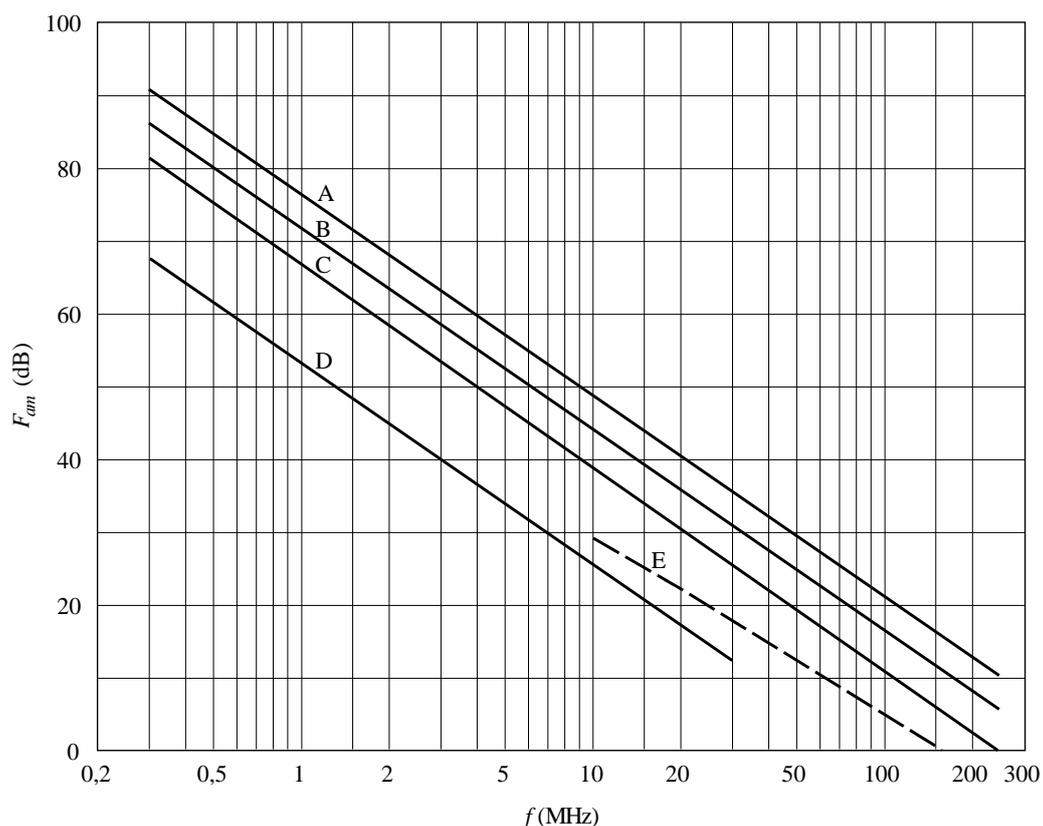
CUADRO 5

Mediciones de ruido artificial interior en Europa

Frecuencia (MHz)	Factor de ruido mediano $F_a$ (dB rel $k T_0 b$ )		Desviación del decilo superior		Desviación del decilo inferior	
	Urbano	Residencial	Urbano	Residencial	Urbano	Residencial
210	14	5	3	3	2	1
425	16	3	4	1	1	1

FIGURA 39

Valores medianos de la potencia de ruido artificial medidos con una antena monopolo vertical corta sin pérdidas y puesta a Tierra



Categoría del entorno:

- Curvas A: zona urbana
- B: zona residencial
- C: zona rural
- D: zona rural tranquila (aldeas)
- E: ruido galáctico (véase el § 6)

## PARTE 7

**Combinación de ruidos procedentes de varias fuentes****7.1 Combinación de ruidos procedentes de varias fuentes**

En algunas ocasiones es preciso considerar más de un tipo de ruido, puesto que dos o más son de intensidad comparable. Esto puede suceder a cualquier frecuencia en general, pero ocurre más a menudo en ondas decamétricas donde los ruidos atmosférico, artificial y galáctico pueden ser comparables (por ejemplo, Fig. 2, 10 MHz).

Se da por supuesto que los factores de ruido para cada una de las fuentes de ruido definidas *supra* (valores  $F_a$  expresados en decibeles), tienen una distribución representada por dos distribuciones seminormales a cada lado del valor  $F_{am}$  mediano. La distribución seminormal más baja tiene una desviación típica  $\sigma_l (= D_l/1,282)$  por debajo de la mediana y la distribución seminormal más alta, una desviación típica  $\sigma_u (= D_u/1,282)$  por encima de la mediana. Los factores de ruido correspondientes (valores  $f_a$  expresados en vatios) tienen distribuciones log-normales a cada lado de la mediana.

La mediana,  $F_{amT}$ , y la desviación típica,  $\sigma_T$ , del factor de ruido para la suma de dos o más procesos de ruido vienen dados por:

$$F_{amT} = c \left[ \ln(\alpha_T) - \frac{\sigma_T^2}{2c^2} \right] \quad \text{dB} \quad (16)$$

$$\sigma_T = c \sqrt{\ln \left( 1 + \frac{\beta_T}{\alpha_T^2} \right)} \quad \text{dB} \quad (17)$$

donde:

$$c = 10/\ln(10) = 4,343 \quad (18)$$

$$\alpha_T = \sum_{i=1}^n \alpha_i = \sum_{i=1}^n \exp \left[ \frac{F_{ami}}{c} + \frac{\sigma_i^2}{2c^2} \right] \quad \text{W} \quad (19)$$

$$\beta_T = \sum_{i=1}^n \alpha_i^2 \left[ \exp \left( \frac{\sigma_i^2}{c^2} \right) - 1 \right] \quad \text{W}^2 \quad (20)$$

y  $F_{ami}$  y  $\sigma_i$  son la mediana y la desviación típica de los factores de ruido de las fuentes componentes del ruido. Para el ruido atmosférico, se han obtenido de las Figs. 13 a 36; para el ruido artificial, de la Fig. 10 y del Cuadro 2. Para el ruido galáctico,  $F_{am}$  viene dado por la ecuación (13) y  $\sigma_i$  se fija a 1,56 dB ( $= 2/1,282$ ).

La desviación del decilo superior,  $D_{uT}$ , del factor de ruido para la suma de dos o más procesos de ruido viene dada por:

$$D_{uT} = 1,282 \sigma_T \quad \text{dB} \quad (21)$$

donde  $\sigma_T$  se calcula utilizando las desviaciones del decilo superior de los componentes de ruido para calcular  $\sigma_i (= D_u/1,282)$  en las ecuaciones (19) y (20).

La desviación del decilo inferior,  $D_{IT}$ , del factor de ruido para la suma de dos o más procesos de ruido viene dada por:

$$D_{IT} = 1,282 \sigma_T \quad \text{dB} \quad (22)$$

donde  $\sigma_T$  se calcula utilizando las desviaciones del decilo inferior de los componentes de ruido para calcular  $\sigma_i (= D_i/1,282)$  en las ecuaciones (19) y (20).

Cuando una desviación del decilo superior del factor de ruido para un componente de ruido, como mínimo, excede los 12 dB, la  $\sigma_T$  obtenida por las ecuaciones (17) a (20), utilizando las desviaciones del decilo superior de los componentes de ruido, debería limitarse a un valor máximo de:

$$\sigma_T = c \sqrt{2 \ln \left( \frac{\alpha_T}{\gamma_T} \right)} \quad \text{dB} \quad (23)$$

donde  $\gamma_T$  es el factor de ruido para la suma de potencia simple de cada factor de ruido mediano:

$$\gamma_T = \sum_{i=1}^n \exp \left( \frac{F_{ami}}{c} \right) \quad \text{W} \quad (24)$$

Del mismo modo, cuando una desviación del decilo inferior del factor de ruido para un componente de ruido, como mínimo, excede los 12 dB, la  $\sigma_T$  obtenida por las ecuaciones (17) a (20), utilizando las desviaciones del decilo inferior de los componentes de ruido, debería limitarse al valor máximo obtenido mediante la ecuación (23).

---