



This electronic version (PDF) was scanned by the International Telecommunication Union (ITU) Library & Archives Service from an original paper document in the ITU Library & Archives collections.

La présente version électronique (PDF) a été numérisée par le Service de la bibliothèque et des archives de l'Union internationale des télécommunications (UIT) à partir d'un document papier original des collections de ce service.

Esta versión electrónica (PDF) ha sido escaneada por el Servicio de Biblioteca y Archivos de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT) a partir de un documento impreso original de las colecciones del Servicio de Biblioteca y Archivos de la UIT.

(ITU) للاتصالات الدولي الاتحاد في والمحفوظات المكتبة قسم أجراه الضوئي بالمسح تصوير نتاج (PDF) الإلكترونية النسخة هذه والمحفوظات المكتبة قسم في المتوفرة الوثائق ضمن أصلية ورقية وثيقة من نقلًا.

此电子版（PDF版本）由国际电信联盟（ITU）图书馆和档案室利用存于该处的纸质文件扫描提供。

Настоящий электронный вариант (PDF) был подготовлен в библиотечно-архивной службе Международного союза электросвязи путем сканирования исходного документа в бумажной форме из библиотечно-архивной службы МСЭ.



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

CCIR

COMITÉ CONSULTIVO
INTERNACIONAL
DE RADIOCOMUNICACIONES

INFORME 322-2

**CARACTERÍSTICAS
DEL RUIDO ATMOSFÉRICO
RADIOELÉCTRICO Y
APLICACIONES**



Ginebra, 1983



UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

CCIR

COMITÉ CONSULTIVO
INTERNACIONAL
DE RADIOCOMUNICACIONES

INFORME 322-2

**CARACTERÍSTICAS
DEL RUIDO ATMOSFÉRICO
RADIOELÉCTRICO Y
APLICACIONES**



Ginebra, 1983

ISBN 92-61-01743-6



CUADRO DE MATERIAS

	Página
Notación	1
1. Introducción	2
2. Predicciones del ruido radioeléctrico	2
3. Descripción de los parámetros utilizados	3
4. Métodos utilizados para obtener predicciones	5
5. Los datos de ruido o predicciones	5
6. Aplicación de los datos de ruido a la evaluación de un sistema	7
7. Influencia de la directividad y de la polarización de las antenas	11

INFORME 322-2

CARACTERÍSTICAS DEL RUIDO ATMOSFÉRICO RADIOELÉCTRICO Y APLICACIONES

(Programa de Estudios 29B/6)

(1963-1974-1982)

NOTACIÓN

Cuando se utilizan símbolos en mayúsculas y en minúsculas, las primeras indican las relaciones en decibelios de las magnitudes representadas en minúsculas.

- A Amplitud instantánea de la envolvente del ruido (dB)
- A_{ef} Valor eficaz de A (dB)
- b, B Anchura de banda efectiva del ruido en el receptor (Hz), ($B = 10 \log b$)
- C Factor de protección necesario para obtener la relación portadora/ruido requerida durante un porcentaje de tiempo dado del bloque de tiempo (dB)
- C_u Factor de protección necesario para obtener la relación portadora/ruido durante el 90% del bloque de tiempo (dB)
- D Desviación de un valor de F_a con respecto a la mediana en el bloque de tiempo F_{am} (dB)
- D_l Valor de la potencia media de ruido rebasado durante el 90% de las horas dentro de un bloque de tiempo, expresado en dB por debajo del valor mediano en el bloque de tiempo
- D_s Valor de la potencia de la señal recibida rebasado durante el 90% del tiempo, expresado en dB por debajo del valor mediano de las variaciones de un día a otro de la mediana horaria
- D_u Valor de la potencia media de ruido rebasado durante el 10% de las horas de un bloque de tiempo, expresado en dB por encima de la mediana en el bloque de tiempo
- DPA Función acumulativa de distribución probabilidad-amplitud de la envolvente del ruido
- E_e Valor probable de la intensidad de campo de la señal requerida para un grado dado de servicio (dB(μ V/m))
- E_n Intensidad de campo eficaz del ruido para una anchura de banda de 1 kHz (dB(μ V/m))
- f, F Factor de ruido de funcionamiento de un sistema receptor ($F = 10 \log f$)
- f_a, F_a Factor de ruido efectivo de antena que resulta de la potencia de ruido externo disponible en una antena sin pérdida ($F_a = 10 \log f_a$)
- F_{am} Mediana de los valores horarios de F_a en un bloque de tiempo
- f_c Factor de ruido del circuito de antena (su pérdida en potencia disponible)
- f_{MHz} Frecuencia (MHz)
- f_r Factor de ruido del receptor
- f_t Factor de ruido de la línea de transmisión (su pérdida en potencia disponible)
- k Constante de Boltzmann = $1,38 \times 10^{-23}$ J/K
- P Potencia de la señal recibida disponible en una antena equivalente sin pérdidas (dB)
- P_e Valor esperado de P
- P_{me} Valor mediano de P_e
- p_n, P_n Potencia de ruido disponible en una antena equivalente sin pérdidas ($P_n = 10 \log p_n$)
- p_s, P_s Potencia de la señal recibida requerida para una relación señal/ruido dada, en una antena sin pérdida ($P_s = 10 \log p_s$)
- r, R Valor requerido de la relación señal/ruido ($R = 10 \log r$)
- R_h Valor requerido de la relación portadora/ruido para un grado de servicio dado durante un cierto porcentaje de la hora (dB)

t	Desviación típica normal
T_a	Temperatura efectiva de la antena en presencia de ruido externo
T_0	Temperatura de referencia (288 K)
V_d	Desviación de tensión; la relación de la tensión efectiva a la tensión media de la envolvente de ruido (dB)
V_{dm}	Valor mediano de V_d
Δ	$A - A_{ef}$
σ_C	Desviación típica del factor de protección requerido, C
σ_D	Desviación típica de D
σ_{Dl}	Desviación típica de D_l
σ_{Du}	Desviación típica de D_u
σ_{Fam}	Desviación típica de F_{am}
σ_P	Desviación típica de las evaluaciones de la potencia probable de la señal recibida
σ_R	Desviación típica de R
σ_T	Desviación típica total; imprecisión total de P_e
σ_Δ	Desviación típica de Δ

1. Introducción

Para determinar el nivel mínimo de señal requerido para una recepción satisfactoria, en ausencia de señales no deseadas, es necesario conocer el valor de ruido en el lugar de recepción. En el conjunto del problema hay que tener en cuenta el tipo de modulación y la influencia de las características detalladas del ruido en la recuperación de la información contenida en la señal transmitida.

Aunque la recepción puede estar afectada por diversos tipos de ruido, en un circuito dado, generalmente predominará un solo tipo de ruido. En general, se pueden dividir el ruido en dos categorías según que se origine en el sistema de recepción o en el exterior de la antena. El ruido interno se debe a las pérdidas en la antena y en la línea de transmisión y también puede generarse en el propio receptor. Sus características son iguales a las del ruido térmico, y en muchos casos pueden determinarse matemáticamente sus efectos en la recepción de la señal con un elevado grado de precisión.

Se puede dividir el ruido externo en varios tipos, cada uno de los cuales tiene sus propias características. Los tipos de ruido más corrientes son los de origen atmosférico, galáctico y artificial. Todos estos tipos de ruido se estudian en el presente Informe, pero puesto que el ruido atmosférico es el que generalmente predomina en las frecuencias inferiores a unos 30 MHz, el Informe trata fundamentalmente de este tipo de ruido y de su influencia en la recepción de señales.

Este Informe tiene por objeto presentar valores de la potencia de ruido y de otras características del ruido, y exponer mediante ejemplos el procedimiento para utilizar estas características de ruido y sus variaciones estadísticas en la evaluación de la calidad de funcionamiento de un circuito radioeléctrico. En Spaulding [1981] pueden encontrarse otros ejemplos de la utilización de los datos relativos al ruido en este Informe y un resumen de los efectos del ruido atmosférico radioeléctrico (y de formas semejantes de ruido impulsivo) en la calidad de funcionamiento de los sistemas de telecomunicaciones. Por otra parte, los recientes resultados relativos al ruido atmosférico debido al rayo y los medios para desarrollar sistemas de comunicaciones apropiados que funcionen en este ruido se resumen en URSI [1981], en el Informe 254 y en las referencias del mismo. Por último, los Informes 258 y 670 facilitan información adicional sobre el ruido atmosférico y artificial, y la Recomendación 339 indica las relaciones entre la energía de la señal y la densidad espectral de potencia del ruido requeridas para diversos sistemas que funcionan en presencia de ruido atmosférico.

Las estimaciones de los niveles de ruido atmosférico dadas en este Informe se refieren al nivel medio de ruido de fondo debido al rayo en ausencia de otras señales, radiadas intencionada o no intencionadamente. Además, no se ha incluido el ruido producido por tormentas locales. En algunas zonas del mundo, el ruido debido a tormentas locales puede ser importante durante un porcentaje significativo del tiempo. Este ruido local puede también ser importante en frecuencias muy superiores a 30 MHz.

2. Predicciones del ruido radioeléctrico

Este Informe presenta:

- predicciones que tienen en cuenta un programa importante y fiable de mediciones del ruido;
- información estadística sobre la precisión de las predicciones;
- una descripción estadística de la estructura fina del ruido;
- métodos para utilizar las predicciones en la estimación de la calidad de funcionamiento de los sistemas.

Los datos utilizados se obtuvieron principalmente en las 16 estaciones indicadas en la fig. 1. Todas estas estaciones, excepto una, utilizaban equipos de registro normalizados (registrador de ruido radioeléctrico ARN-2) y su explotación estaba a cargo de distintos organismos que cooperan en un programa internacional [URSI, 1962] (véase la Recomendación 174 (Varsovia, 1956)). Para el estudio, se han utilizado los datos registrados en estas estaciones durante el periodo comprendido entre 1957 y 1961 [Crichlow y otros, 1959-1962].

Los cálculos se efectuaron con un computador digital mediante un sistema que requiere que los datos facilitados por las estaciones se refieran a diversas frecuencias extendidas prácticamente en toda la gama cubierta por las predicciones. No era, pues, posible incluir datos procedentes de otras fuentes de información, en donde la gama de frecuencias era limitada, o bien cuando no se indicaban los valores de la potencia del ruido. Dada, sin embargo, la necesidad de que en las predicciones se tuviese en cuenta la mayor cantidad posible de la información recibida, se realizaron comparaciones entre las nuevas predicciones y los datos procedentes de otras fuentes no incluidos en el análisis [Clarke, 1962; Lichter y Terina, 1960; Science Council of Japan, 1960]. Se hicieron algunas modificaciones. Las predicciones deben revisarse y modificarse teniendo en cuenta los nuevos datos de que ahora se dispone.

Para estas predicciones, los datos se agruparon en cuatro estaciones del año y seis periodos de cuatro horas del día en cada estación. Se definió el bloque de tiempo como la suma de periodos correspondientes de cuatro horas del día durante toda una estación del año. Así pues, en el año hay 24 bloques cada uno de los cuales comprende unas 360 horas (cuatro horas diarias para unos noventa días).

La división del año en cuatro estaciones de tres meses cada una se hizo en la forma que a continuación se indica, si bien se tuvo en cuenta que las características estacionales existentes en las regiones templadas no correspondían necesariamente a las de latitudes más bajas en lo que respecta a las variaciones del ruido.

<i>Meses</i>	<i>Estaciones</i>	
	<i>Hemisferio septentrional</i>	<i>Hemisferio meridional</i>
Diciembre, enero, febrero	Invierno	Verano
Marzo, abril, mayo	Primavera	Otoño
Junio, julio, agosto	Verano	Invierno
Septiembre, octubre, noviembre	Otoño	Primavera

El principal parámetro utilizado es el valor horario mediano de la potencia media de ruido para cada bloque, y las variaciones de este parámetro indican las variaciones sistemáticas diurnas y estacionales del ruido. Se analizaron estadísticamente las variaciones de los valores horarios en un bloque.

Para facilitar la utilización de los datos de ruido de este Informe, se dispone de un programa de computador en la Secretaría del CCIR que ofrece una representación numérica de los datos de potencia de ruido contenidos en el Informe (véase la Resolución 63). Ésta se funda en la representación numérica del ruido atmosférico de 1 MHz [Zacharisen y Jones, 1970]. Se incluyen mapas para cada hora de cada mes en términos de hora universal por medio de análisis de Fourier, realizados separadamente, de las funciones periódicas que representan las variaciones longitudinales y diurnas de los datos originales. Se evalúan la dependencia con la frecuencia y los parámetros de variabilidad utilizando las representaciones de Lucas y Harper [1965].

3. Descripción de los parámetros utilizados

Se acepta, en general, que ningún parámetro aislado constituye un índice de interferencia satisfactorio para todas las clases de servicio radioeléctrico. Sin embargo, es conveniente adoptar un parámetro que pueda utilizarse universalmente para comparar los datos de intensidad de ruido obtenido en puntos diferentes, y al cual puedan relacionarse los demás parámetros. La potencia media de ruido parece ser, en general, el parámetro más útil y conveniente para este fin, y constituye la base de las predicciones.

La potencia de ruido procedente de una fuente exterior a la antena puede expresarse adecuadamente como un factor de ruido efectivo de antena, f_a , definido por la fórmula:

$$f_a = p_n / kT_0 b = T_a / T_0 \quad (1)$$

en donde:

p_n : potencia disponible de ruido en una antena equivalente sin pérdidas (W),

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

T_0 : temperatura de ruido de referencia, que se toma igual a 288 K,

b : anchura de banda efectiva del ruido en el receptor (Hz),

T_a : temperatura de ruido efectiva de la antena en presencia de ruido externo.

Las ecuaciones (1) indican dos métodos para especificar la potencia de ruido: por el factor de ruido efectivo, o bien por la temperatura efectiva de la antena. Se ha dado el valor de $T_0 = 288$ K a fin de que con el valor de k indicado, $10 \log kT_0$ sea igual a -204 dB (con relación a 1 julio).

f_a y T_a son independientes de la anchura de banda, ya que puede suponerse que la potencia de ruido disponible de todas las fuentes es, al igual que el nivel de referencia de ruido, proporcional a la anchura de banda.

En este Informe, el factor del ruido de antena, F_a en dB, corresponde a una antena vertical corta sobre una tierra plana perfectamente conductora. En el Informe 670 y en sus referencias se indican los medios para obtener el factor apropiado de ruido de antena; F_a , para otros tipos de antenas a partir de los datos contenidos en este Informe. Este parámetro relacionado con la intensidad de campo eficaz del ruido en la antena (una tercera forma de especificar el nivel de ruido) mediante la sencilla expresión:

$$E_n = F_a - 65,5 + 20 \log f_{\text{MHz}} \quad (2)$$

en donde:

E_n : valor cuadrático medio de la intensidad de campo del ruido (en dB(μ V/m)) para una anchura de banda de 1 kHz,

F_a : factor de ruido para la frecuencia f considerada,

f_{MHz} : frecuencia.

Puede obtenerse el valor de la intensidad de campo para una anchura de banda, b Hz, que no sea 1 kHz, sumando $(10 \log b - 30)$ a E_n . Por ejemplo, dado que la Recomendación 339 da la relación «energía de la señal/densidad espectral de potencia de ruido» requerida en este caso, la anchura de banda apropiada es de 1 Hz. La fig. 29 es un monograma para resolver la ecuación (2) que se puede utilizar para deducir E_n a partir de F_a . Debe señalarse que este valor representa la componente vertical de la intensidad de campo en la antena. La estructura de las ondas incidentes puede ser compleja y no podría deducirse de mediciones efectuadas con una sola antena vertical.

El ruido eléctrico atmosférico se caracteriza por fluctuaciones de gran intensidad y rapidez, pero si se promedia la potencia de ruido en un periodo de varios minutos, los valores medios resultan ser casi constantes durante una hora dada, y las variaciones muy raramente sobrepasan ± 2 dB, excepto en los periodos del orto y del ocaso, o cuando existen tormentas locales. El registrador de ruido radioeléctrico ARN-2 proporciona valores de la potencia media en ocho frecuencias durante quince minutos de cada hora, y se supone que los valores resultantes de F_a utilizados en el análisis representan los valores horarios.

Cuando se hacen las predicciones del nivel de ruido probable se tienen en cuenta directamente las tendencias sistemáticas, es decir, las tendencias durante las horas del día, la estación del año, la frecuencia y la ubicación geográfica. Existen otras variaciones de ruido que deben tenerse en cuenta estadísticamente. El valor de F_a para una hora dada varía de un día a otro a causa de los cambios aleatorios de la actividad tormentosa y de las condiciones de propagación. La mediana de los valores horarios en un bloque de tiempo (mediana del bloque) se designa por F_{am} . Las variaciones de esos valores horarios durante el bloque de tiempo pueden representarse por los valores sobrepasados durante el 10% y el 90% de las horas, expresados como desviaciones D_u y D_l con respecto a la mediana del bloque. En un gráfico de probabilidad normal (nivel en dB), la distribución de amplitud de las desviaciones, D , por encima de la mediana puede representarse con bastante precisión por una línea recta que pase por los valores de los decilos superior y mediano, y con otra línea correspondiente se pueden representar los valores inferiores a la mediana.

Es lógico suponer que existe alguna correlación entre el ruido radioeléctrico atmosférico y la actividad solar, ya que la fase del ciclo de actividad solar parece influir en las condiciones de propagación y en la formación de tormentas. Algunas mediciones a frecuencias muy bajas, efectuadas hace muchos años, mostraron esta correlación [Austin, 1932]. Aunque los datos utilizados en esta revisión sólo corresponden a registros efectuados en un periodo de elevada actividad solar, el examen de algunos datos obtenidos durante un periodo más prolongado no ha puesto de relieve ninguna variación sistemática importante del ruido con la actividad solar. Hasta ahora, sin embargo, no se ha hecho ningún análisis completo de los datos para descubrir este efecto. Es más probable que la actividad solar influya en las frecuencias elevadas, pero la incidencia del ruido galáctico en los momentos en que la ionosfera deja de propagar el ruido atmosférico hace difícil la observación de las variaciones.

Hasta ahora hemos considerado la potencia media representada por F_a . Si bien este parámetro es útil para determinar la relación señal/ruido requerida para muchas clases de circuitos de comunicaciones, en algunos sistemas, otros parámetros proporcionan una mejor correlación con la proporción de error de caracteres o con los errores de mensaje. Para determinar, por ejemplo, la confiabilidad de un sistema radioeléctrico de comunicación por teletipo, es útil conocer la función de distribución probabilidad-amplitud del ruido (DPA), que indica el porcentaje de tiempo (tiempo de ocupación) para el cual se sobrepasa cualquier nivel; generalmente es así como se describe la envolvente del ruido. Ahora bien, dado que la DPA depende de las características de corta duración del ruido, no se puede deducir únicamente de los valores horarios de F_a .

Se ha medido un gran número de valores de la *DPA* en varios países, obteniéndose resultados bastante consistentes [URSI, 1962; Clarke, 1962; Science Council of Japan, 1960]. Para presentar los datos de forma que puedan ser utilizados en la explotación, conviene construir una familia de curvas ideales, una de las cuales se puede elegir para representar una *DPA* adecuada a la precisión requerida. Esto se ha hecho utilizando un sistema de coordenadas en el que la distribución Rayleigh (que representa la envolvente del ruido de tipo térmico) es una línea recta con una pendiente de $-0,5$. Las partes de amplitud reducida de una curva de ruido atmosférico tienen esta misma pendiente, las de amplitud elevada se representan por una segunda línea recta de pendiente más pronunciada, y las dos líneas están unidas por un arco de círculo. Para trazar estas curvas es necesario utilizar magnitudes que estén en relación con valores logarítmicos medios, eficaces y promedios de la distribución, ya que son los parámetros registrados en las mediciones periódicas de ruido [Crichlow y otros, 1960a, y 1960b]. Puesto que en la práctica existe una correlación estrecha entre la tensión media y la tensión logarítmica media, la relación entre el valor eficaz y la tensión media, V_d , (dB) será suficiente para determinar la curva que puede utilizarse para representar la distribución [Spaulding y otros, 1962]. En la fig. 27 se representan algunas de estas curvas en las que se indican las diferencias, Δ , entre la amplitud instantánea, A , para cualquier probabilidad, y el valor eficaz de A , A_{ef} para ciertos valores de V_d . Los valores intermedios de V_d se pueden deducir por interpolación. Conviene señalar que si se desea el valor eficaz de la propia tensión de ruido, será 3 dB inferior a la tensión eficaz de la envolvente. Se pueden utilizar las curvas para una amplia gama de anchuras de banda teniendo en cuenta que un cambio de la anchura de banda representa un cambio correspondiente del valor de V_d y una modificación de la *DPA*.

Se han calculado también las incertidumbres en las curvas derivadas de la *DPA*. Se expresan como una desviación típica, σ_Δ , de la diferencia, Δ , como una función de probabilidad y de V_d (véanse el punto 5 y la fig. 28).

4. Métodos utilizados para obtener predicciones

Se corrigieron los valores de F_{am} registrados en la red de estaciones anteriormente mencionada con el fin de eliminar, en lo posible, los efectos del ruido radioeléctrico artificial y de las señales no deseadas. Se consideró que los valores así obtenidos representaban las verdaderas condiciones del ruido radioeléctrico atmosférico. Se compararon los valores de bloque de tiempo en cada frecuencia con los valores probables del Informe 65 (Los Ángeles, 1959) obteniendo las correcciones correspondientes que se introdujeron en un programa de computador con el fin de modificar los mapas mundiales y las curvas de frecuencia del Informe 65 (Los Ángeles, 1959).

También se utilizaron computadores para obtener la mejor estimación de las desviaciones D_u y D_l , de los decilos de F_a , a partir del valor mediano F_{am} , para cada bloque. De forma similar, y también para cada bloque, se obtuvo el valor mediano V_{dm} de la desviación de tensión V_d .

Se hizo la comparación de todos los valores medidos con los nuevos valores previstos a fin de obtener una medida de la variabilidad del ruido con respecto a los valores de las predicciones en cada bloque. Mediante un programa de computador se obtuvieron los valores de la desviación típica de F_{am} , D_u y D_l en función de la frecuencia. Se expresaron en función de σ_Δ las incertidumbres en las distribuciones probabilidad-amplitud de las predicciones, considerando la variabilidad de V_d . Se determinaron los resultados para diversos valores de V_d en función del porcentaje del tiempo de ocupación.

5. Los datos de ruido o predicciones

En las figs. 2 a 25 se dan mapas mundiales con los valores medianos probables del ruido radioeléctrico atmosférico F_{am} (en dB por encima de kT_0b) a 1 MHz para cada bloque de tiempo (hora local). A diferencia del anterior Informe, que contiene sólo dos conjuntos de curvas de frecuencia, uno para las condiciones de propagación durante el día y el otro para las de la noche, se da ahora un conjunto de curvas de frecuencia para cada bloque. Este procedimiento es más flexible y además permite una disposición más conveniente en la que están juntos los mapas mundiales de valores del ruido para un bloque de tiempo estacional dado y las correspondientes curvas de frecuencia.

En las curvas de frecuencia se indican niveles de ruido galáctico extrapolados a 1 MHz de los datos de Cottony y Jöhler [1952] y comprobados mediante una antena vertical. Dentro de una variación con el tiempo de ± 2 dB (despreciando el apantallado ionosférico) los valores indicados serán el límite superior del ruido galáctico, pero en cualquier situación dada el ruido recibido debe calcularse considerando las frecuencias críticas y las propiedades directivas de la antena.

En muchos lugares, el ruido artificial limita las posibilidades de radiocomunicación por lo menos durante parte del tiempo. Si bien este tipo de ruido depende de las condiciones locales, se incluye una curva de valores previstos para un punto de recepción tranquilo. La curva indica los valores más bajos de ruido artificial registrados en lugares especialmente elegidos para asegurar un mínimo de ruido artificial y es muy poco probable que se presenten valores inferiores en ningún otro punto de la superficie de la Tierra. En el Informe 258 se indican los niveles de ruido artificial en términos de F_a y sus variaciones para diversas clases de ambientes (comercial, residencial, rural y rural tranquilo, etc.). Los niveles de ruido para lugares «rurales tranquilos» indicados en el Informe 258 se toman de este Informe. En Hagn [1981] se presenta información adicional resumida sobre ruido artificial.

Se observará que se indican valores de ruido a 1 MHz inferiores a los niveles probables de ruido artificial y galáctico. Estas cifras deberán emplearse con precaución, puesto que no representan más que cálculos muy aproximados del ruido atmosférico que se registraría si los otros tipos de ruido no se presentasen. Estos valores son útiles principalmente como niveles de referencia para lugares de poco ruido, asignándose el grado de ruido en 1 MHz llevando datos de otras frecuencias a la curva de ruido.

En la misma serie de figuras se incluyen también los valores calculados de D_u , D_l , V_d , $\sigma_{F_{am}}$, σ_{D_u} y σ_{D_l} . De este modo se encuentran juntos todos los valores relativos a un bloque de tiempo. D_u se utilizará normalmente para evaluar las mínimas intensidades de señal requeridas, pero D_l puede ser necesario para determinar si es despreciable el ruido interno de un sistema de recepción cuando las condiciones de ruido externo son más favorables.

Los valores de $\sigma_{F_{am}}$ se han obtenido comparando las observaciones reales con las predicciones para las mismas ubicaciones, y están afectados de incertidumbres como las debidas a las variaciones imprevisibles de un año a otro y a los errores que origina la necesidad de presentar una gran cantidad de datos en forma resumida y homogénea. En los puntos donde no se han hecho mediciones, es de esperar que los valores sean más elevados, ya que la interpolación geográfica añade una nueva incertidumbre, pero su evaluación no es posible.

Se advertirá que las curvas de $\sigma_{F_{am}}$ se extienden solamente hasta 10 MHz. En frecuencias más elevadas, el ruido predominante en muchas estaciones era, a menudo, de origen galáctico y se consideró que no era práctico intentar obtener evaluaciones de la variabilidad del ruido atmosférico exclusivamente.

Se han obtenido curvas independientes para D_u y σ_{D_u} empleando datos procedentes de estaciones situadas en las zonas tropical y templada definidas en los números 406 a 411 del Reglamento de Radiocomunicaciones, 1979. Sin embargo, la variabilidad del ruido no presentaba una estructura consecuente con las zonas definidas y, por consiguiente, se combinaron los datos de las dos zonas para obtener las curvas utilizadas en este Informe. Los resultados de algunos trabajos efectuados en la India indican la posibilidad de simplificar la presentación. Es posible que en estudios futuros se llegue a la conclusión de que la variabilidad esté ligada a alguna función de la intensidad del ruido más bien que a las zonas geográficas, aunque las variaciones más pequeñas corresponderían a los océanos y no a los puntos próximos a los centros principales de tormentas. Las curvas presentadas deben utilizarse con cierta precaución, especialmente para las horas del día entre las 08h00 y las 16h00, pues se sabe que en la mayoría de las estaciones el ruido artificial influyó en los valores reducidos en la gama de ondas medias. En el estudio de la variabilidad no se aplicaron correcciones para reducir al mínimo los efectos del ruido artificial como se hizo con los valores de F_{am} .

Las figuras se utilizan de la siguiente forma: el valor de F_{am} para 1 MHz se halla directamente en los mapas de ruido para el bloque de tiempo (estación del año y hora) que interesa. Utilizando este valor como grado de ruido, se determina el valor de F_{am} para la frecuencia que interesa mediante las curvas de frecuencia. $\sigma_{F_{am}}$, D_u , y σ_{D_u} se obtienen de las curvas de variabilidad para la frecuencia requerida. Cuando sean necesarios los valores de D ($= F_a - F_{am}$), o el de σ_D , para cualquier porcentaje de tiempo que no sea el de 10% se pueden hallar llevando D_u y σ_{D_u} a un gráfico de probabilidad normal (con los valores en dB) y trazando líneas rectas que pasen por 0 dB en los puntos de valores 50% y 10%, como se indica en la fig. 30. Utilizando D_l y σ_{D_l} pueden obtenerse valores para porcentajes superiores al 50%.

Las medidas de precaución mencionadas al tratar de D_u y σ_{D_u} también se aplican al empleo de las curvas de V_{dm} . Los valores indicados de V_{dm} son para una anchura de banda de 200 Hz. Puesto que a diferencia de F_a , D_u y D_l , V_d no es independiente de la anchura de banda, se ha estudiado un método para convertir un valor de V_d medido en una anchura de banda al valor que se habría obtenido en otra [Spaulding y otros, 1962]. Se puede hacer esta conversión con las curvas de la fig. 26 en las cuales V_{dn} y V_{dw} son los valores de V_d que corresponden respectivamente a la banda más estrecha, b_n , y a la más ancha, b_w . Los valores correspondientes de V_{dn} y V_{dw} se leen en la intersección de las líneas definidas por la relación de anchuras de banda b_w/b_n , y el valor conocido de V_d . Los resultados indicados en la fig. 26 se basan en hipótesis ideales sobre respuestas de un filtro a un impulso. Las mediciones han mostrado que la fig. 26 indica la conversión de anchura de banda apropiada de V_d sólo para relaciones de anchura de banda del orden de 20 ó menos y, en general, predice un valor demasiado elevado de V_d para relaciones de anchura de banda mayores. Por tanto la fig. 26 debe utilizarse con cautela para relaciones de anchura de banda mayores.

En la fig. 27 pueden verse las curvas de la DPA correspondientes a diversos valores de V_d , en las cuales se toma como referencia la tensión eficaz de envolvente A_{ef} . Los valores medidos de V_d varían alrededor de los valores probables. Estas variaciones se reflejan como incertidumbres en la forma bien definida de la curva de la DPA , y se representan en la fig. 28 en función de la desviación típica σ_Δ , de las desviaciones de amplitud Δ , correspondientes a cada porcentaje de tiempo. Dado que las curvas de la DPA están determinadas con relación a A_{ef} , en las proximidades de este valor las incertidumbres en Δ son muy reducidas. Los valores de σ_Δ son mucho mayores en porcentajes más altos y más bajos, con σ_Δ constante en la parte de la curva que sigue la distribución Rayleigh. Hay también variaciones en la forma de las curvas reales de la DPA para el mismo valor de V_d . Se estima, sin embargo, que, aunque no se tengan en cuenta estas incertidumbres, no se obtendrán errores apreciables. Hasta ahora la validez de las curvas de la DPA ideales para representar las distribuciones reales y el modo en que varían con V_d y con la anchura de banda sólo se ha comprobado con un número limitado de datos y necesita una verificación más completa. De ahí que, por el momento, las curvas y los factores de conversión de anchura de banda tengan que utilizarse con prudencia.

6. Aplicación de los datos de ruido a la evaluación de un sistema

Dado que en la cuestión, en sus aspectos más amplios, lógicamente intervienen otros muchos factores además de las intensidades del ruido radioeléctrico atmosférico, no se pretende que este análisis sea completo. Se considera conveniente, sin embargo, facilitar algunas indicaciones en cuanto a la forma en que pueden utilizarse los datos para el estudio de la calidad de funcionamiento de un sistema. En Spaulding [1981] y en sus referencias, se presentan ejemplos de información adicionales.

La evaluación de la calidad de funcionamiento de un sistema completo de recepción se puede expresar por su factor de ruido de funcionamiento, f , con el cual se tienen en cuenta tanto el ruido de origen externo como el generado en el propio sistema de recepción. La técnica seguida para la evaluación y los factores que en ella intervienen se dan en un artículo de Barsis y otros [1961]. Si se supone que el receptor está libre de respuestas parásitas y que todos los elementos anteriores al receptor están a la temperatura de referencia T_0 , f viene dado por:

$$f = f_a - 1 + f_c f_t f_r \quad (3)$$

en donde:

f_c : factor de ruido del circuito de antena (su pérdida en potencia disponible),

f_t : factor de ruido de la línea de transmisión (su pérdida en potencia disponible),

f_r : factor de ruido del receptor.

El factor de ruido, f , es útil para determinar la relación entre la potencia de la señal, p_s , disponible en una antena libre de pérdidas y la correspondiente relación señal/ruido, r , a la salida de frecuencia intermedia del receptor, puesto que:

$$p_s = f r k T_0 b \quad (4)$$

Utilizando letras mayúsculas para indicar las relaciones en dB y con $B = 10 \log b$, entonces P_s en dBW, será:

$$P_s = R + F + B - 204 \quad \text{dBW} \quad (5)$$

Al calcular el factor de ruido, F , para utilizarle en la fórmula (5), es necesario considerar todos los parámetros de la ecuación (3). En muchos casos, sin embargo, predominará una fuente de ruido y, por tanto, sólo importará uno de los factores componentes del ruido. En frecuencias bajas a menudo puede utilizarse un sistema de recepción con malas características de ruido interno, dado que los valores de f_a serán elevados y determinarán el valor de f . En general, f_a disminuirá con frecuencias crecientes, y la antena será más eficaz y f_c se acercará a la unidad en las frecuencias más elevadas. En estas condiciones, f_t y/o f_r pueden llegar a ser tan importantes como f_a para determinar el valor de f . Los valores de f_t y f_r se pueden hallar entonces mediante cálculo, en el que intervienen las características del diseño de la línea de transmisión y del receptor, o por mediciones directas. En los casos en que son importantes las pérdidas en la antena, como ocurre cuando en frecuencias bajas se utiliza una antena vertical corta cerca del suelo, hay que obtener f_c por métodos indirectos. Frecuentemente, se puede hacer una adecuada evaluación del valor de estas pérdidas mediante mediciones de impedancia y con el valor calculado de la resistencia de radiación [Crichlow y otros, 1955].

Una vez determinadas las características del ruido, se pueden deducir los efectos interferentes para un sistema dado. Anteriormente se expresaba la calidad de funcionamiento de un determinado tipo de servicio por la relación entre el nivel necesario de la señal y un determinado parámetro del ruido, normalmente la potencia media de ruido. La utilización de la *DPA*, en la que intervienen más de un parámetro, y que contiene información sobre el tipo de ruido así como de su nivel, puede proporcionar evaluaciones más reales de la calidad de funcionamiento probable del sistema una vez establecidas las relaciones adecuadas para muchos tipos de servicios. La disponibilidad de datos sobre las probables variaciones del nivel de ruido permite también especificar en términos estadísticos más precisos la probabilidad de obtener una calidad de funcionamiento requerida.

Conviene definir estadísticamente la calidad de funcionamiento de un sistema utilizando los tres términos independientes: grado de servicio, disponibilidad de tiempo y probabilidad de servicio [Barsis y otros, 1961].

6.1 *El grado de servicio*, corresponde a la confiabilidad en un corto periodo de tiempo (generalmente una hora, pero que puede variar entre unos pocos minutos y más de una hora) durante el cual puede considerarse estacionaria la estadística de relaciones señal/ruido. Puede expresarse, por ejemplo, como el porcentaje de mensajes sin error, la inteligibilidad conseguida, o el porcentaje de observadores satisfechos.

6.2 *La disponibilidad de tiempo*, se refiere al porcentaje de las horas, o de otro periodo corto de tiempo utilizado para definir el grado de servicio, durante el cual se consigue, como mínimo, el grado de servicio especificado. El tiempo considerado debe incluir todas las variaciones posibles y puede ser un ciclo completo de actividad solar, un año, una estación del año o un mes cualesquiera, o ciertas horas del día durante un periodo más largo de tiempo especificado.

6.3 *La probabilidad de servicio* se define como la probabilidad de que se consiga, como mínimo, el grado de servicio especificado en la disponibilidad de tiempo especificada. En esta probabilidad se combinan estadísticamente las imprecisiones de los muchos parámetros que intervienen en la predicción de la calidad de funcionamiento del sistema.

Cuando se ha definido la calidad de funcionamiento deseada de un sistema, es preciso evaluar los diversos factores que en ella influyen. Para mayor claridad y sencillez, se evaluará la calidad en los dos siguientes ejemplos en función de las características de la señal disponible y del ruido en los terminales de una antena receptora equivalente sin pérdidas. Se ha supuesto en ambos ejemplos que la antena empleada es una varilla vertical corta y que el ruido predominante es externo a la antena y de origen atmosférico. Se han elegido las estaciones del año y la hora del día, de forma tal que sean máximos los niveles de ruido. En el primer ejemplo se ha supuesto una propagación por ondas de superficie de manera que sea constante el nivel de la señal y sólo varíe el ruido. Los cálculos están basados en el empleo de la *DPA* ya que en el tipo de servicio de que se trata, los errores están sujetos a una evaluación matemática razonablemente precisa cuando se conocen las características de corto periodo del ruido. En el segundo ejemplo, la propagación es ionosférica y, por consiguiente, la señal y el ruido son variables con el tiempo. En este ejemplo se utilizan los valores de las relaciones de potencias «señal/ruido» recomendadas por el CCIR (Recomendación 339). Éste es el procedimiento que debe seguirse para un gran número de servicios, y particularmente en los que intervienen factores subjetivos.

La determinación de la probabilidad de servicio entraña además de las imprecisiones asociadas a los parámetros de ruido, las de todos los valores que intervienen en el proceso de predicción. Probablemente, las más importantes son las relacionadas con la predicción de la señal recibida y de la relación señal/ruido requerida. Puesto que el objeto de los siguientes ejemplos es exponer métodos para utilizar la información de ruido, los valores de σ para estos otros parámetros son valores supuestos. Aunque probablemente son representativos de la magnitud de los σ que pueden encontrarse, no deben utilizarse a menos que sea imposible obtener una estimación mejor. Los valores reales que han de utilizarse para cualquier circuito dado pueden normalmente determinarse empleando la información que da el CCIR en otras publicaciones.

6.4 *Ejemplo 1*

Determinar las características del sistema de manipulación por desplazamiento de frecuencia, hallándose en Ginebra, Suiza, el punto de recepción, en las condiciones siguientes:

Frecuencia:	50 kHz
Horas del día:	20h00 a 24h00
Estación del año:	verano
Anchura de banda:	100 Hz
Propagación:	onda de superficie (que proporciona una señal de recepción constante)
Grado del servicio:	se admite un porcentaje de errores binarios del 0,05% durante una hora dada, que corresponde aproximadamente a un 1% de errores de teletipo en un sistema arrítmico de 5 unidades [Watt y otros, 1958].

El problema consiste en evaluar la probabilidad de que una potencia de señal recibida dada proporcione el especificado grado de servicio para cualquier porcentaje de horas dado.

Según la ecuación (5) el valor esperado de la potencia recibida, P_e , necesaria para un determinado grado de servicio durante una hora, cuando el factor de ruido de la antena es F_a , viene dado por:

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

en donde R es la relación de potencias «señal/ruido» requerida antes de la detección, en dB, para la anchura de banda dada.

Cuando la antena receptora es una varilla vertical corta, el correspondiente campo E_e , viene dado por:

$$E_e = P_e + 20 \log f_{\text{MHz}} + 108,5 \quad \text{dB}(\mu\text{V/m}) \quad (7)$$

Montgomery [1954] ha demostrado que la probabilidad de un error binario en un sistema de modulación de frecuencia de banda estrecha es igual a la mitad de la probabilidad de que la envolvente del ruido sobrepase en cualquier instante a la envolvente de la portadora. Es, por tanto, necesario determinar la *DPA* de ruido para poder obtener la relación señal/ruido requerida. Según la fig. 19, el valor de V_{dm} en 50 kHz desde las 20h00 a 24h00, en verano, es 8,5 dB, para una anchura de banda de 200 Hz. Se hace la conversión a la anchura de banda de 100 Hz, utilizando la fig. 26 y se obtiene para V_{dm} el valor de 6,4 dB. La *DPA* correspondiente puede obtenerse en la fig. 27 uniendo los extremos de las curvas $V_{dm} = 6$ y $V_{dm} = 8$ a los correspondientes puntos de intersección en las ordenadas e interpolando entre las dos líneas el porcentaje adecuado.

Utilizando el criterio de Montgomery, el requerido grado de servicio con 0,05% de errores binarios, exige que la envolvente del ruido sobrepase a la envolvente de la portadora sólo durante el 0,1% del tiempo, y, con la *DPA* correspondiente a $V_{dm} = 6,4$ dB, la envolvente de la portadora debe ser 21 dB superior a A_{ef} (fig. 27). La relación «potencia de portadora/potencia media de ruido» debe ser, por lo tanto, también de 21 dB, y éste es el valor que se toma para R en la ecuación (6). La imprecisión introducida en este valor por las posibles variaciones de la forma de la distribución de probabilidad de amplitud es de 1,4 dB (fig. 28).

Se obtiene ahora F_a añadiendo al valor mediano F_{am} una desviación D correspondiente al porcentaje de horas durante el cual debe obtenerse un servicio satisfactorio. Según la fig. 19, el valor a 1 MHz (grado de ruido) es 78 dB y el valor de F_{am} a 50 kHz es 135 dB con una desviación típica σ_{Fam} de 3,4 dB. Para tener en cuenta las imprecisiones en el valor de F_a durante una hora dada, se requiere una probabilidad para la que se tenga una desviación dada $D = F_a - F_{am}$. El valor de D_u (6,4 dB) se deduce de la fig. 19c y los valores de D , obtenidos a partir del anterior, se llevan a un gráfico de probabilidad normal como en la fig. 30, suponiendo que la distribución de los valores en decibelios por encima de la mediana es normal. De un modo análogo se deduce σ_{Du} (1,9 dB) de la fig. 19c y se traza la curva de σ_D en la fig. 30.

A continuación se calcula la ecuación (6) tomando el porcentaje de tiempo disponible como 100 menos el porcentaje del tiempo en que se excede el valor D , y se lleva a la fig. 31 el valor P_e . Si es necesario, puede deducirse de la ecuación (7) el valor correspondiente de E_e . Con la ecuación (6) se obtiene $P_e = D - 30$ que es la predicción común de la potencia requerida para obtener el grado de servicio especificado en función del tiempo disponible. Pero puesto que no se han tenido en cuenta las imprecisiones de la predicción, sólo puede esperarse que la mitad de tales circuitos satisfagan las especificaciones del proyecto.

Las imprecisiones que hay que considerar vienen representadas por las desviaciones típicas siguientes:

- σ_p : error típico en la evaluación de la potencia receptora probable. Tiene que deducirse de los datos de propagación y de otros datos, y para los fines de este ejemplo se supone que es de 2 dB,
- σ_R : imprecisión en la relación señal/ruido requerida, supuesta una desviación típica de 2 dB,
- σ_Δ : 1,4 dB (fig. 28),
- σ_{Fam} : 3,4 dB (fig. 19),
- σ_D : desviación típica de D , que es una función del porcentaje del tiempo requerido de funcionamiento (fig. 30).

Suponiendo que no hay correlación entre los errores se deduce la imprecisión total σ_T mediante la fórmula:

$$\sigma_T^2 = \sigma_p^2 + \sigma_R^2 + \sigma_\Delta^2 + \sigma_{Fam}^2 + \sigma_D^2 \quad (8)$$

σ_T , que se ha llevado también a la fig. 31, permite hacer una evaluación de la probabilidad de servicio de que se obtendrá la disponibilidad de tiempo indicada, como se expone a continuación.

Para un valor dado de la potencia recibida, P , puede obtenerse la disponibilidad de tiempo como una función de la probabilidad de servicio, mediante la fórmula:

$$t = (P - P_e)/\sigma_T \quad (9)$$

en donde t es una función (conocida como desviante típica normal) de la probabilidad de servicio. La fig. 32 muestra cómo t varía en función de la probabilidad de servicio.

Si solamente se requiere una probabilidad del 0,5 de que se consiga una disponibilidad de tiempo especificada, $t = 0$, $P = P_e$ y las potencias requeridas vienen dadas por la fig. 31; por ejemplo, una potencia de -20 dBW daría una disponibilidad de tiempo del 94,6%. Esta situación también se representa por el punto correspondiente a una probabilidad de servicio de 0,50 en la curva $P = -20$ dBW de la fig. 33. Una disponibilidad de tiempo más elevada, por ejemplo 99%, requiere un mayor valor de P_e ($-16,5$ dBW con una desviación típica de 5,7 dB). Con la misma potencia real de -20 dBW, el valor de t es entonces $-0,61$ que lleva a la probabilidad de servicio más baja de 0,27. De este modo, la relación entre la disponibilidad de tiempo y la probabilidad de servicio puede representarse para $P = -20$ dBW, y para otros niveles de potencia, como en la fig. 33.

En esta figura puede verse que si se toma $P = -30$ dBW y si se desea una disponibilidad de tiempo del 99%, hay una probabilidad menor que 0,009 de que se consiga el fin perseguido de menos de 1% de errores de teletipo, durante el 99% de las horas de funcionamiento. Sin embargo, si $P = -10$ dBW, la probabilidad alcanzará un valor superior a 0,87. Con $P = 0$ dBW la posibilidad de no conseguir el grado de servicio preciso durante el 99% de las horas sería menor que 0,002.

6.5 Ejemplo II

Determinar la calidad de funcionamiento de un sistema telefónico con doble banda lateral, clase A3EJN, con recepción en Ginebra, Suiza, en las siguientes condiciones:

Frecuencia: 5 MHz
 Horas del día: 20h00 a 24h00
 Estación del año: verano
 Anchura de banda: 6 kHz
 Propagación: ionosférica (que produce desvanecimiento de la señal)
 Grado de servicio: difícilmente comercial durante el 95% del tiempo.

Una vez más, el problema consiste en fijar la probabilidad de que una señal recibida dada permita un grado de servicio dado, o mejor, para un porcentaje también dado de las horas.

No puede aplicarse directamente la ecuación (6), pues debe tenerse en cuenta que en este caso tanto la señal como el ruido varían con el tiempo. El valor de R que se emplea en la ecuación (6) se establece para un grado de servicio dado, en condiciones de señal constante. Ya que la señal variará con el desvanecimiento de interferencia en el intervalo de una hora, lo que puede representarse por una distribución Rayleigh (Informe 266), puede admitirse que R_h es la relación portadora/ruido, necesaria para el grado de servicio dado, para algún porcentaje de la hora.

Se ha visto que las variaciones del valor horario mediano de un día a otro de la señal recibida expresadas en dB, están distribuidas normalmente (Informe 266) y por lo tanto pueden quedar completamente determinadas por el valor mediano y la desviación D_s , del valor excedido durante el 90% del tiempo con respecto al valor mediano. Puesto que puede considerarse que los valores de F_a se aproximan a una distribución normal, se podrá determinar un factor de protección C_u , en dB, necesario para dar la requerida relación portadora/ruido durante un 90% de los bloques de tiempo, suponiendo que no hay correlación, mediante:

$$C_u^2 = D_u^2 + D_s^2 \quad (10)$$

Llevando C_u al punto del 10% con relación a 0 dB en el valor mediano, utilizando coordenadas de probabilidad aritmética, puede encontrarse un valor de C para cualquier otro punto de porcentaje, ya que también tendrá una distribución normal. Con los valores de R_h y C definidos anteriormente, el equivalente de la ecuación (6) puede escribirse ahora:

$$P_{me} = F_{am} + C + R_h + B - 204 \quad \text{dBW} \quad (11)$$

en donde P_{me} es el valor mediano de la potencia de la señal requerida probable.

Según la fig. 19, el valor a 1 MHz (grado de ruido) resulta ser 78 para Ginebra y el valor de F_{am} a 5 MHz es 57 dB con una desviación típica σ_{Fam} de 4,1 dB. También según la fig. 19, D_u resulta ser igual a 4,9 dB a 5 MHz, y la desviación típica correspondiente, σ_{Du} , 1,3 dB. Suponiendo que los valores de D_s y de σ_{Ds} son respectivamente 7 y 1,5 dB, que concuerdan satisfactoriamente con los valores dados en el Informe 266, se obtiene mediante la ecuación (10) el valor de 8,54 dB para C_u . Puede encontrarse de modo análogo un valor correspondiente de la desviación típica σ_{Cu} , de C_u igual a 1,98 dB. Los valores de C y σ_c se indican en la fig. 34.

En la Recomendación 339 se dan valores recomendados en las relaciones señal/ruido con señales constantes para diversos servicios. En un sistema telefónico de doble banda lateral y 6 kHz de anchura de banda, clase A3EJN, difícilmente comercial, la relación entre el necesario valor de cresta de la señal de radiofrecuencia y el ruido, es de 27 dB para una señal constante, o 21 dB para la relación portadora/ruido. Puesto que lo que nos interesa es el nivel de señal superado el 95% del tiempo con desvanecimiento Rayleigh, R_h debe ser 11,3 dB mayor que en el caso de señal constante o 32,3 dB.

La ecuación (11) se ha calculado tomando el porcentaje de disponibilidad de tiempo como 100 menos el porcentaje del tiempo en que es excedido C , y se ha llevado P_{me} a la fig. 35. E_c puede obtenerse con la ecuación (7). Como en el ejemplo I, P_e es la potencia probable necesaria para obtener el grado de servicio

especificado en función de la disponibilidad de tiempo. También, como en el ejemplo I, es necesario considerar varias imprecisiones de predicción. La imprecisión total, σ_T , se deduce como anteriormente, suponiendo que no existe correlación entre los errores, mediante la fórmula:

$$\sigma_T^2 = \sigma_p^2 + \sigma_R^2 + \sigma_{F_{am}}^2 + \sigma_C^2 \quad (12)$$

en donde:

- σ_p : desviación típica al evaluar la potencia probable de señal recibida que se supone es de 5 dB,
- σ_R : imprecisión en la relación señal/ruido requerida, supuesta una desviación típica de 2 dB,
- $\sigma_{F_{am}}$: desviación típica de F_{am} con respecto a su valor de predicción, 4,1 dB (fig. 19),
- σ_C : desviación típica de C , que es una función del porcentaje del tiempo requerido de funcionamiento (fig. 34).

Se han trazado los valores de σ_T en la fig. 35.

La fig. 36 puede obtenerse mediante el empleo de la ecuación (9), fig. 32 y los valores de σ_T dados por la fig. 35.

7. Influencia de la directividad y de la polarización de las antenas

Toda la información que acerca del ruido figura en este Informe, incluyendo los ejemplos dados en la última sección, se refieren a una antena receptora vertical corta. Aunque tales antenas pueden utilizarse en la práctica para bajas frecuencias, la comunicación a larga distancia en ondas decamétricas se consigue, por lo general, mediante el empleo de antenas muy directivas. Por consiguiente, debe tenerse en cuenta la influencia de la directividad y de la polarización de las antenas en la relación señal/ruido.

Se supone que se conoce suficientemente bien la ganancia de la señal, aunque dependa de la importancia relativa de los diversos modos de propagación, variable con el tiempo. El factor de ruido efectivo de la antena, que viene determinado por el ruido atmosférico, puede ser influido de distintas formas. Si las fuentes de ruido estuvieran distribuidas isotrópicamente, el factor de ruido sería independiente de las propiedades directivas de la antena. Sin embargo, en la práctica, la dirección acimutal del haz puede coincidir con la dirección de una zona en que predominan las tormentas, y el factor de ruido aumentará en comparación con la antena omnidireccional. Por otra parte, también puede ocurrir lo contrario. La directividad en el plano vertical puede ser tal que discrimine en favor o en contra de la recepción del ruido procedente de una fuente intensa. Puede esperarse un aumento de la variabilidad del ruido por el movimiento de las tormentas al entrar o salir del haz de la antena, aun cuando el valor medio de la intensidad permanezca invariable.

La información experimental que se tiene sobre la influencia de la directividad, es escasa y en algunos aspectos contradictoria. En una región ecuatorial (Singapur) se ha encontrado que el valor mediano de F_a para ciertas antenas directivas es un poco más elevado (unos 4 dB como término medio) que el correspondiente a una antena vertical de varilla en el mismo periodo de tiempo. Esta cifra es muy inferior a la ganancia de antena máxima posible que podría preverse dada la distribución extendida de las tormentas, pero el hecho es que, como término medio, la ganancia de ruido encontrada con una gama amplia de condiciones tormentosas, sugiere que existía una tendencia a recibirse más ruido con menores ángulos de elevación. También en la República Federal de Alemania se hallaron factores de ruido más elevados con antenas directivas [Kronjäger y Vogt, 1959]. Por otra parte, en unos experimentos efectuados en Australia los factores medios de ruido de varias antenas orientadas en diferentes direcciones eran inferiores en unos dB al de la antena vertical de varilla, lo que se explica por la importancia del ruido que incidía en ángulos elevados. Parece, pues, que en términos generales la ganancia en la relación señal/ruido será probablemente, en primera aproximación, la que corresponde sólo a la señal (que puede, sin embargo, ser inferior a la ganancia óptima) y que si se requiere una mayor precisión es necesario tener en cuenta las situaciones de las tormentas y las frecuencias críticas de la ionosfera, además del diagrama polar de la antena. Para poder determinar valores razonablemente precisos, es necesario emprender nuevos trabajos de investigación, pero por el momento parece que las diferencias serán normalmente inferiores a 6 dB.

Se tienen todavía menos datos de la influencia de la polarización de las antenas, pero cabe suponer, en primera aproximación, que los ruidos en la recepción son comparables en el caso de las dos polarizaciones cuando la altura de la antena es grande con relación a la longitud de onda.

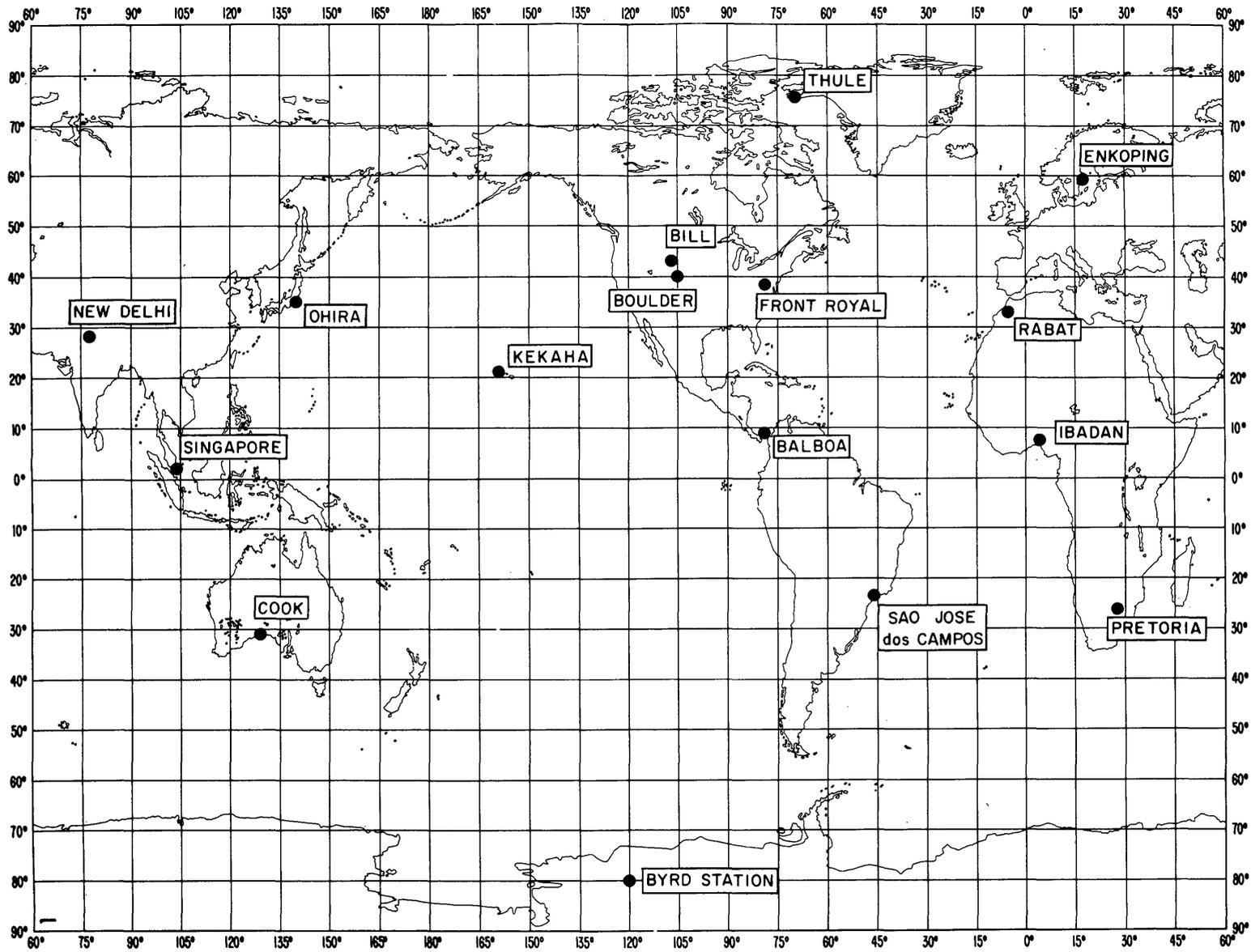


FIGURA 1 - Estaciones de medida que han suministrado datos del ruido radioeléctrico

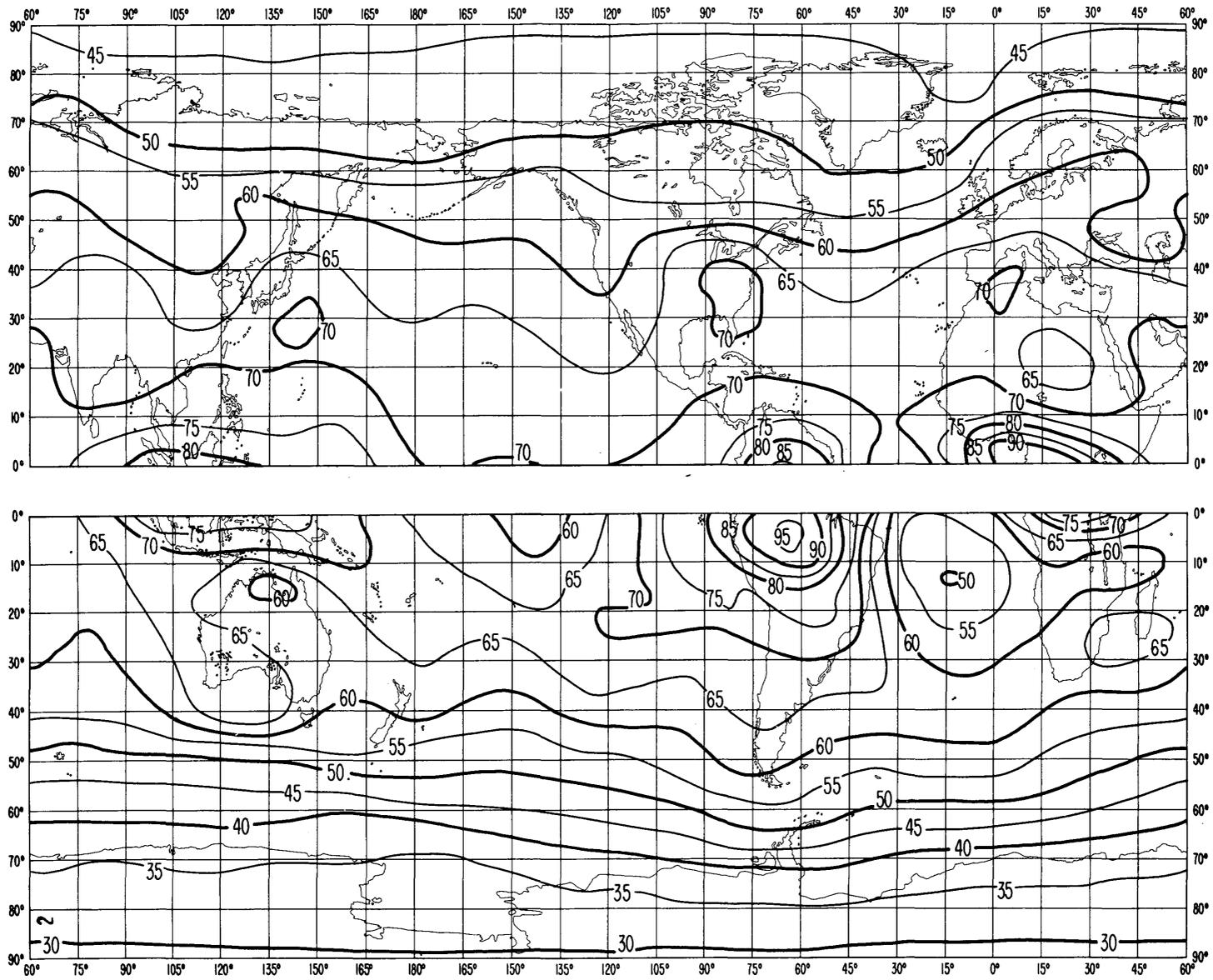


FIGURA 2a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_0b en 1 MHz
(Invierno; 0000-0400 h)

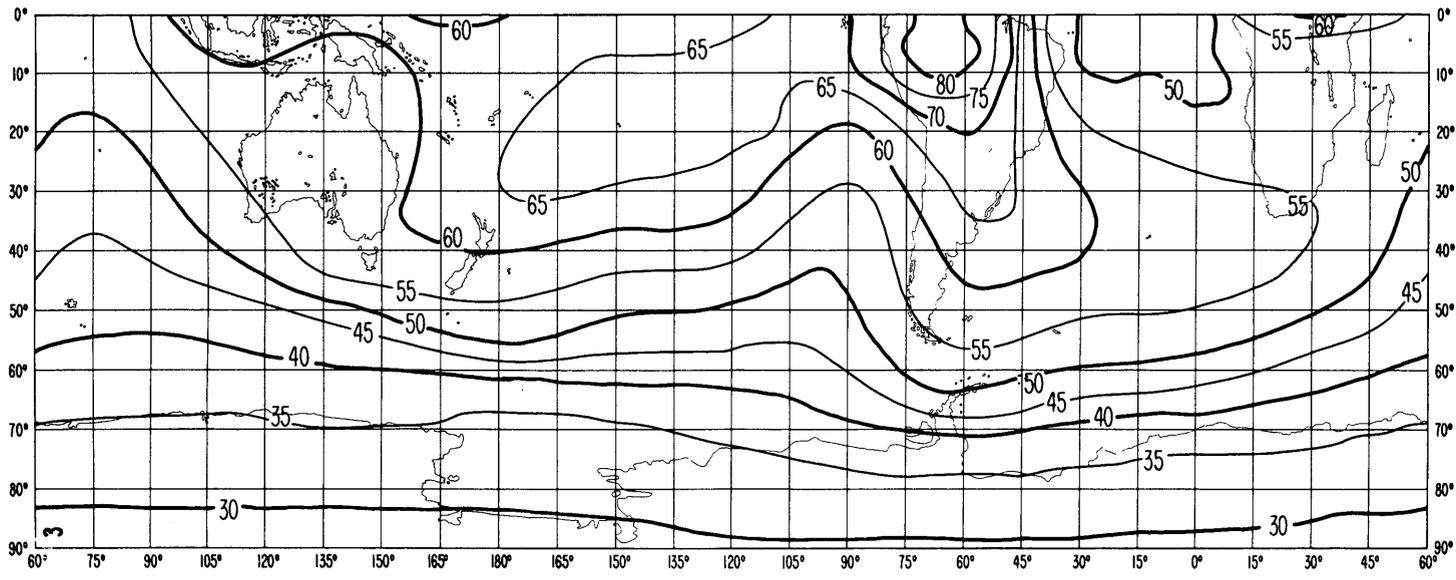
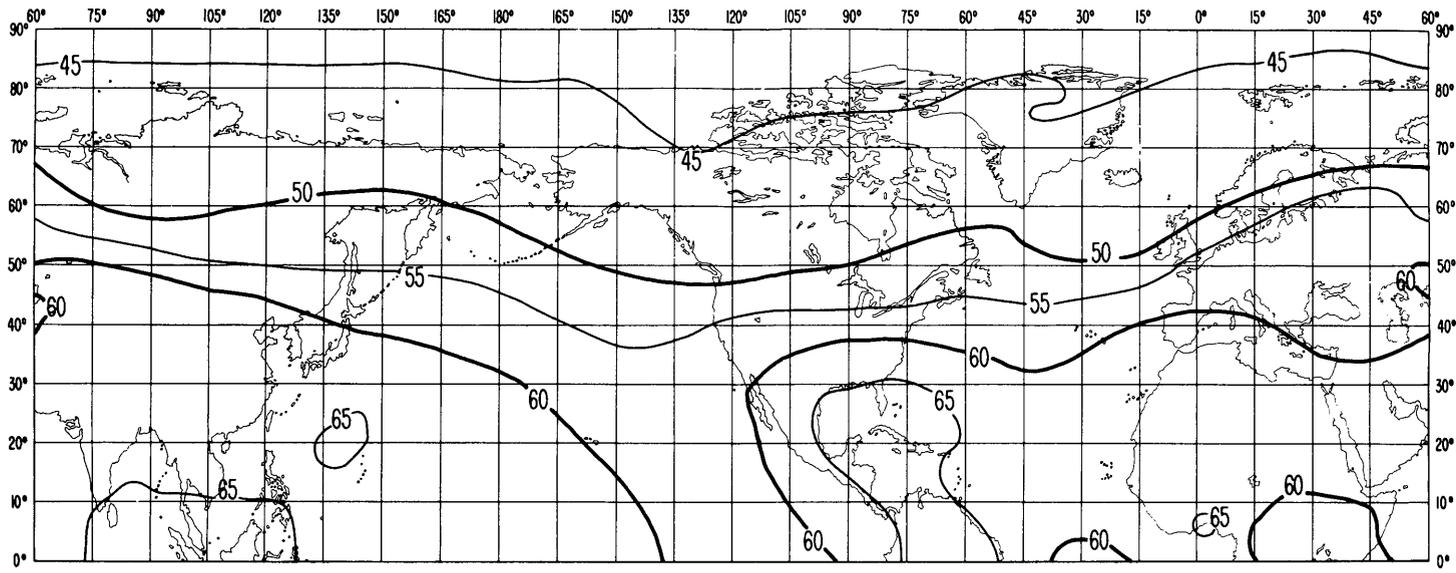


FIGURA 3a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_0b en 1 MHz
(Invierno; 0400-0800 h)

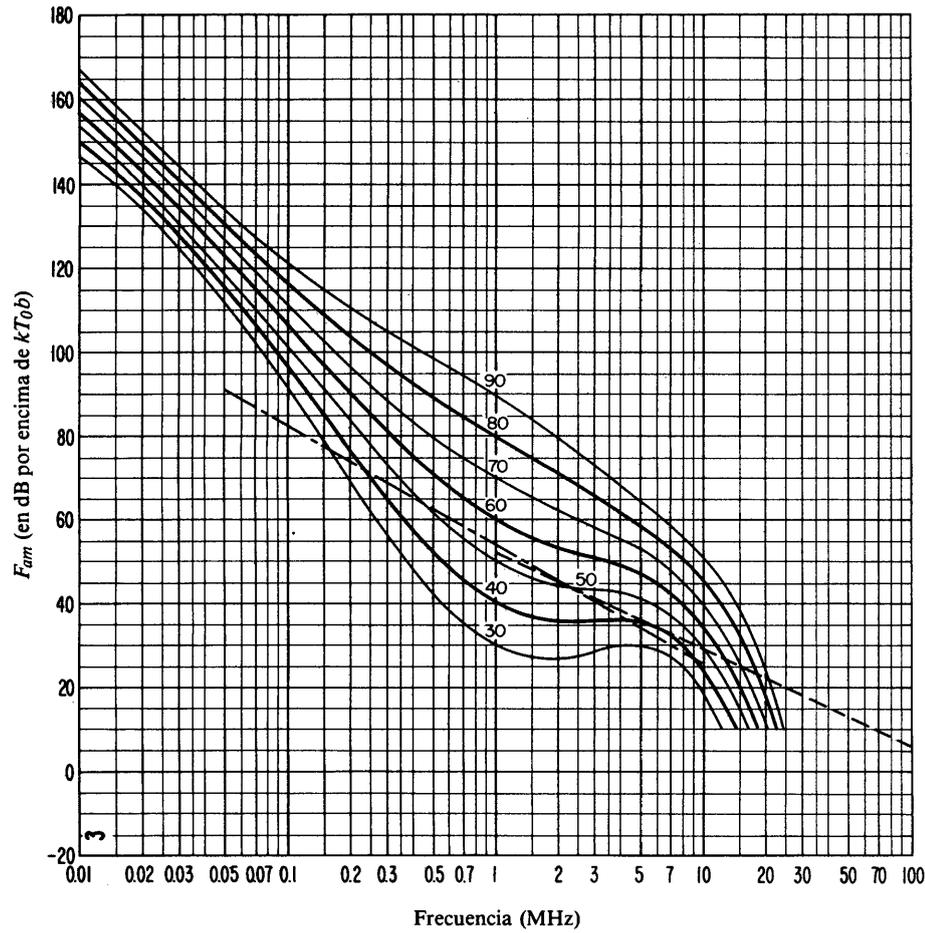


FIGURA 3b – Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Invierno; 0400-0800 h)

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

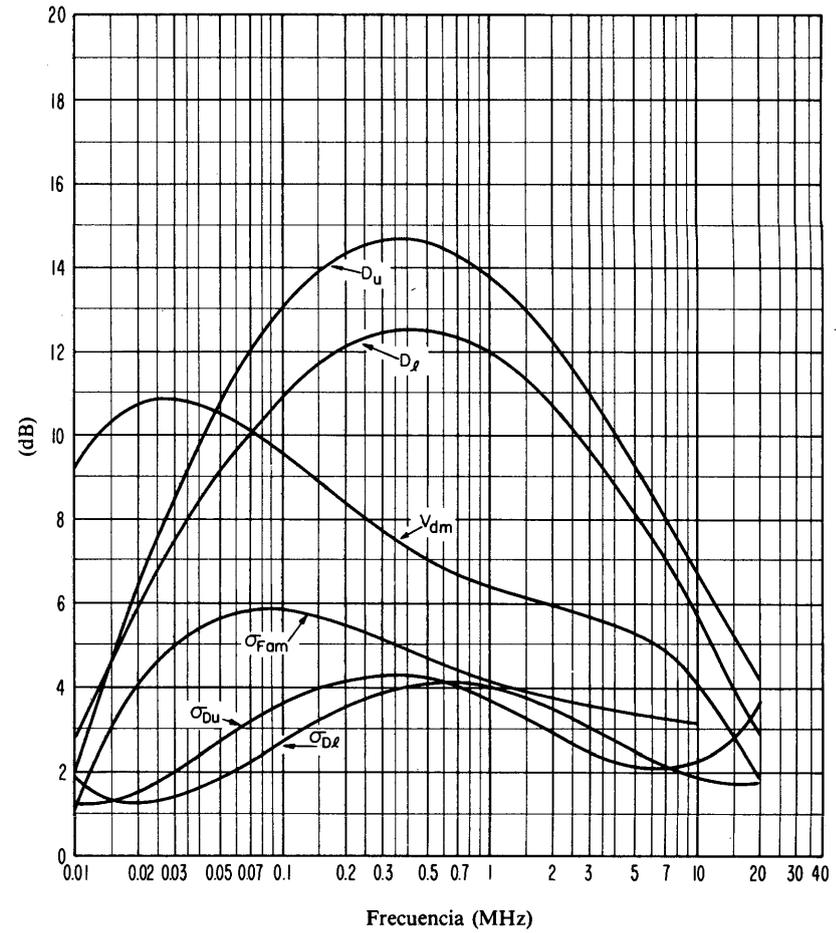


FIGURA 3c – Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Invierno; 0400-0800 h)

- σ_{Fam} : Desviación típica de los valores de F_{am}
- D_u : Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} : Desviación típica de los valores de D_u
- D_l : Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{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)



FIGURA 4a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_0b en 1 MHz
(Invierno; 0800-1200 h)

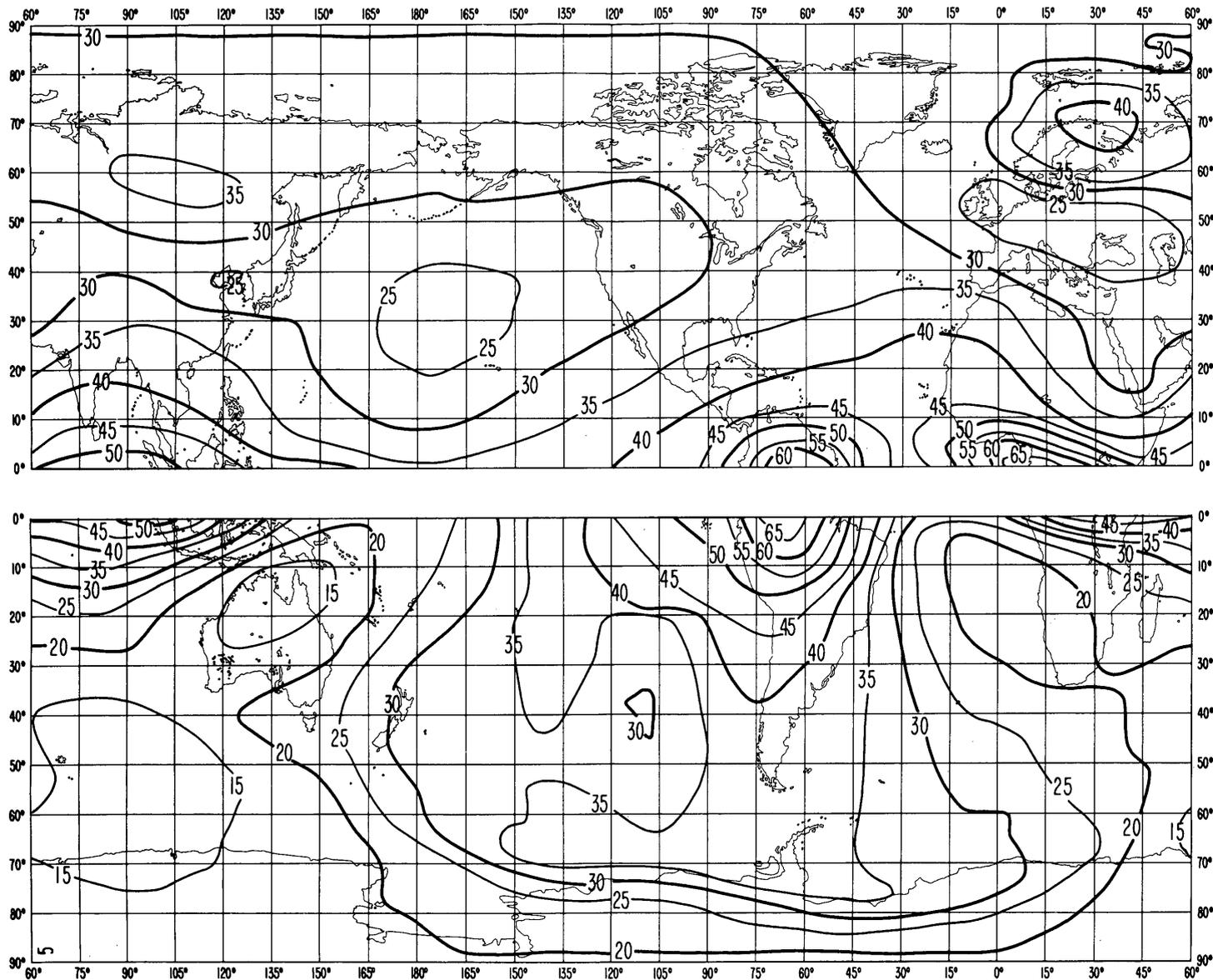


FIGURA 5a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_{0b} en 1 MHz
(Invierno; 1200-1600 h)

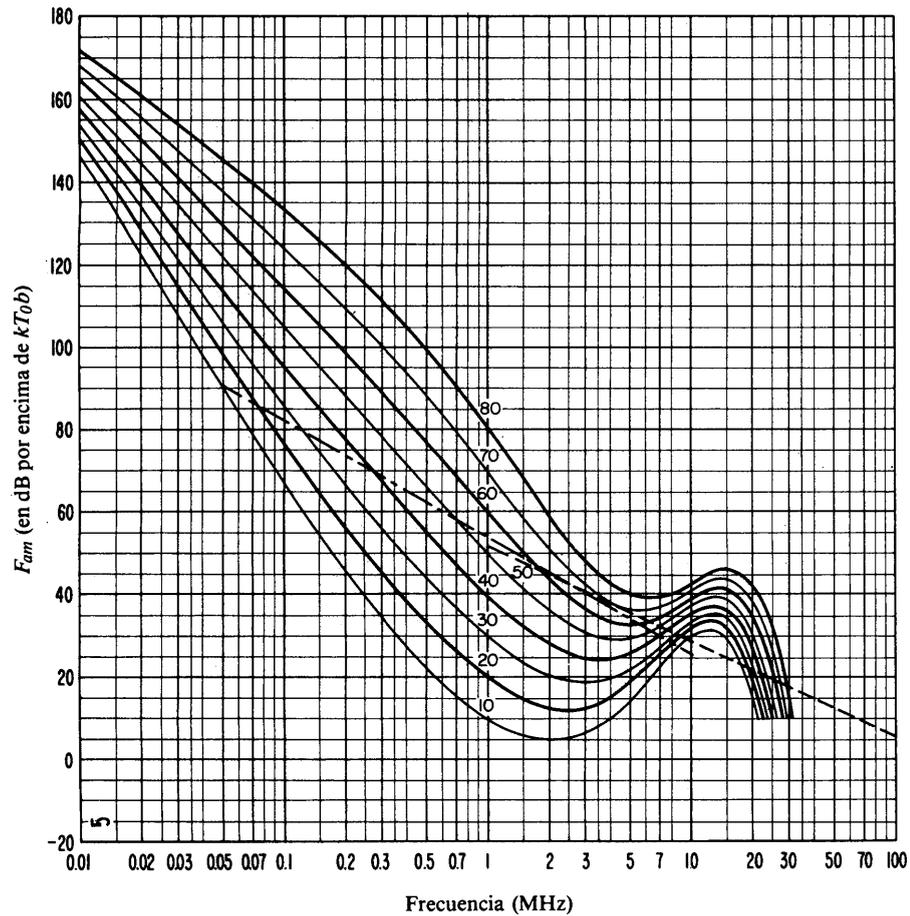


FIGURA 5b – Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Invierno; 1200-1600 h)

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

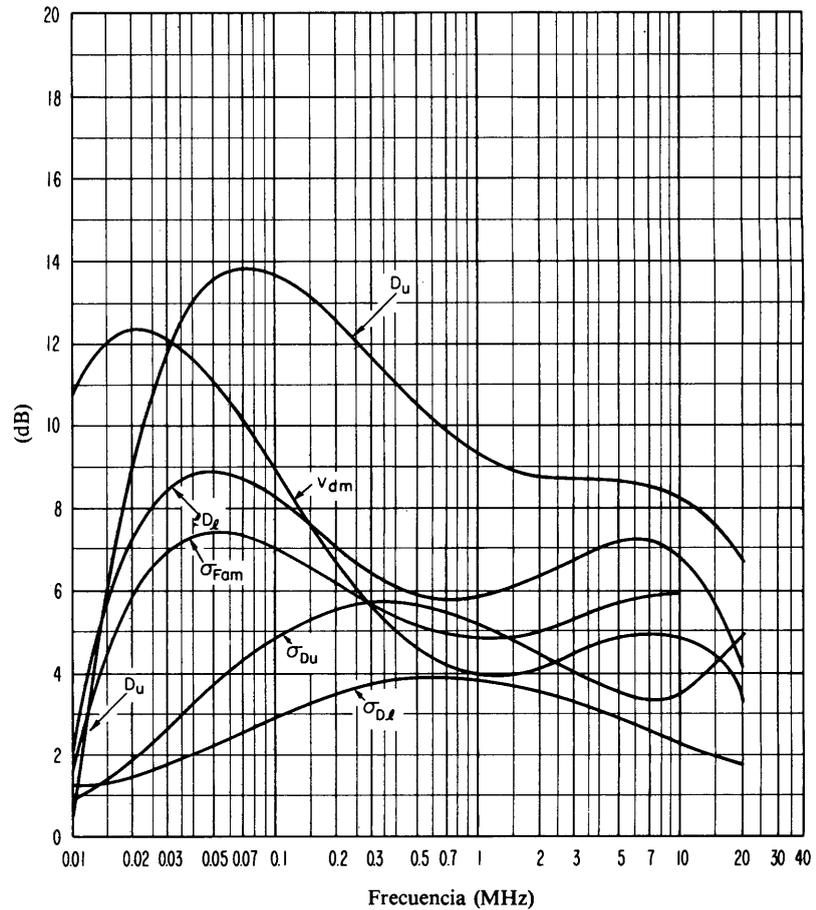


FIGURA 5c – Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Invierno; 1200-1600 h)

- σ_{Fam} : Desviación típica de los valores de F_{am}
- D_u : Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} : Desviación típica de los valores de D_u
- D_l : Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{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)

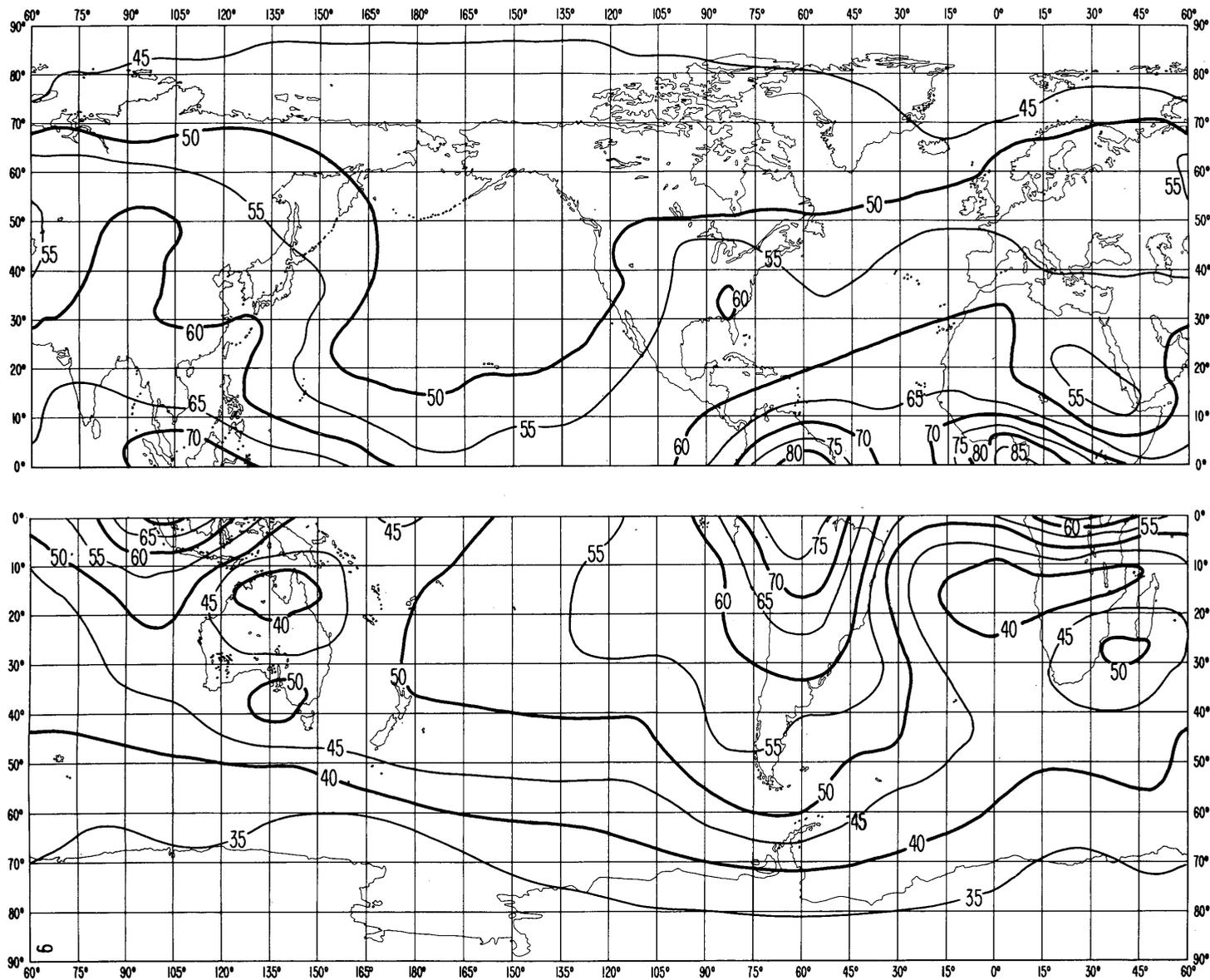


FIGURA 6a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_0b en 1 MHz
(Invierno; 1600-2000 h)

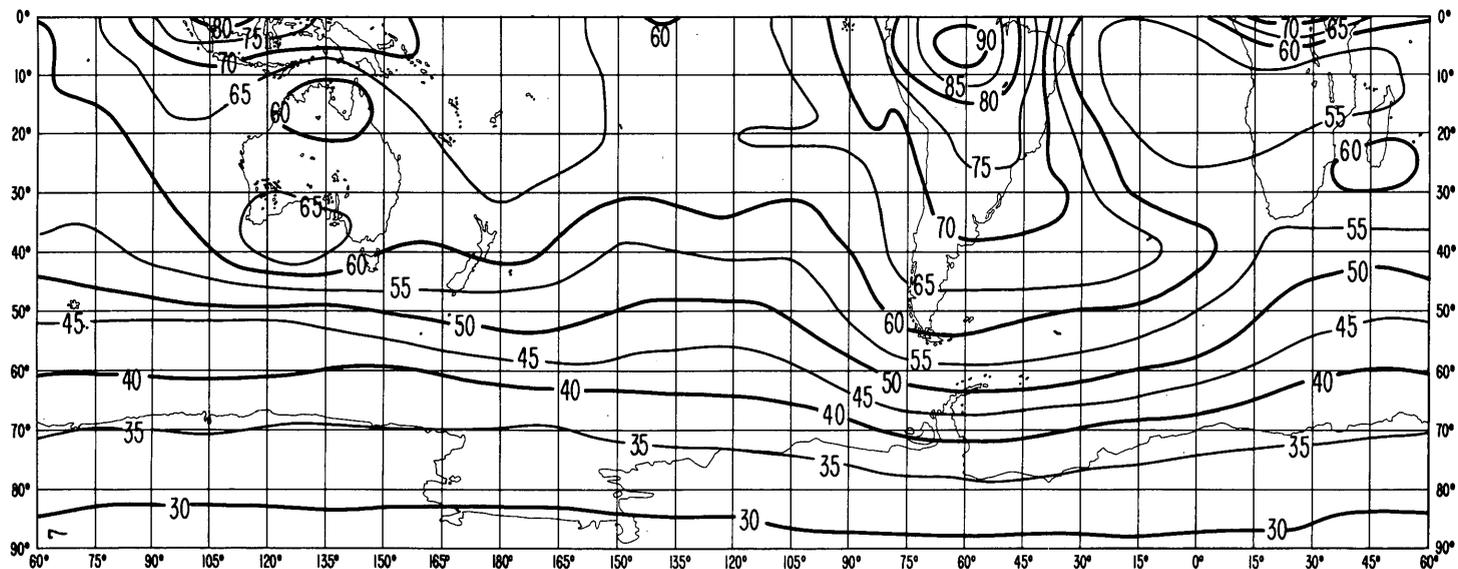
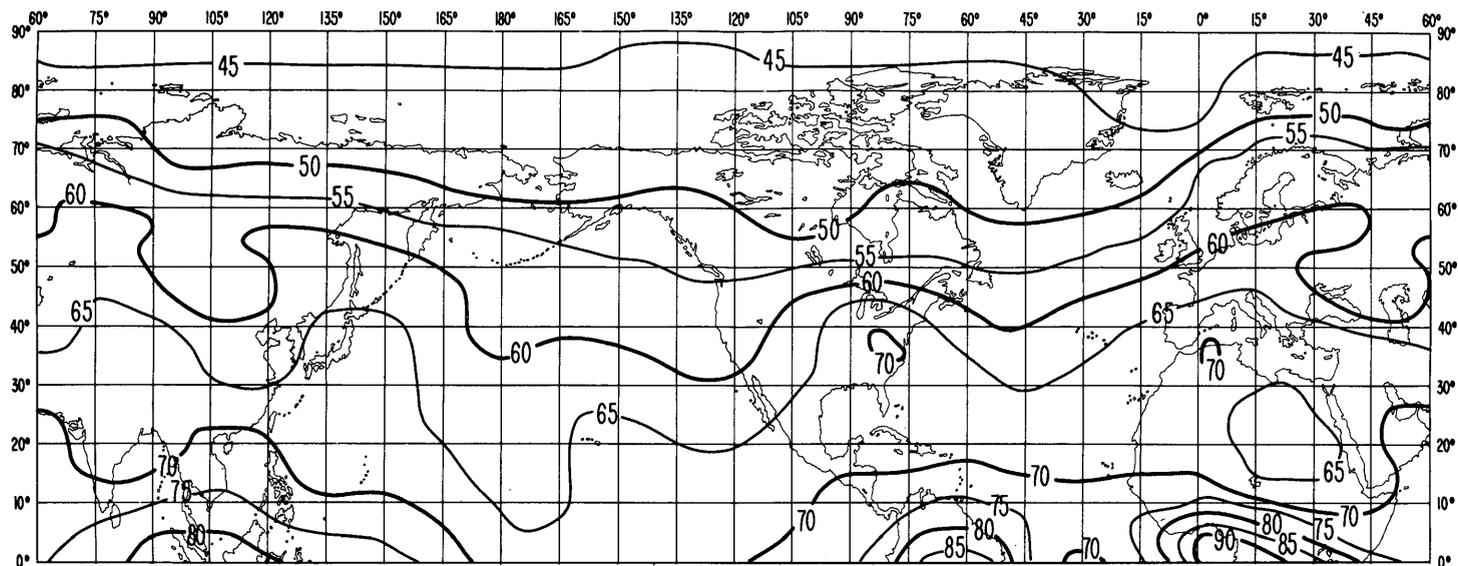


FIGURA 7a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_0b en 1 MHz
(Invierno; 2000-2400 h)

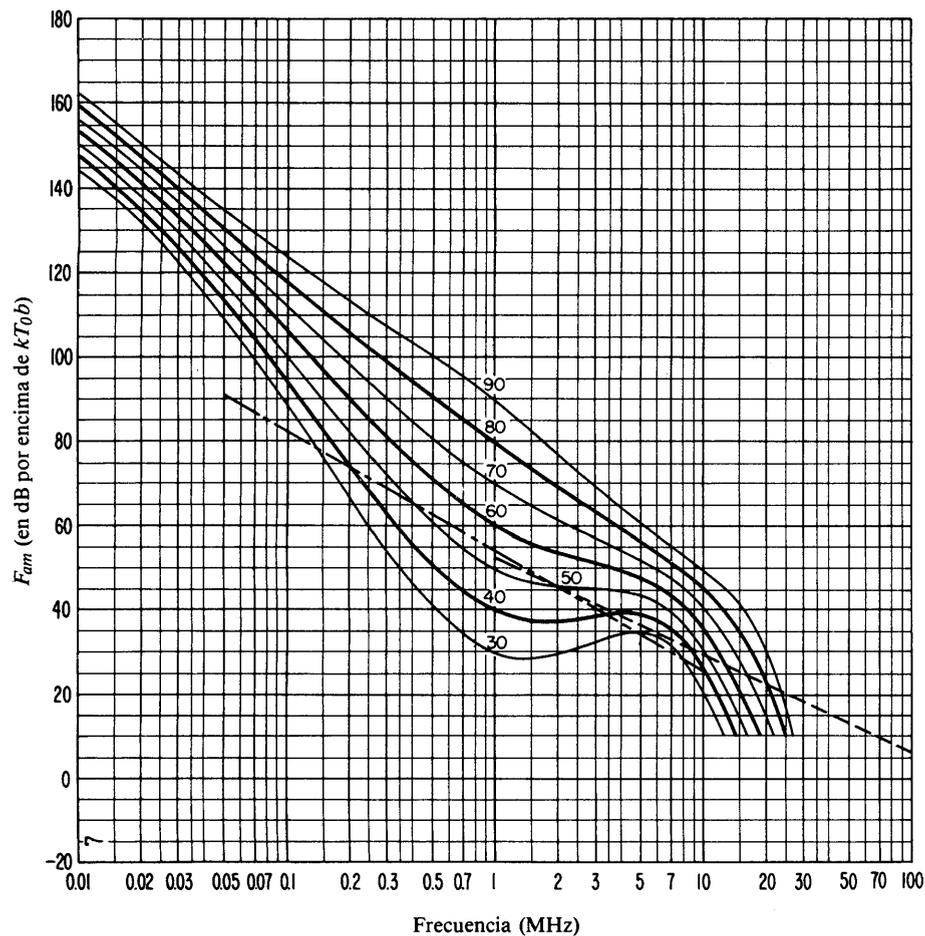


FIGURA 7b – Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia (Invierno; 2000-2400 h)

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

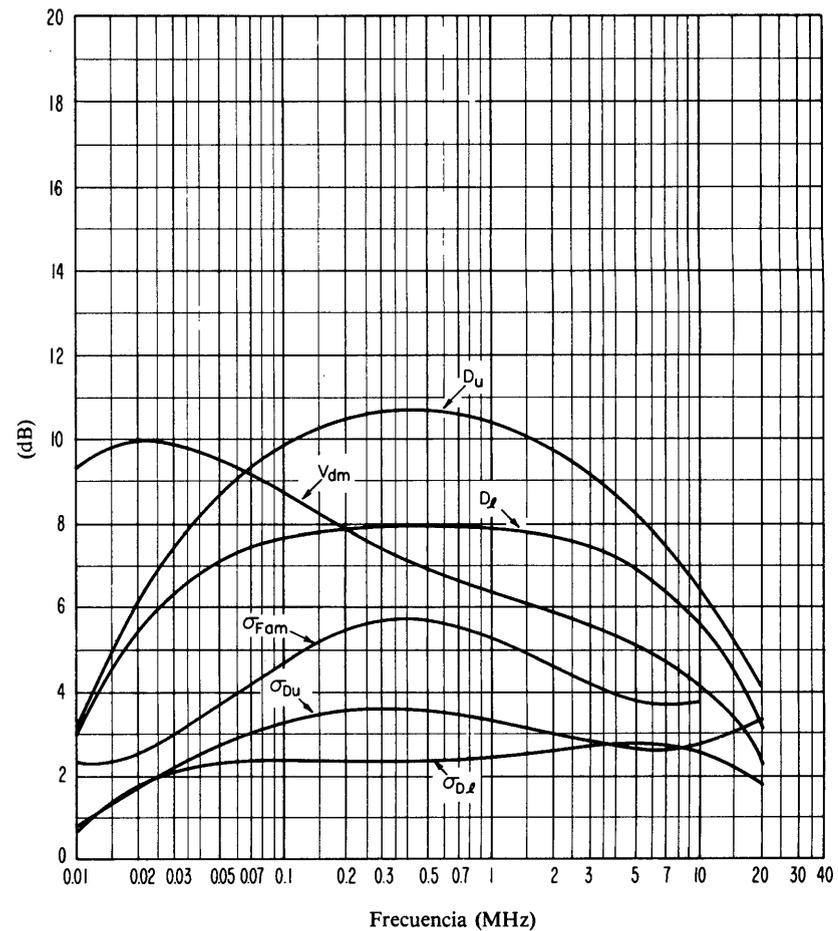


FIGURA 7c – Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido (Invierno; 2000-2400 h)

- $\sigma_{F_{am}}$: Desviación típica de los valores de F_{am}
- D_u : Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} : Desviación típica de los valores de D_u
- D_l : Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{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)

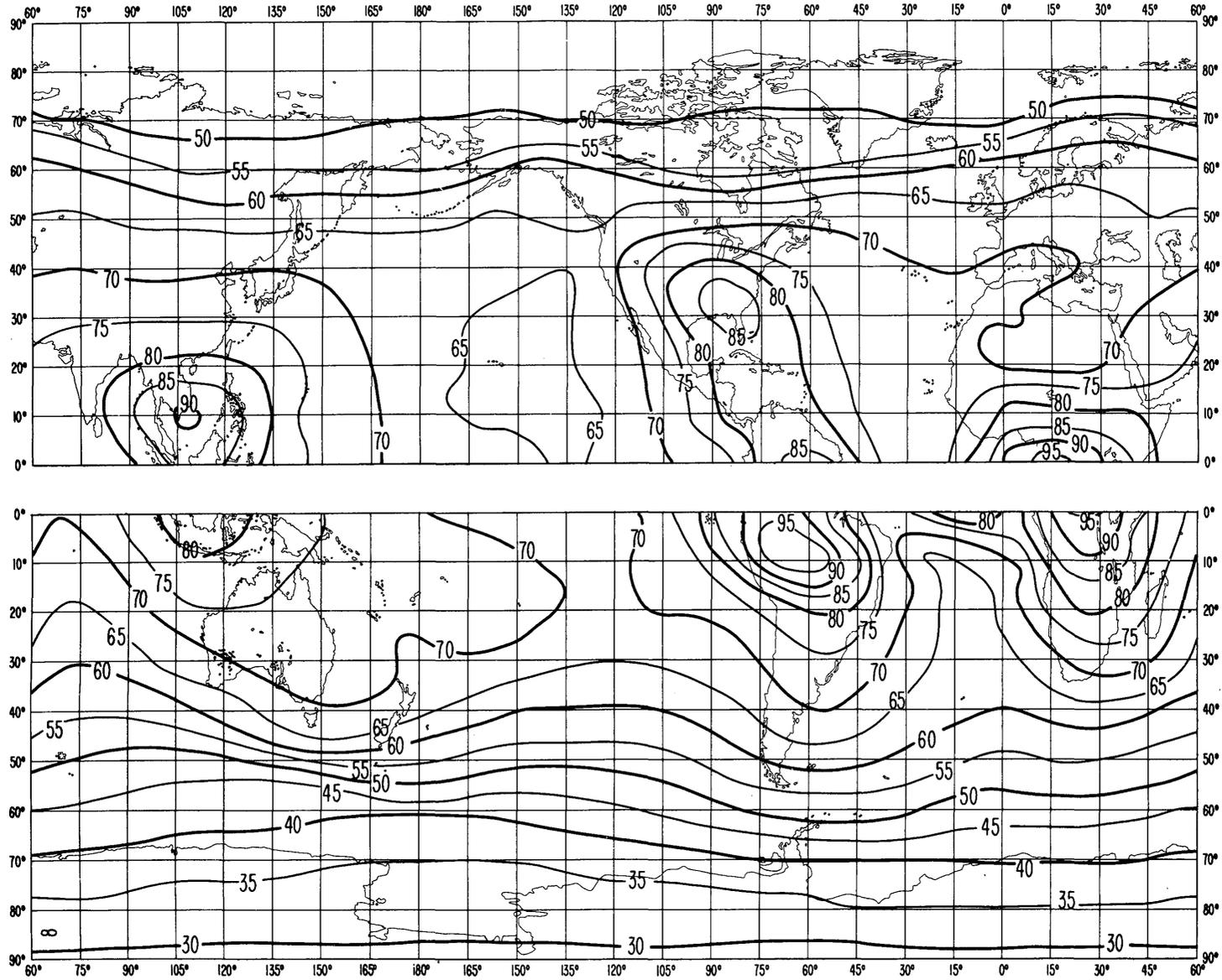


FIGURA 8a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_{0b} en 1 MHz (Primavera; 0000-0400 h)

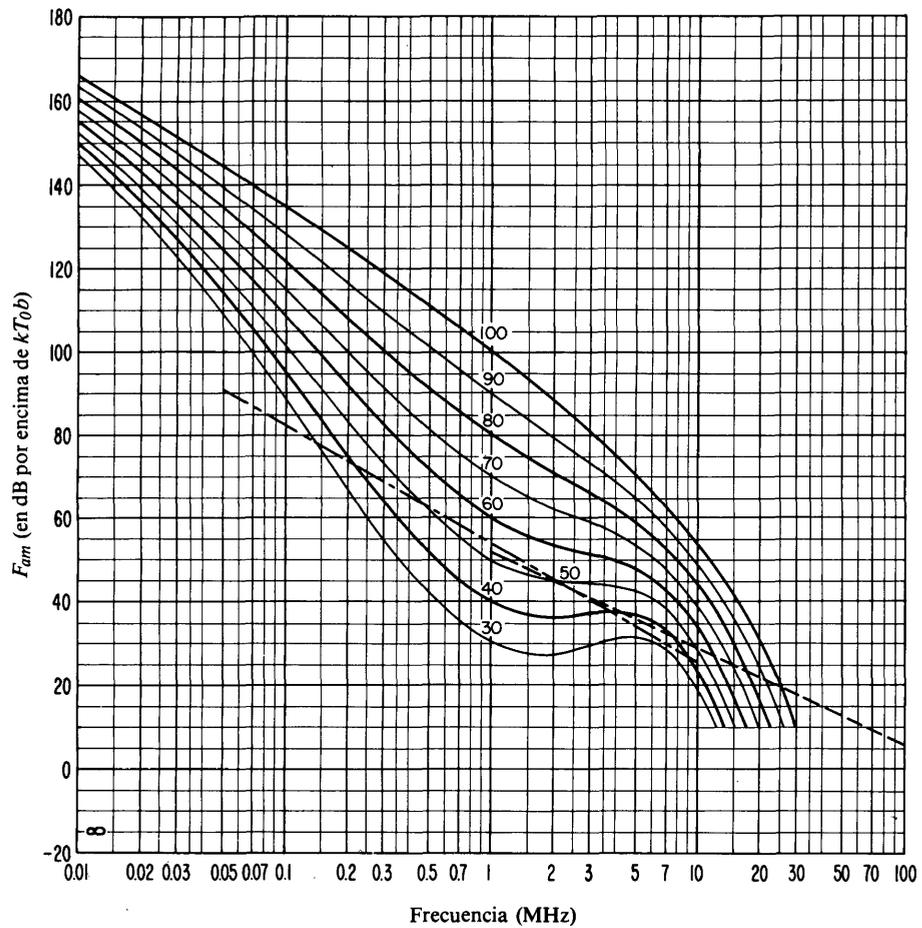


FIGURA 8b – Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia (Primavera; 0000-0400 h)

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

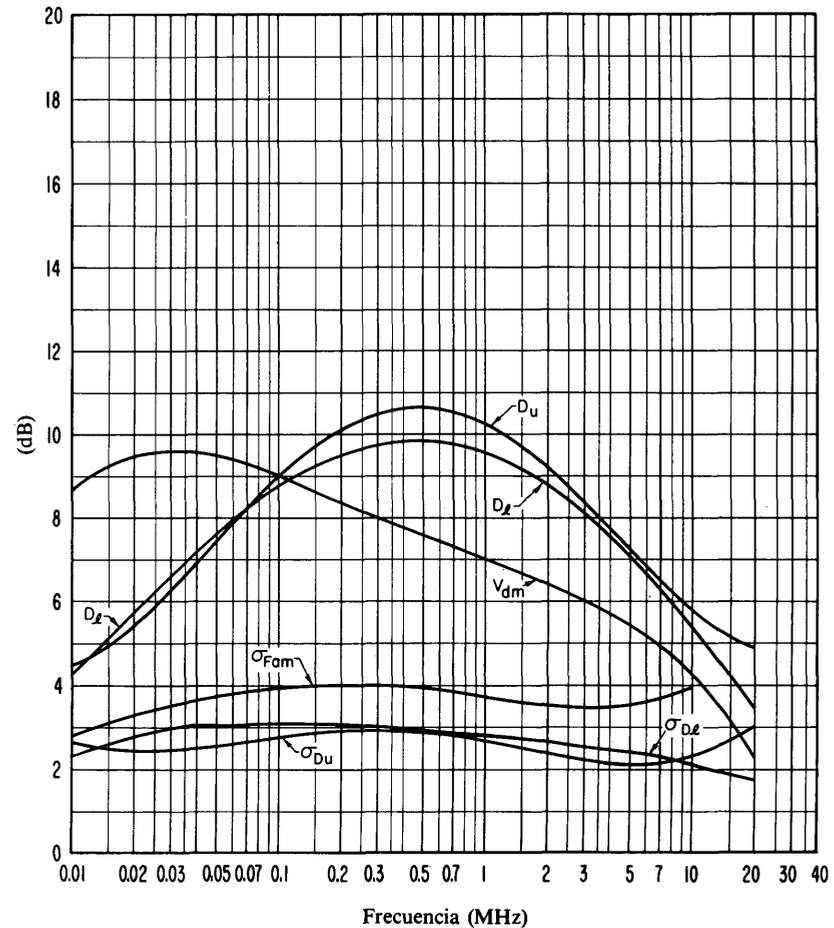


FIGURA 8c – Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido (Primavera; 0000-0400 h)

- $\sigma_{F_{am}}$: Desviación típica de los valores de F_{am}
- D_u : Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} : Desviación típica de los valores de D_u
- D_l : Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{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)

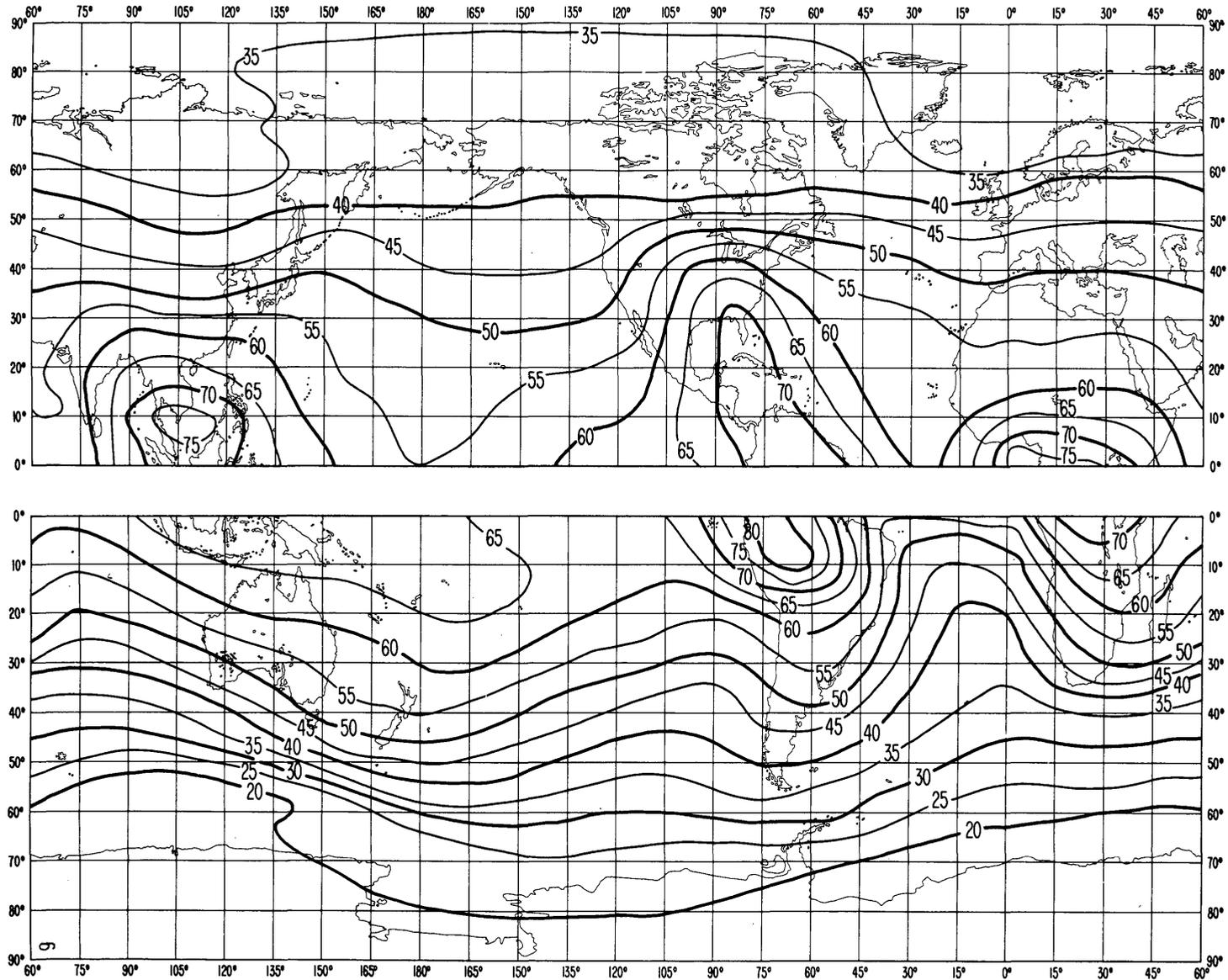


FIGURA 9a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_{0b} en 1 MHz
(Primavera; 0400-0800 h)

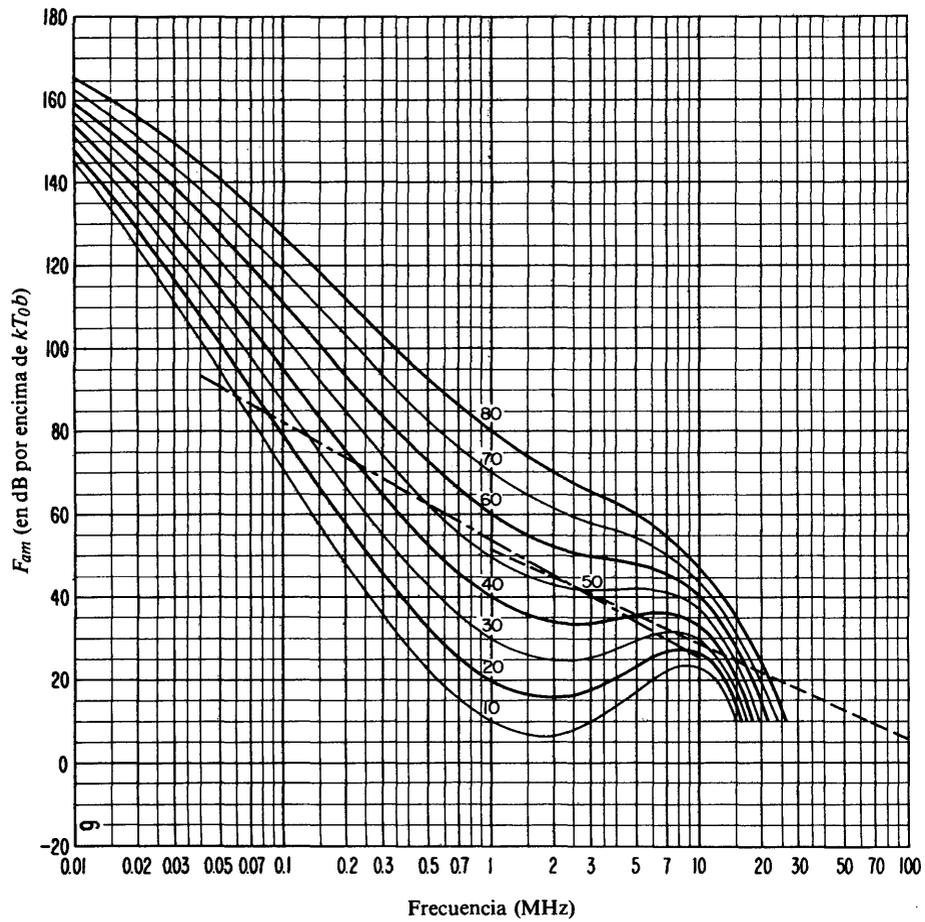


FIGURA 9b – Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia (Primavera; 0400-0800 h)

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

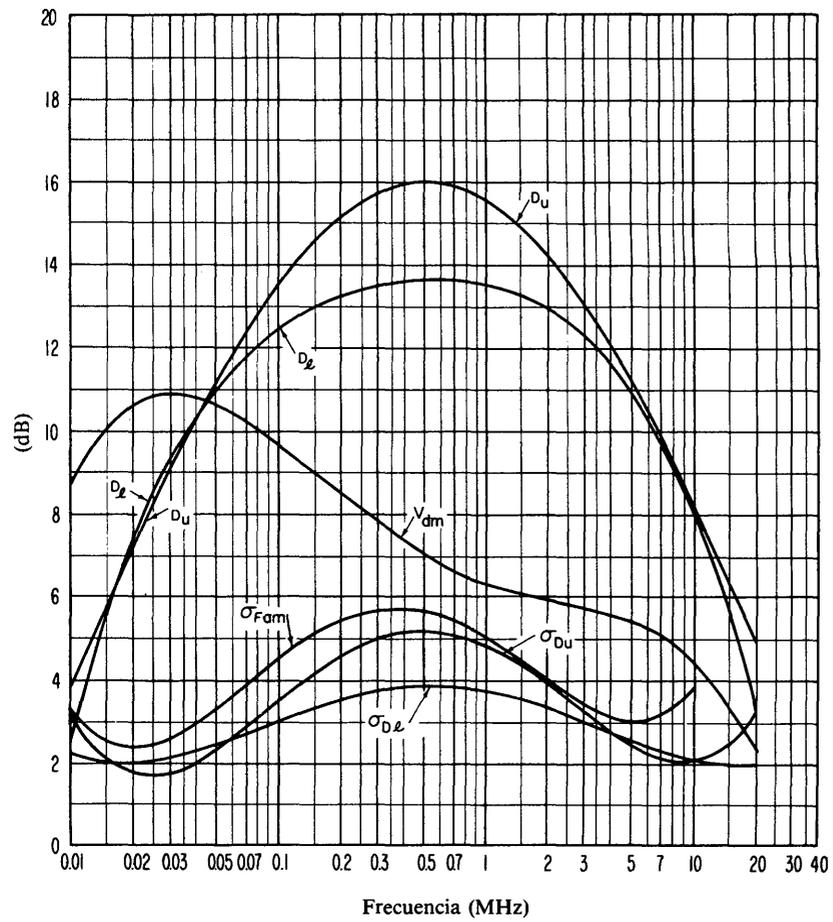


FIGURA 9c – Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido (Primavera; 0400-0800 h)

- $\sigma_{F_{am}}$: Desviación típica de los valores de F_{am}
- D_U : Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_U} : Desviación típica de los valores de D_U
- D_L : Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{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)

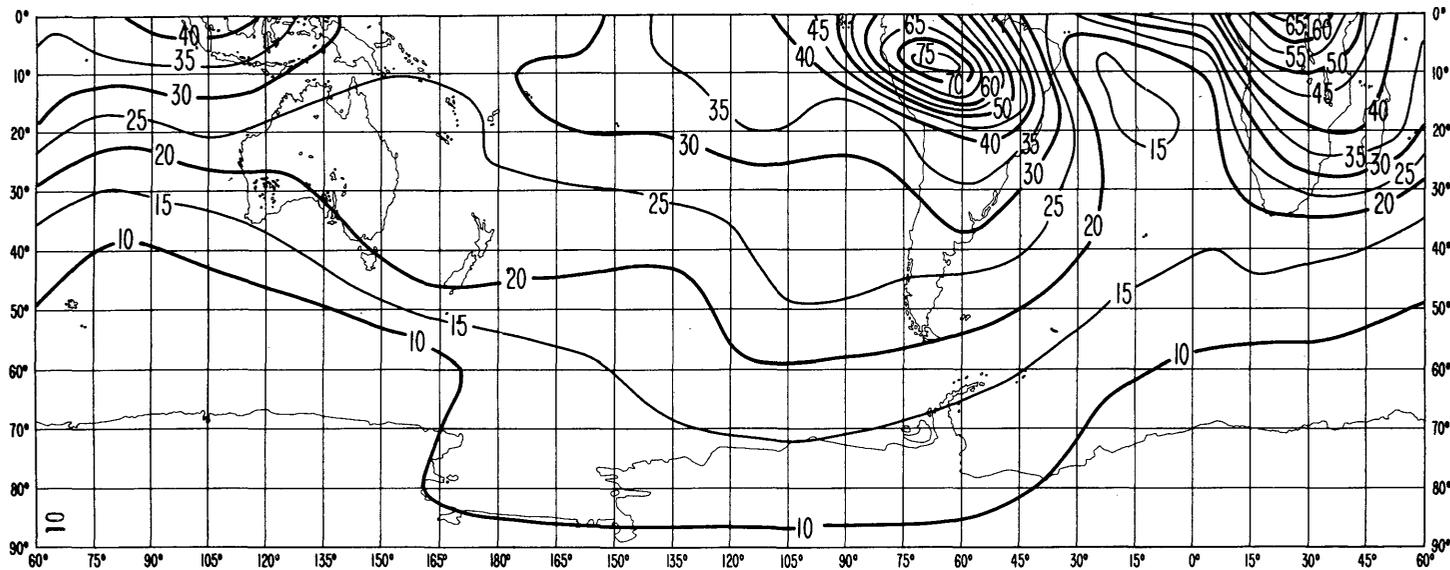
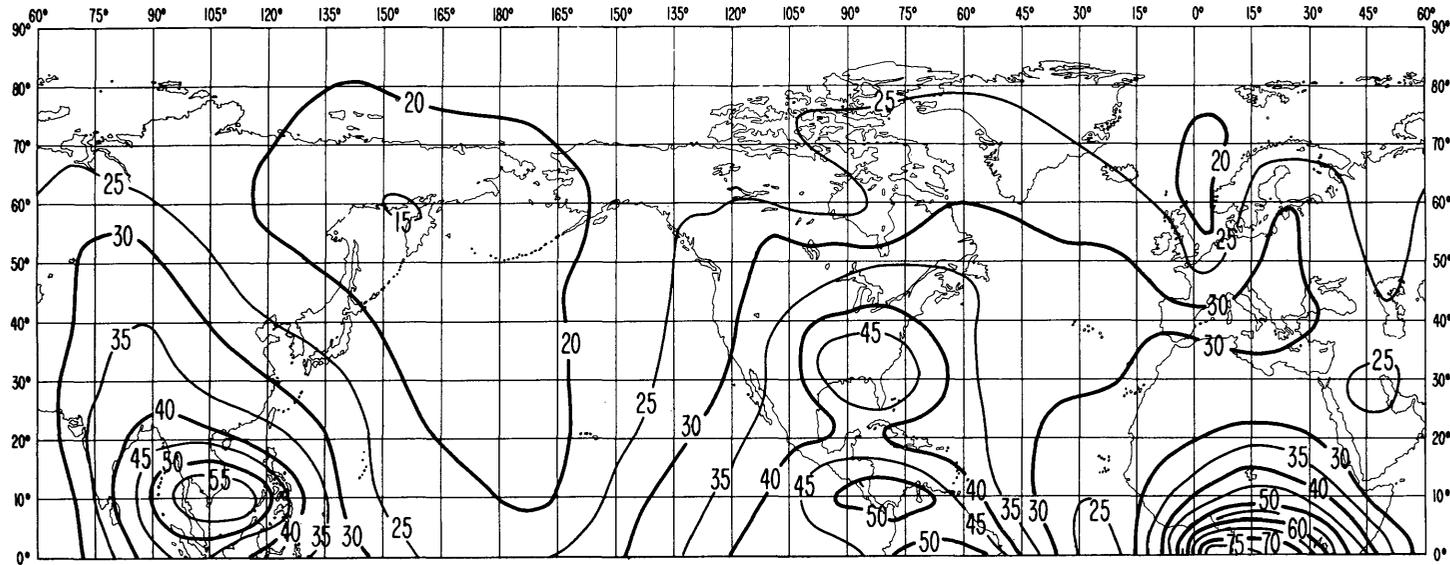


FIGURA 10a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_{0b} en 1 MHz
(Primavera; 0800-1200 h)

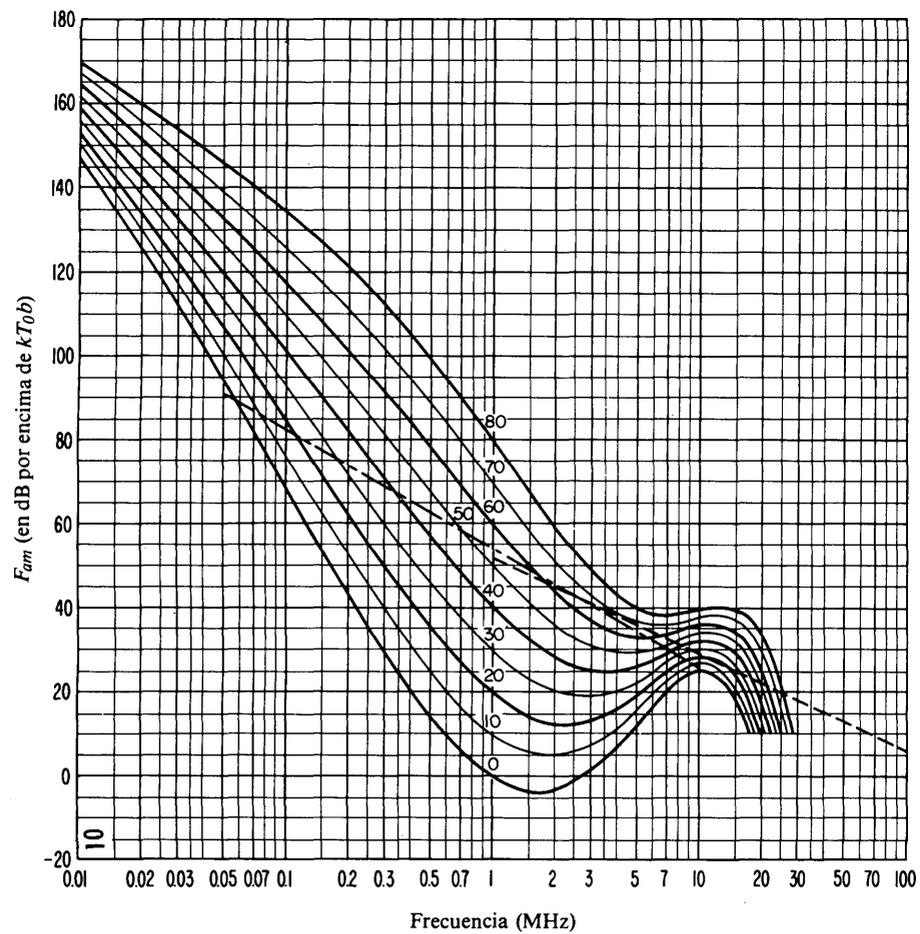


FIGURA 10b – Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Primavera; 0800-1200 h)

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

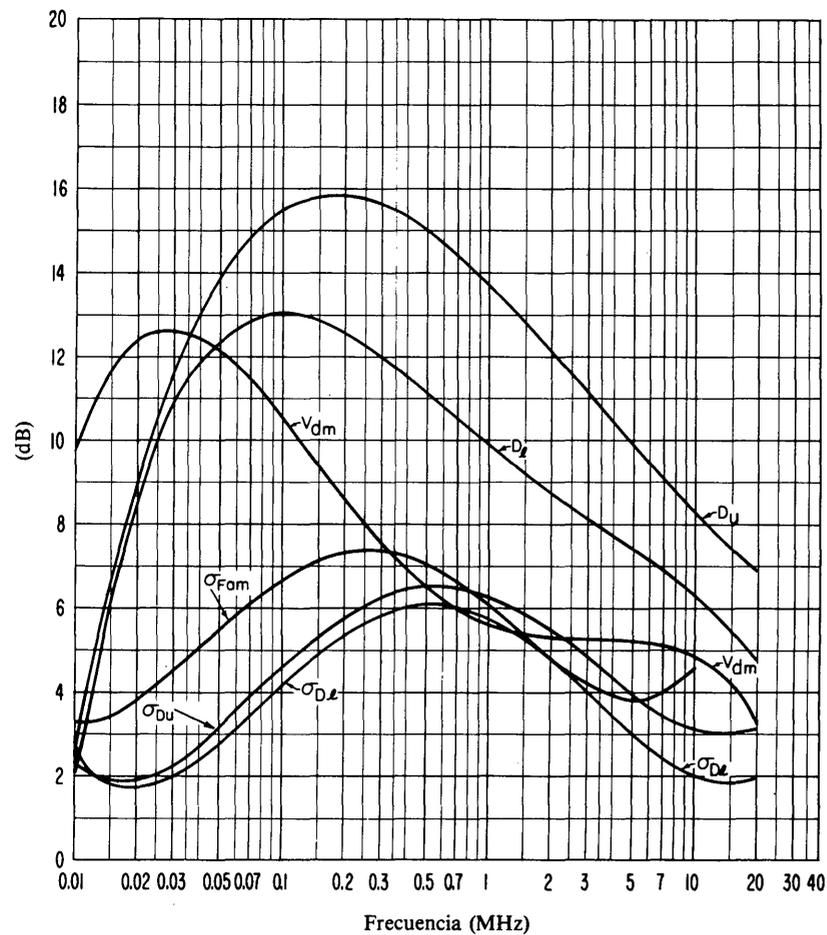


FIGURA 10c – Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Primavera; 0800-1200 h)

- σ_{Fam} : Desviación típica de los valores de F_{am}
- D_u : Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} : Desviación típica de los valores de D_u
- D_l : Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{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)

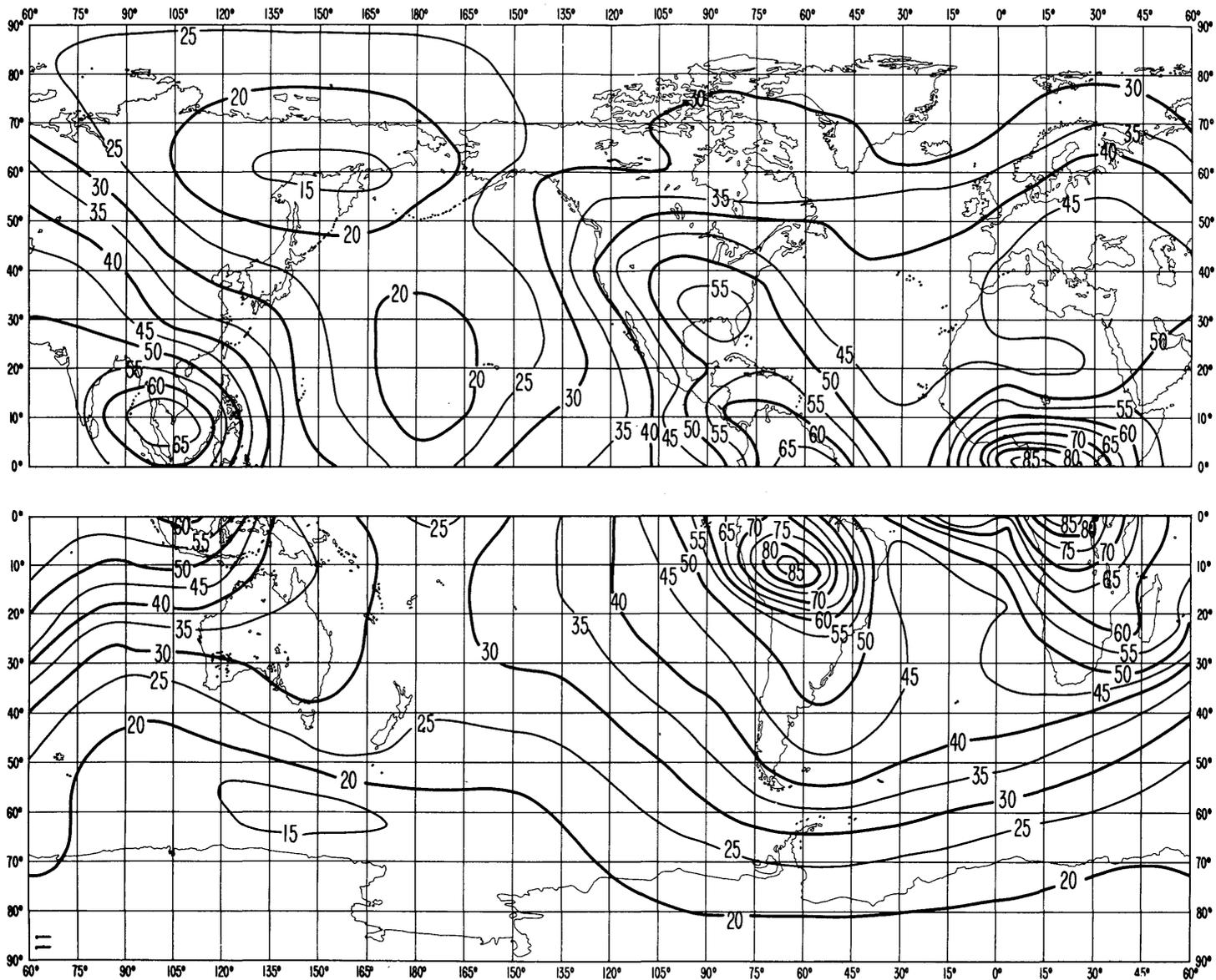


FIGURA 11a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_{0b} en 1 MHz (Primavera; 1200-1600 h)

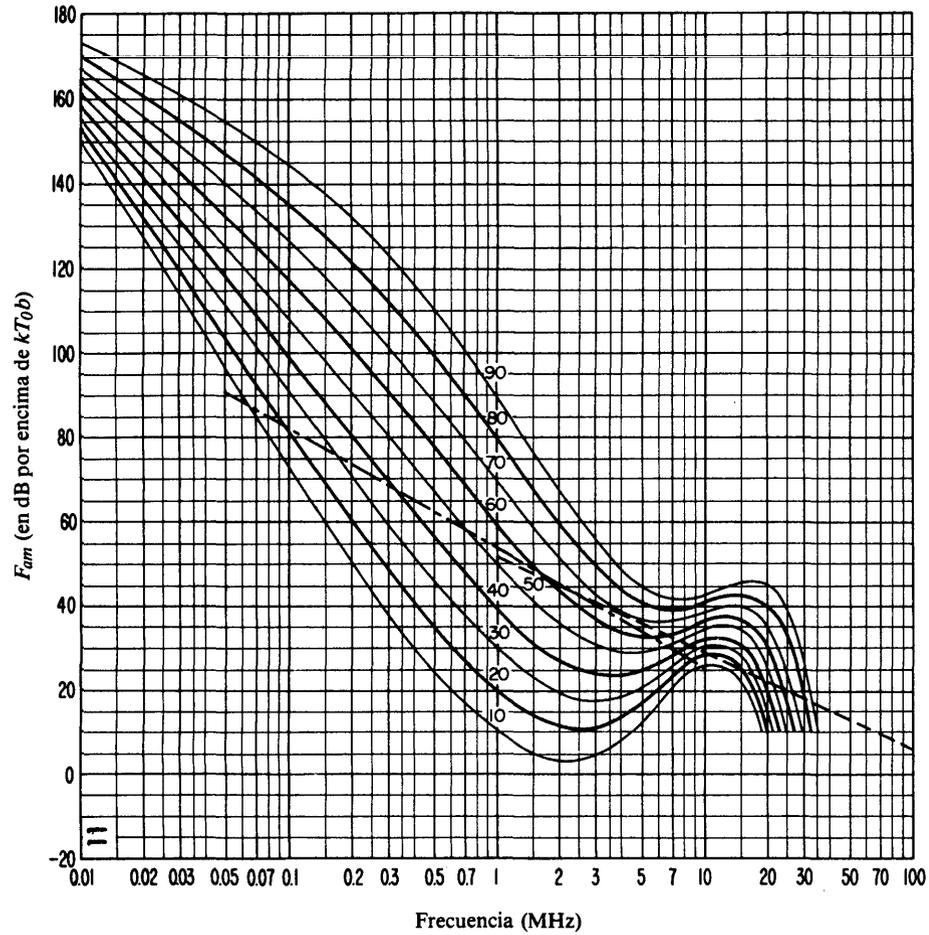


FIGURA 11b – Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Primavera; 1200-1600 h)

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

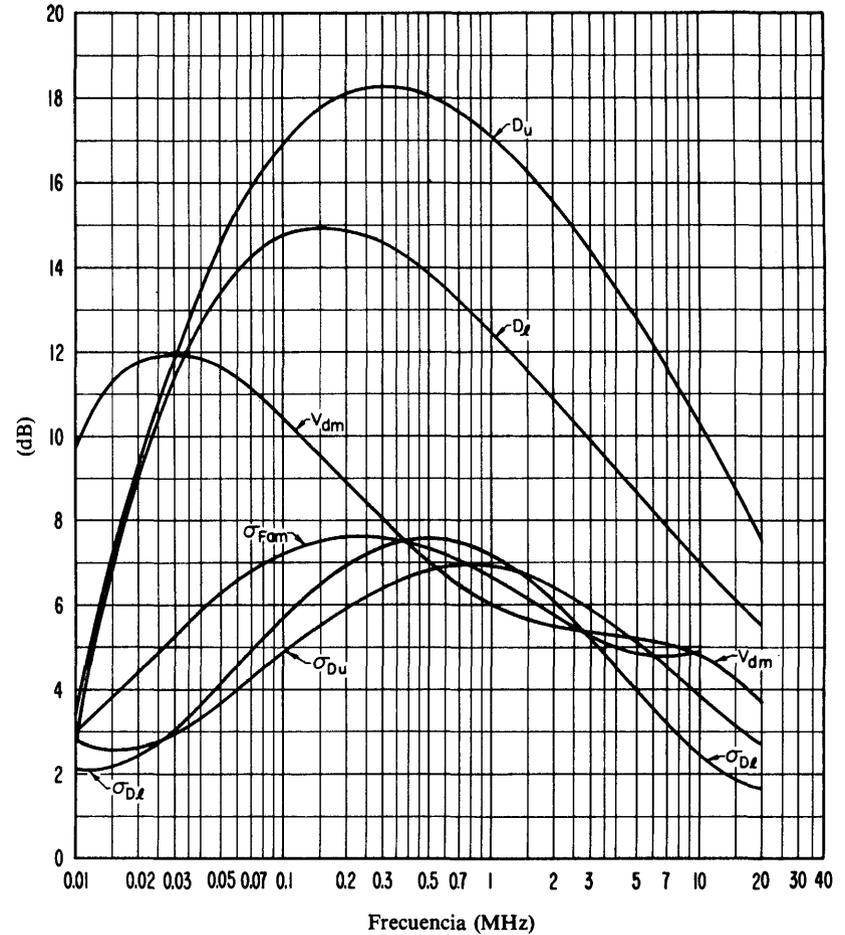


FIGURA 11c – Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Primavera; 1200-1600 h)

- σ_{Fam} : Desviación típica de los valores de F_{am}
- D_u : Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{Du} : Desviación típica de los valores de D_u
- D_l : Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{Dl} : 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)

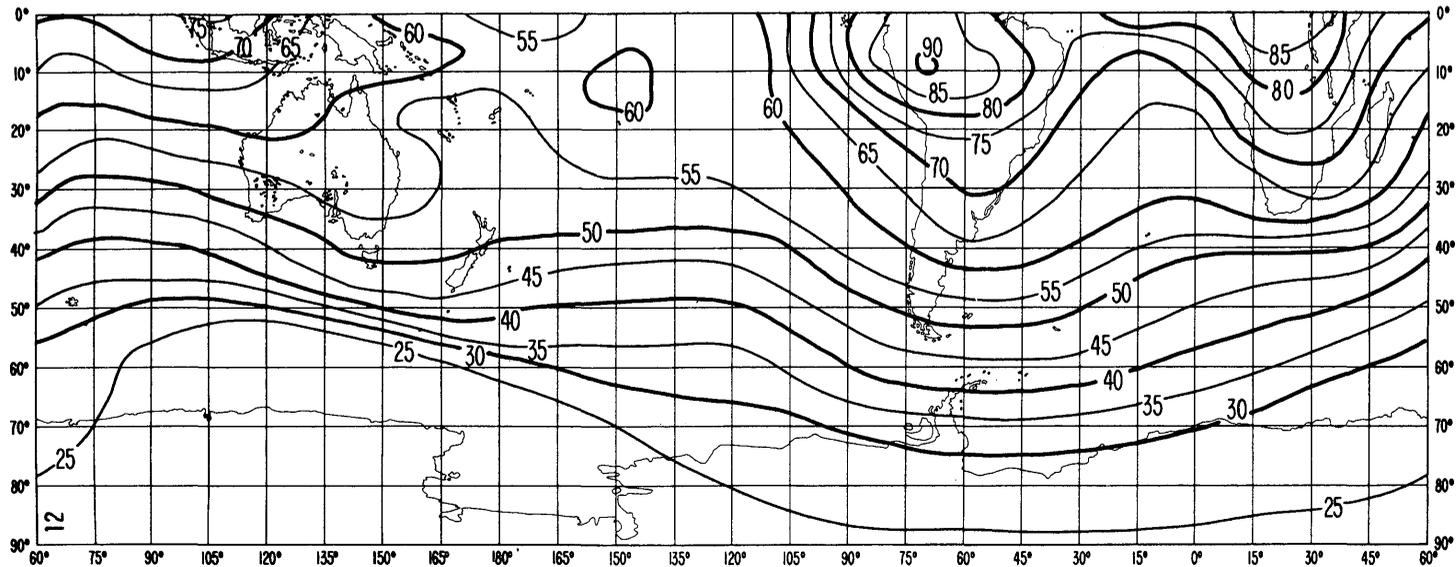
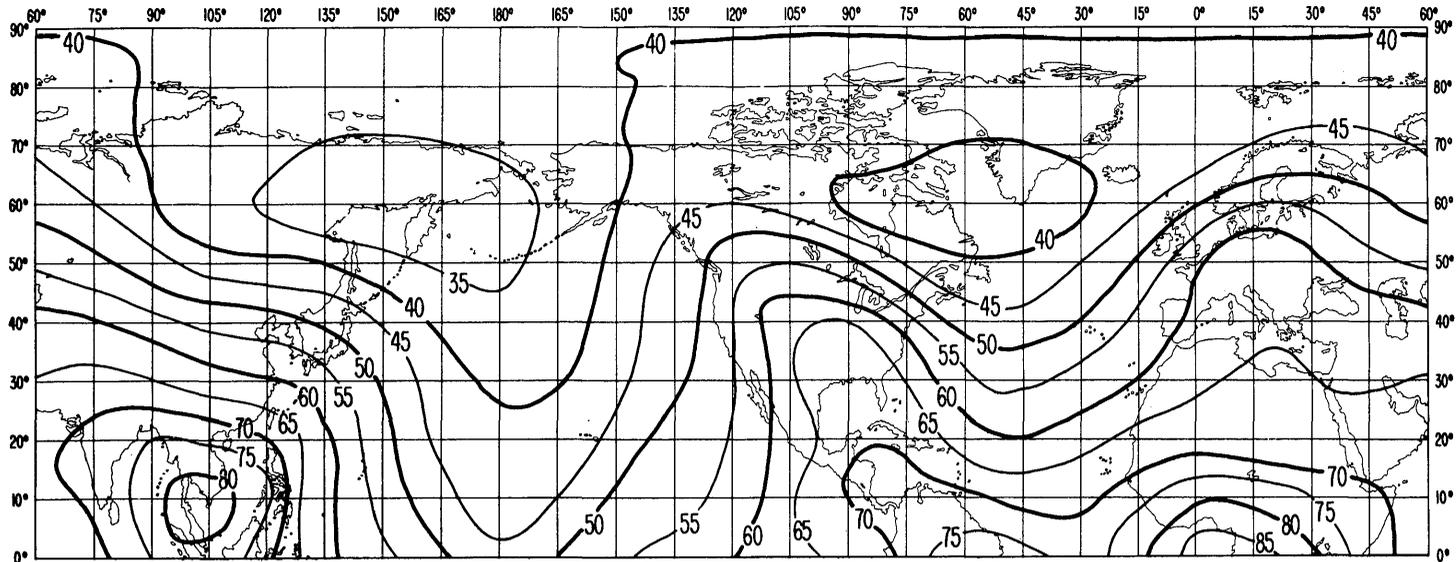


FIGURA 12a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_0b en 1 MHz
(Primavera; 1600-2000 h)

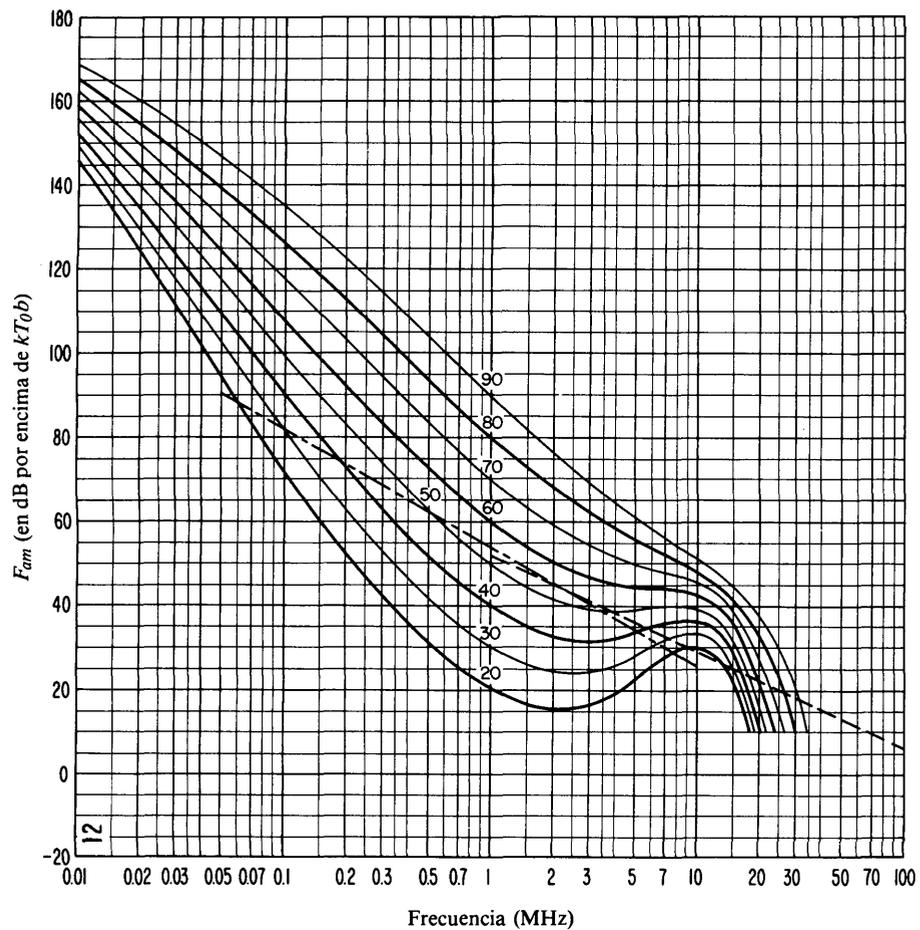


FIGURA 12b – Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia (Primavera; 1600-2000 h)

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

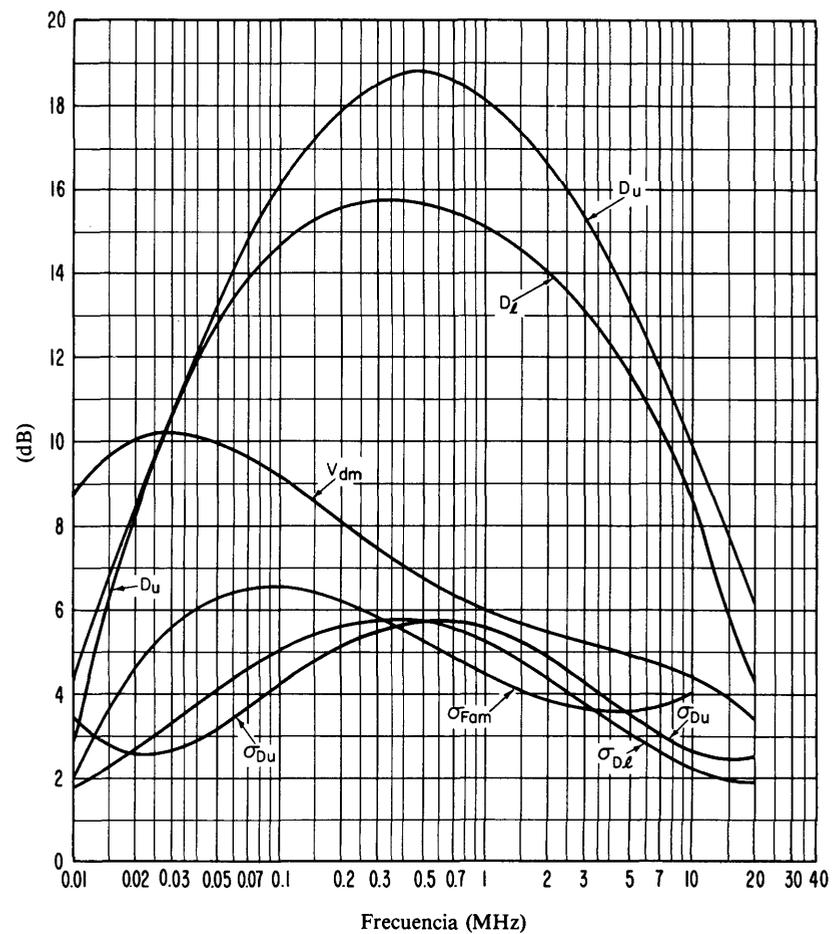


FIGURA 12c – Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido (Primavera; 1600-2000 h)

- σ_{Fam} : Desviación típica de los valores de F_{am}
- D_u : Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} : Desviación típica de los valores de D_u
- D_l : Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{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)

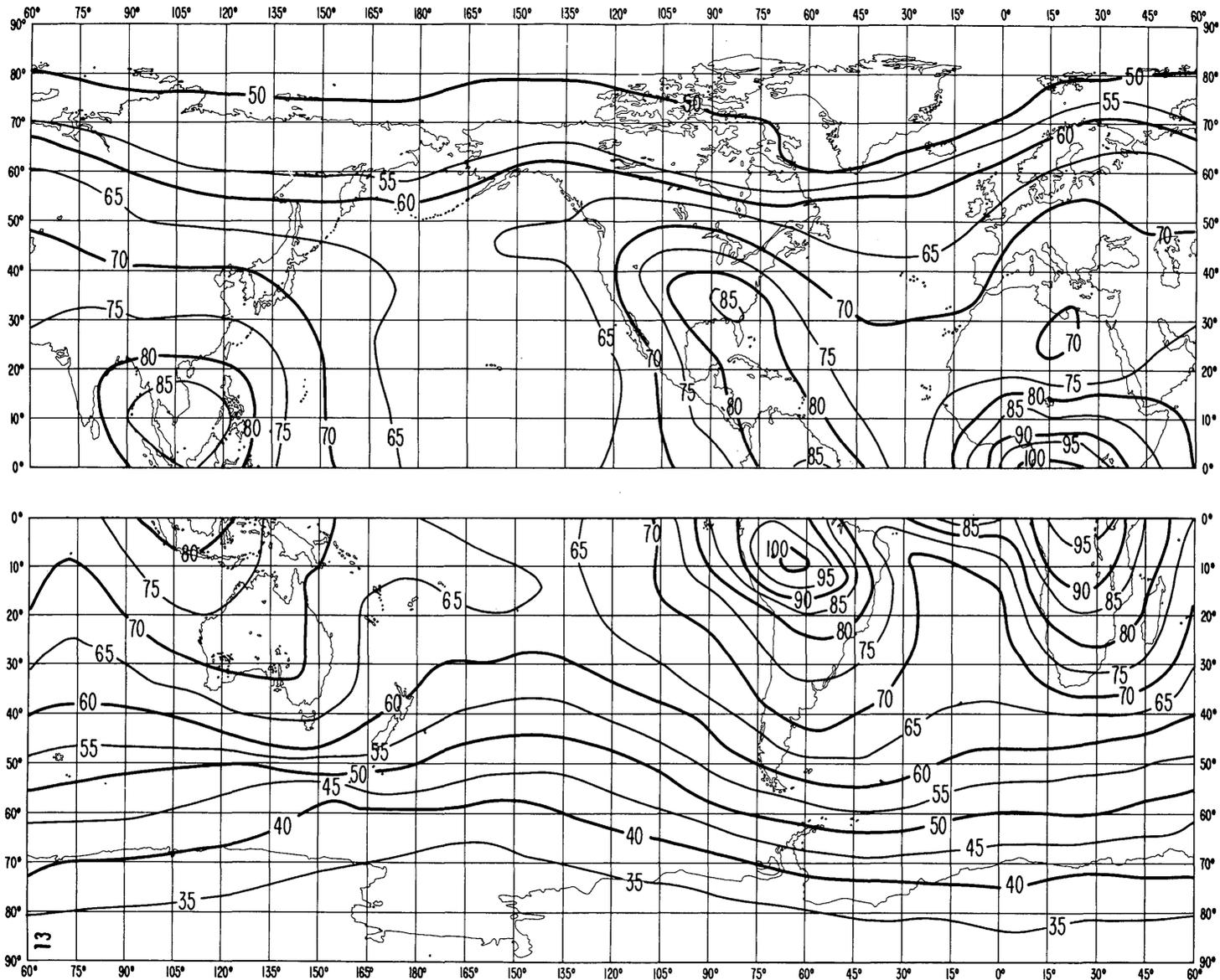


FIGURA 13a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_0b en 1 MHz
(Primavera; 2000-2400 h)

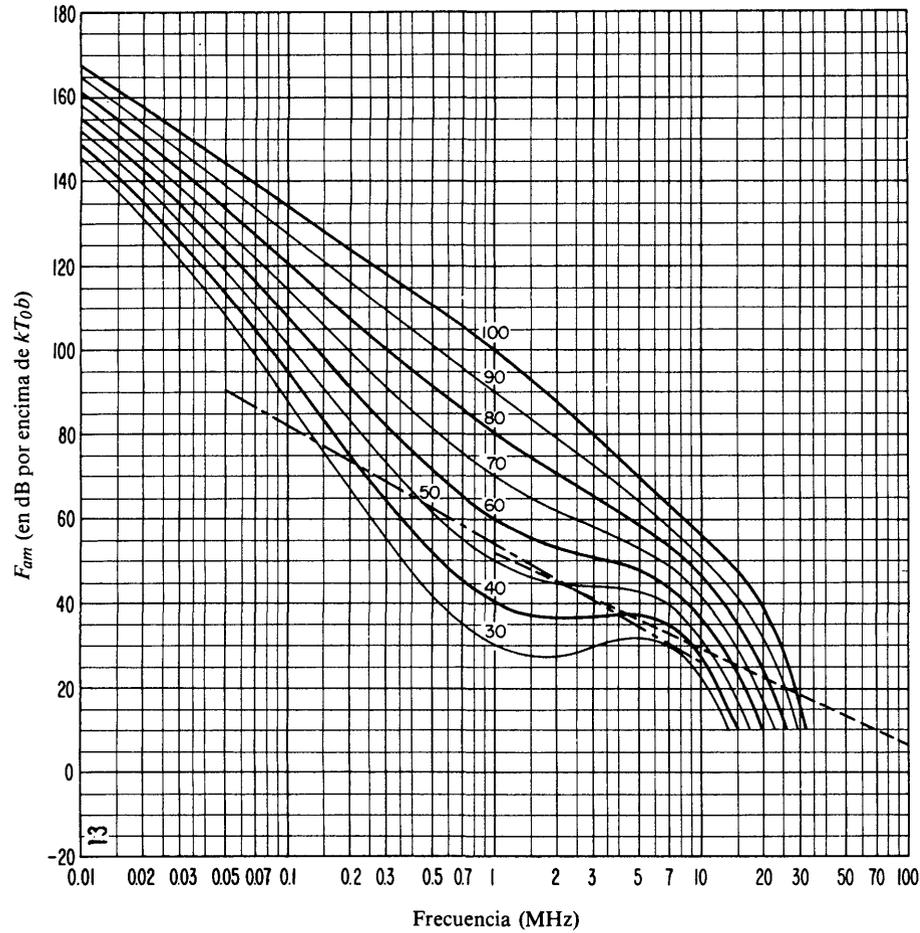


FIGURA 13b – Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia (Primavera; 2000-2400 h)

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

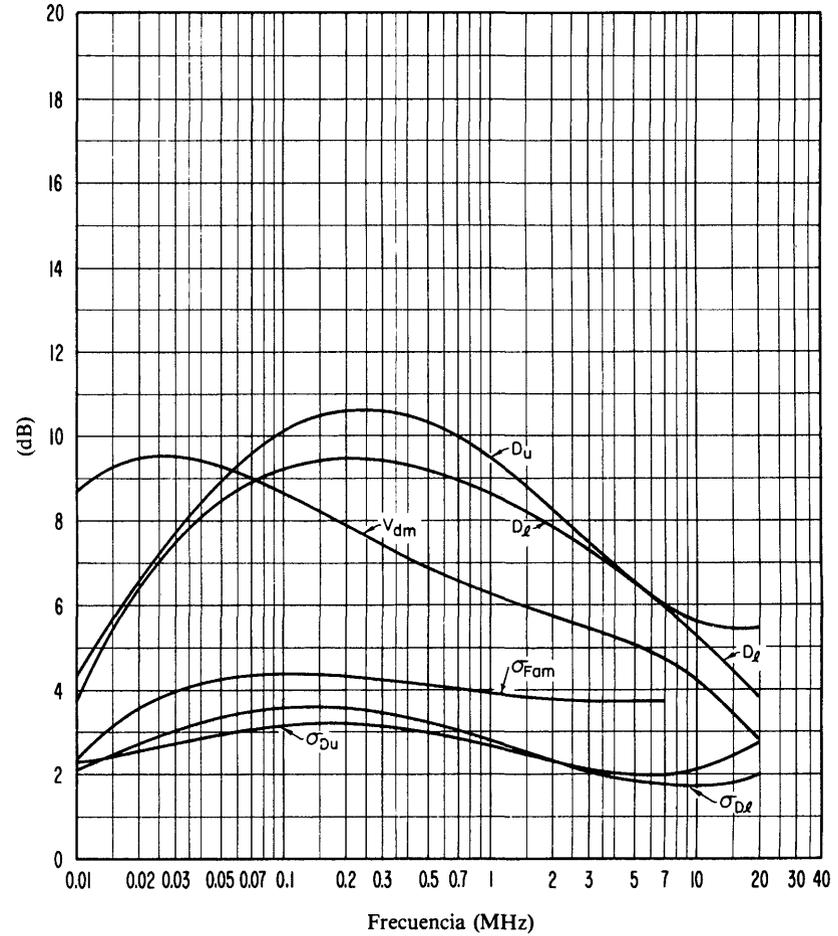


FIGURA 13c – Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido (Primavera; 2000-2400 h)

- σ_{Fam} : Desviación típica de los valores de F_{am}
- D_u : Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{Du} : Desviación típica de los valores de D_u
- D_l : Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{Dl} : 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)

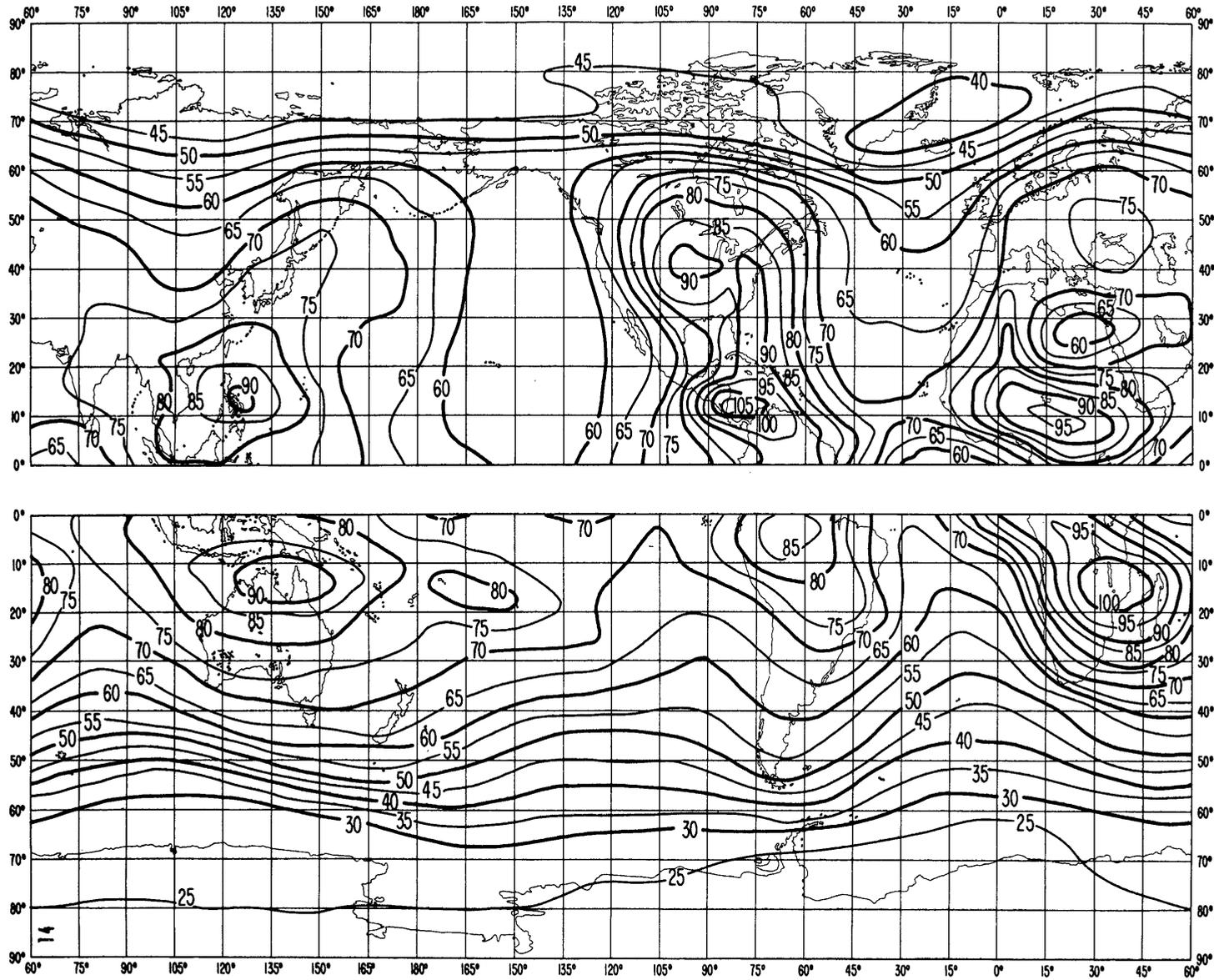


FIGURA 14a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_{0b} en 1 MHz
(Verano; 0000-0400 h)

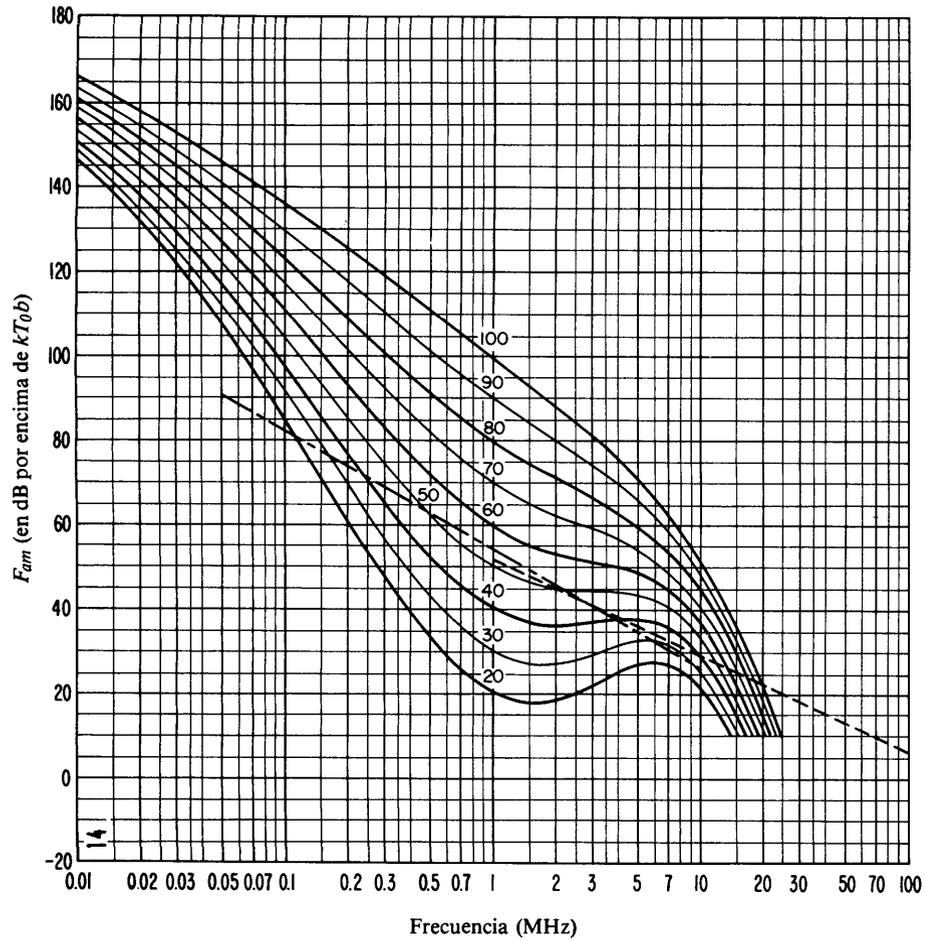


FIGURA 14b – Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Verano; 0000-0400 h)

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

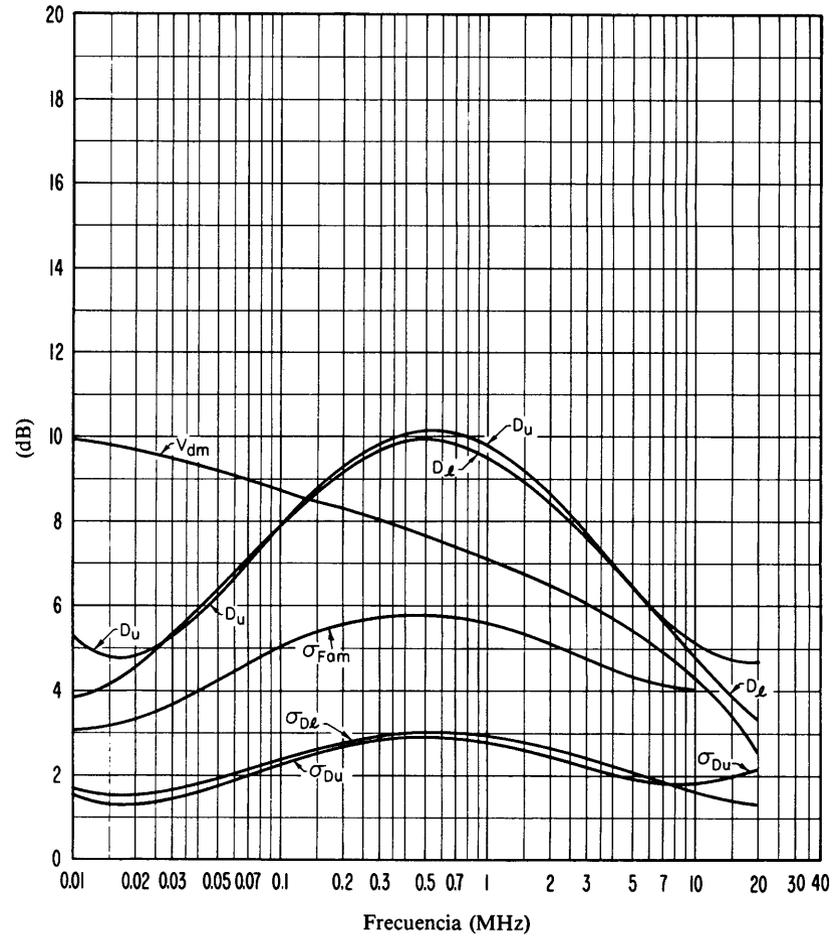


FIGURA 14c – Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Verano; 0000-0400 h)

- σ_{Fam} : Desviación típica de los valores de F_{am}
- D_u : Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{Du} : Desviación típica de los valores de D_u
- D_l : Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{Dl} : 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)

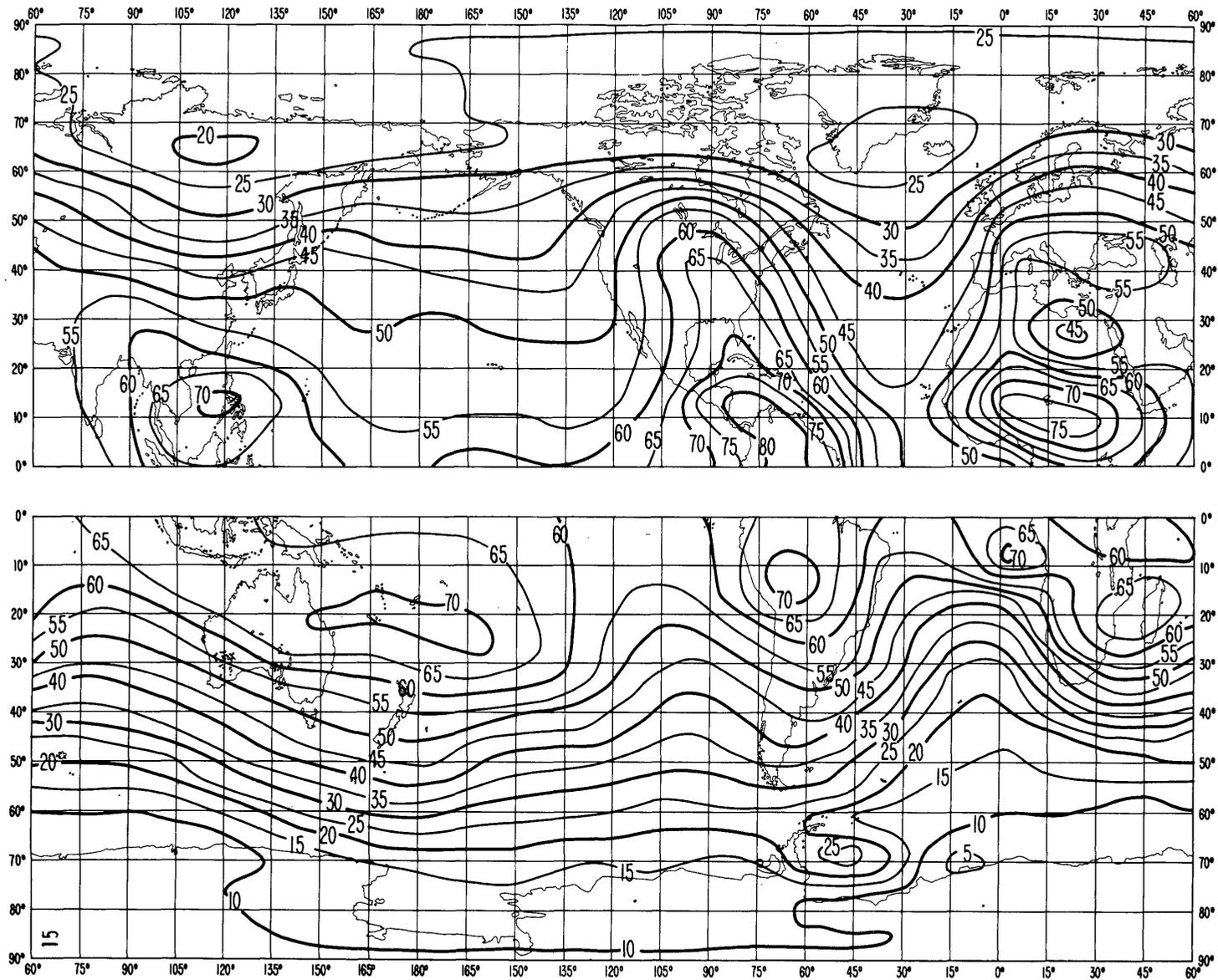


FIGURA 15a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_0b en 1 MHz
(Verano; 0400-0800 h)

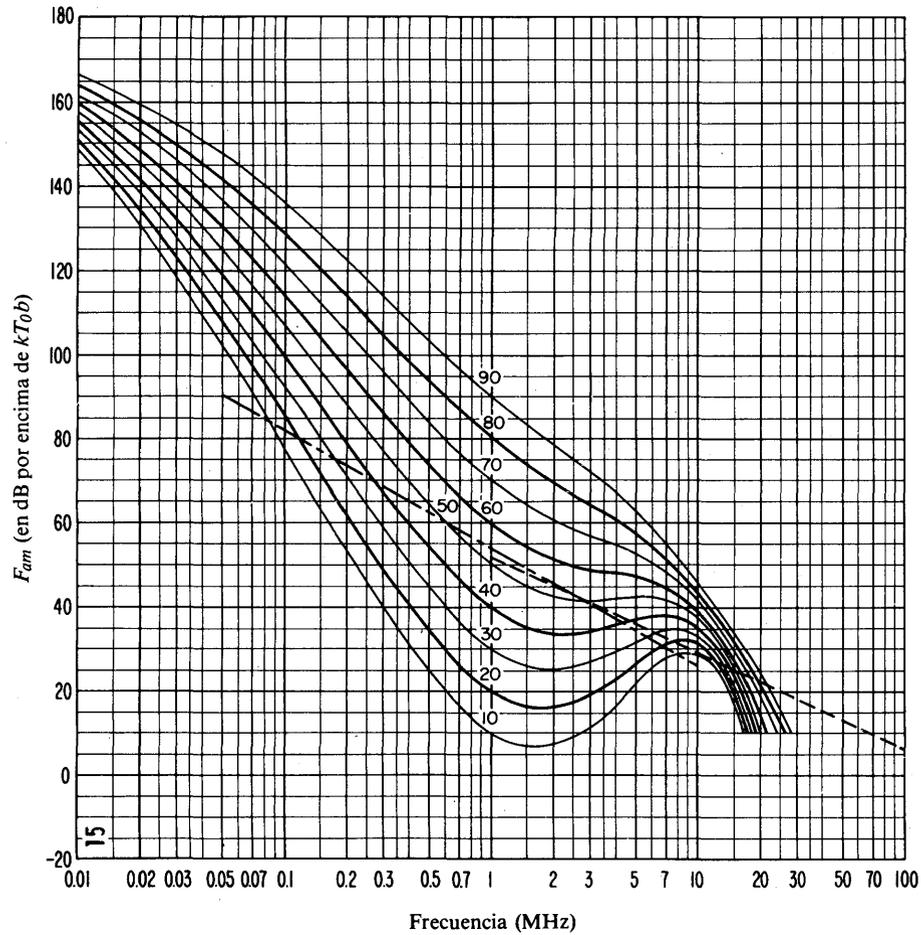


FIGURA 15b – Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia (Verano; 0400-0800 h)

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

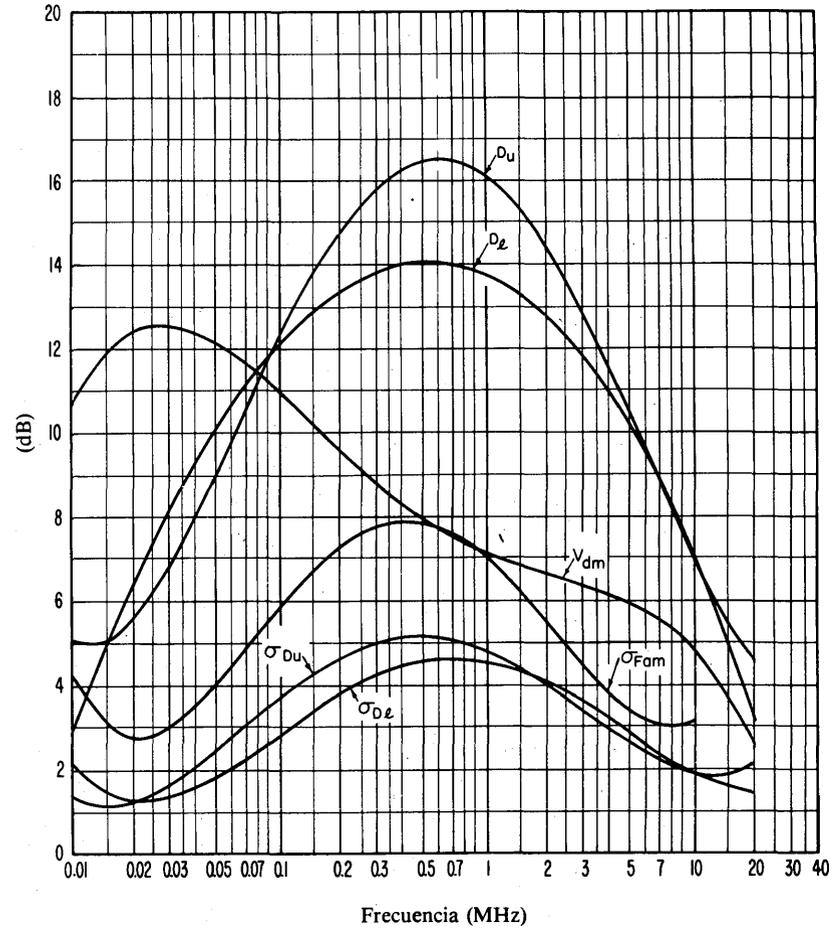


FIGURA 15c – Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido (Verano; 0400-0800 h)

- $\sigma_{F_{am}}$: Desviación típica de los valores de F_{am}
- D_u : Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} : Desviación típica de los valores de D_u
- D_l : Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{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)

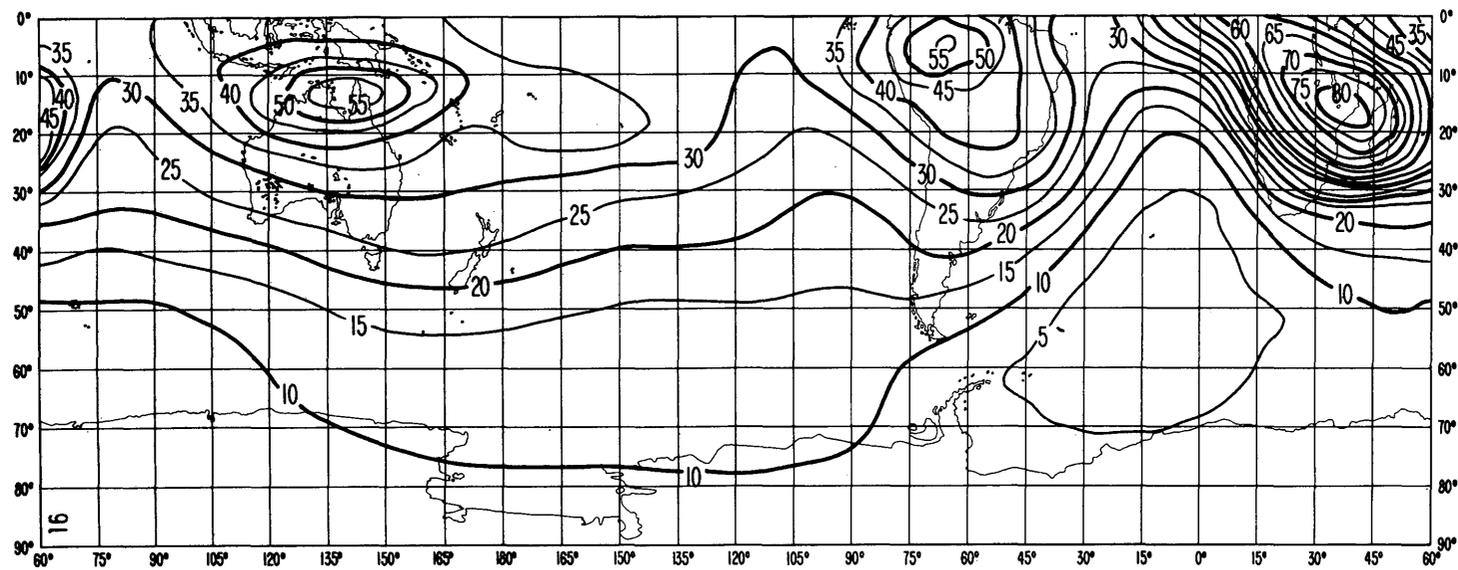
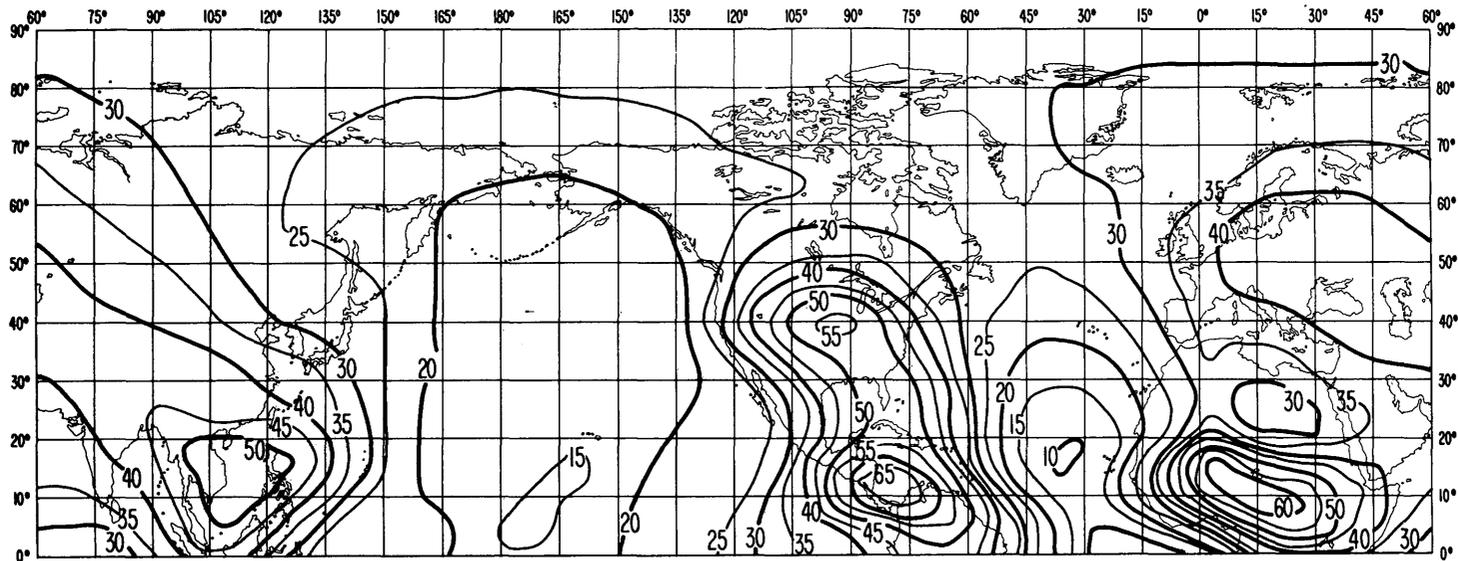


FIGURA 16a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_0b en 1 MHz
(Verano; 0800-1200 h)

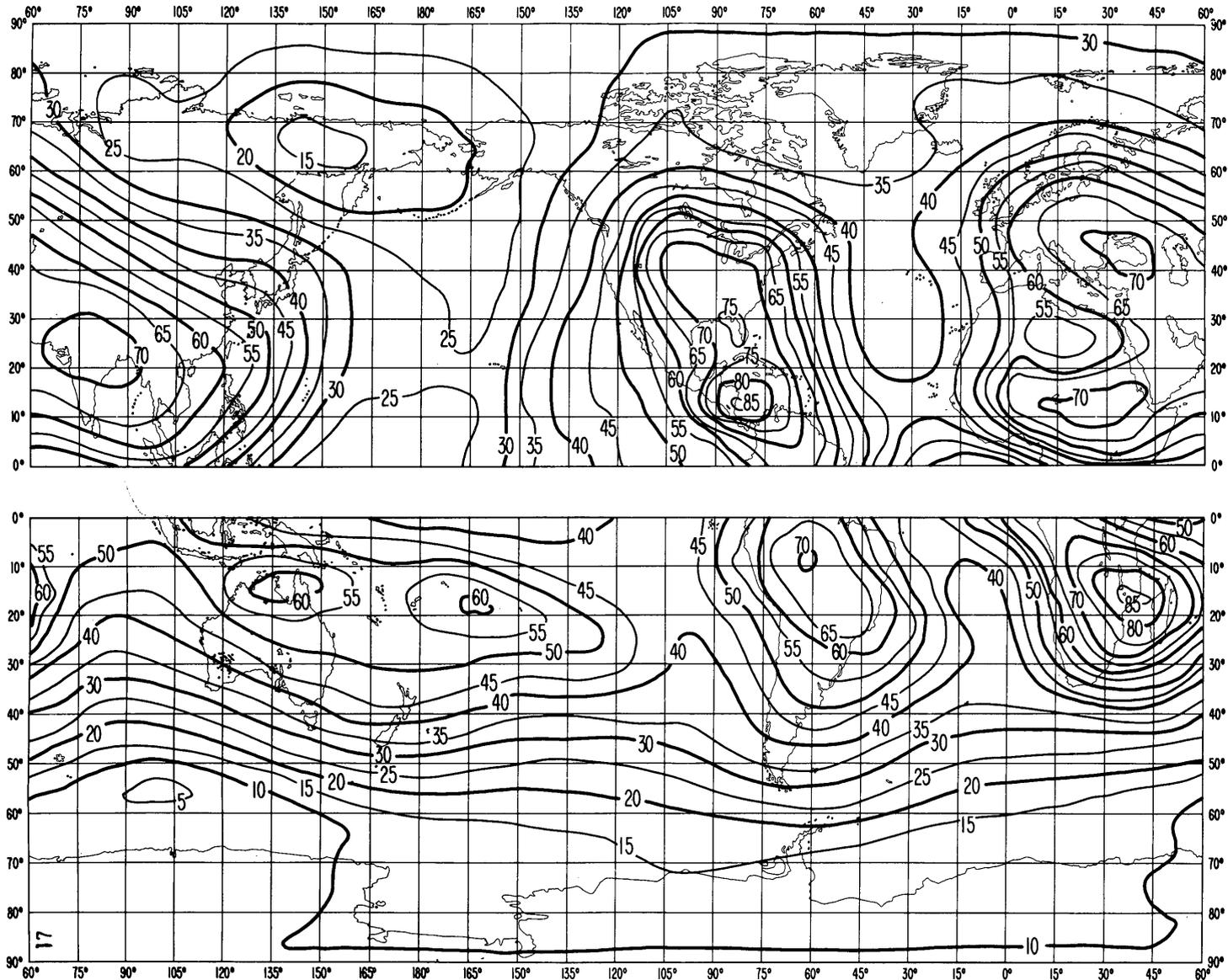


FIGURA 17a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_{0b} en 1 MHz
(Verano; 1200-1600 h)

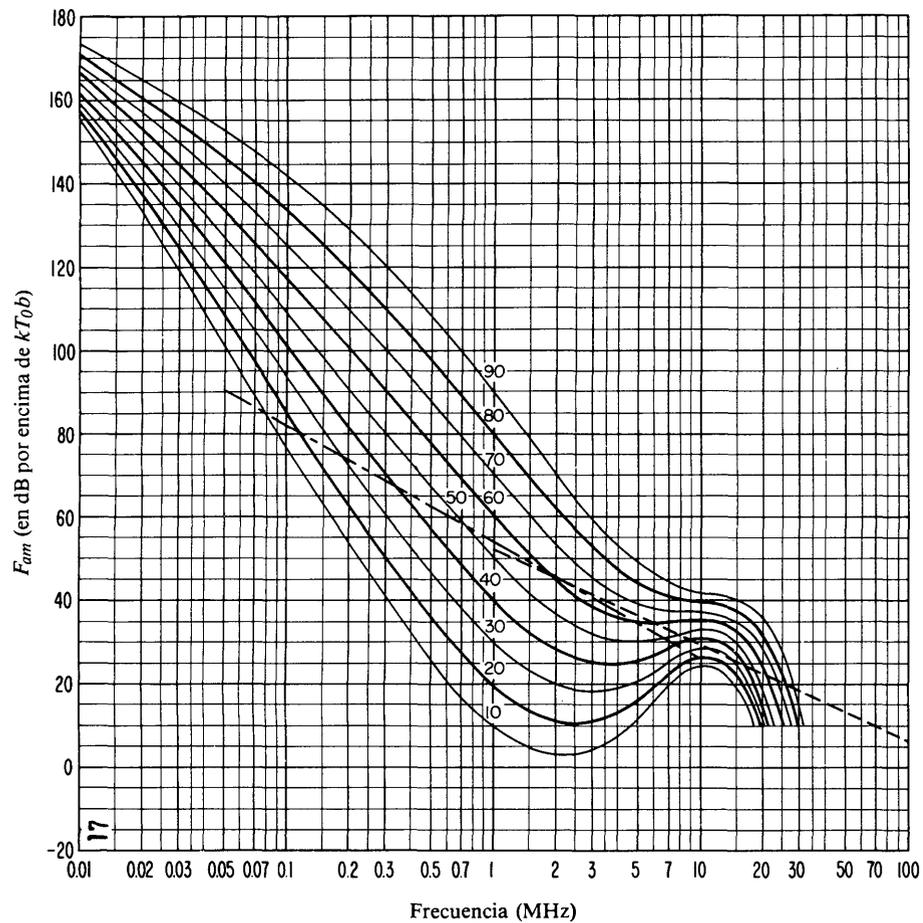


FIGURA 17b – Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Verano; 1200-1600 h)

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

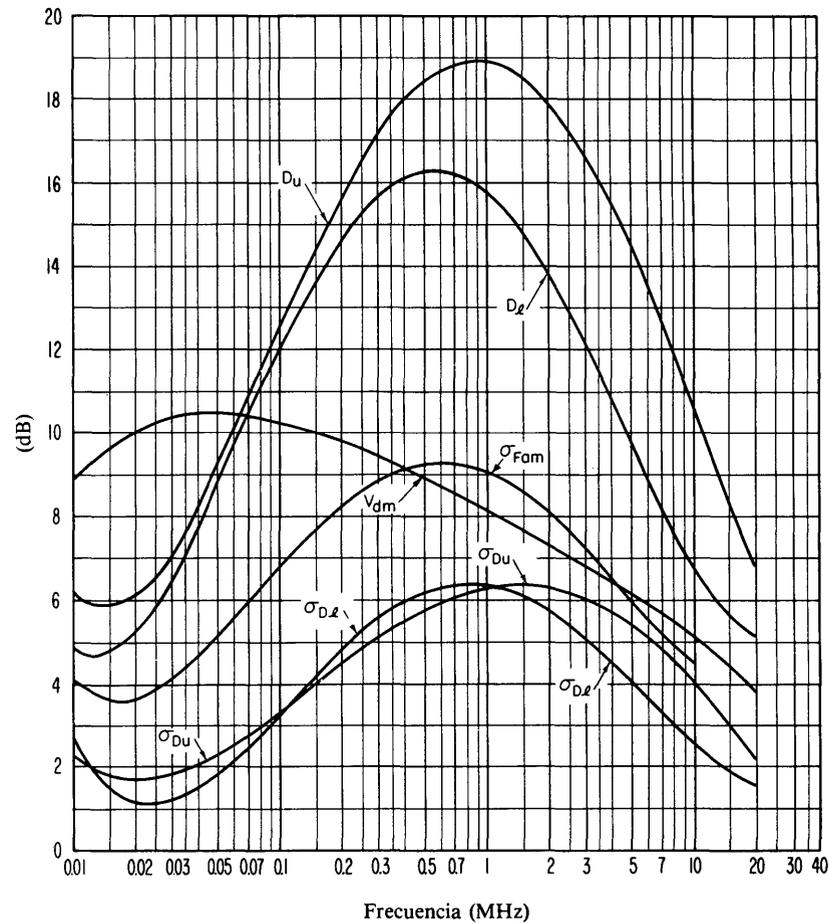


FIGURA 17c – Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Verano; 1200-1600 h)

- σ_{Fam} : Desviación típica de los valores de F_{am}
- D_u : Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} : Desviación típica de los valores de D_u
- D_l : Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{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)

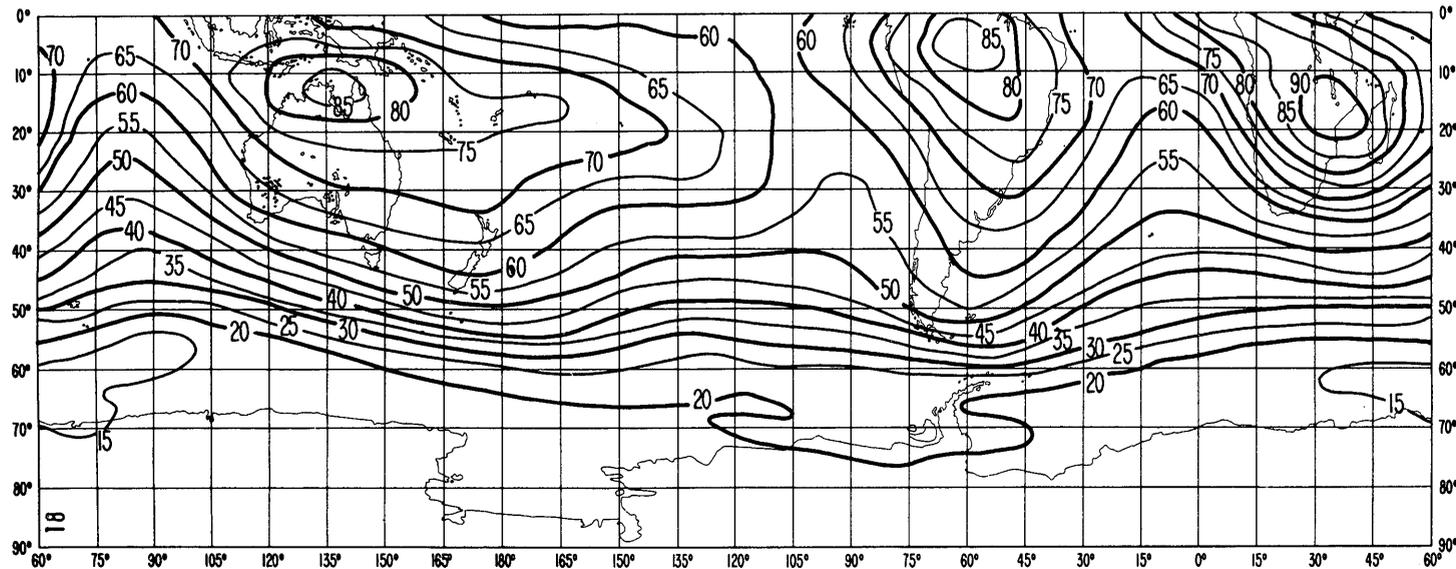
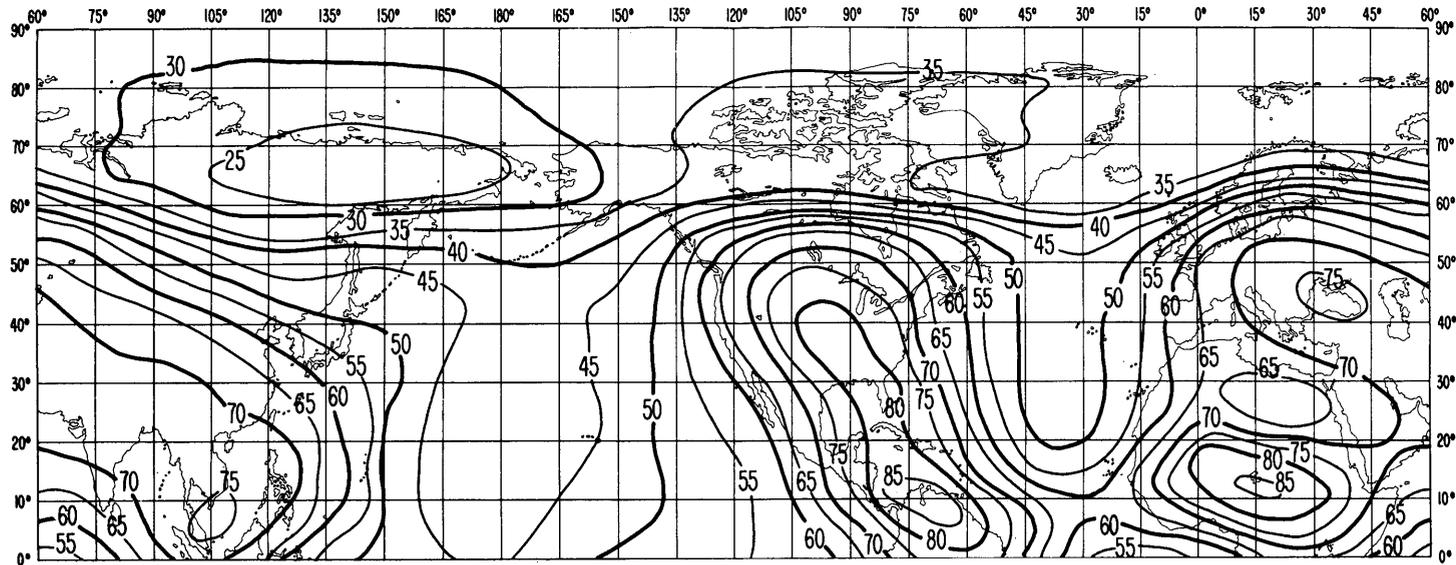


FIGURA 18a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_0b en 1 MHz (Verano; 1600-2000 h)

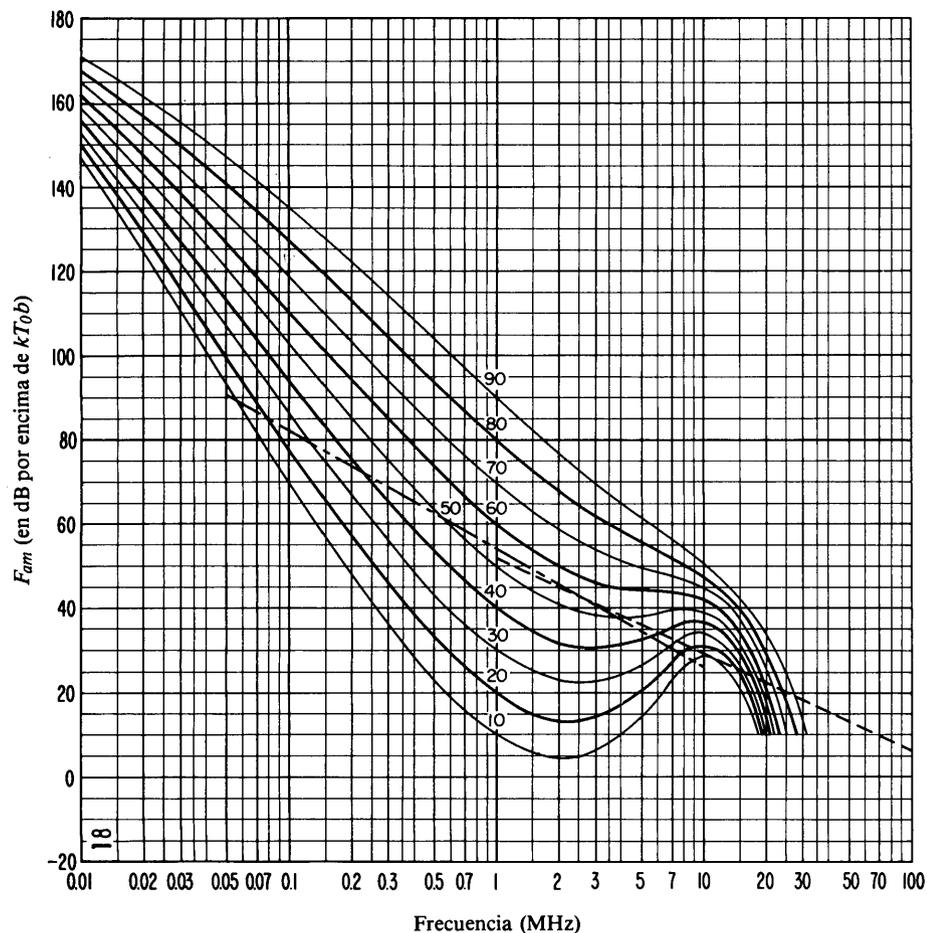


FIGURA 18b – Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia (Verano; 1600-2000 h)

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

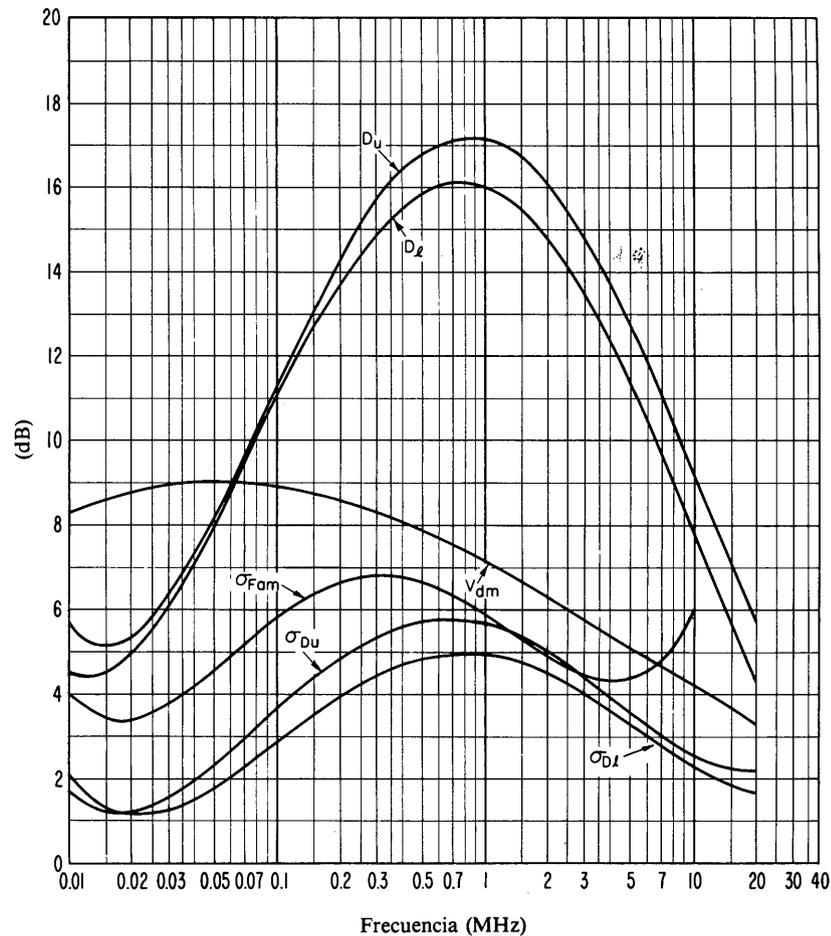


FIGURA 18c – Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido (Verano; 1600-2000 h)

- σ_{Fam} : Desviación típica de los valores de F_{am}
- D_u : Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{Du} : Desviación típica de los valores de D_u
- D_l : Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{Dl} : 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)

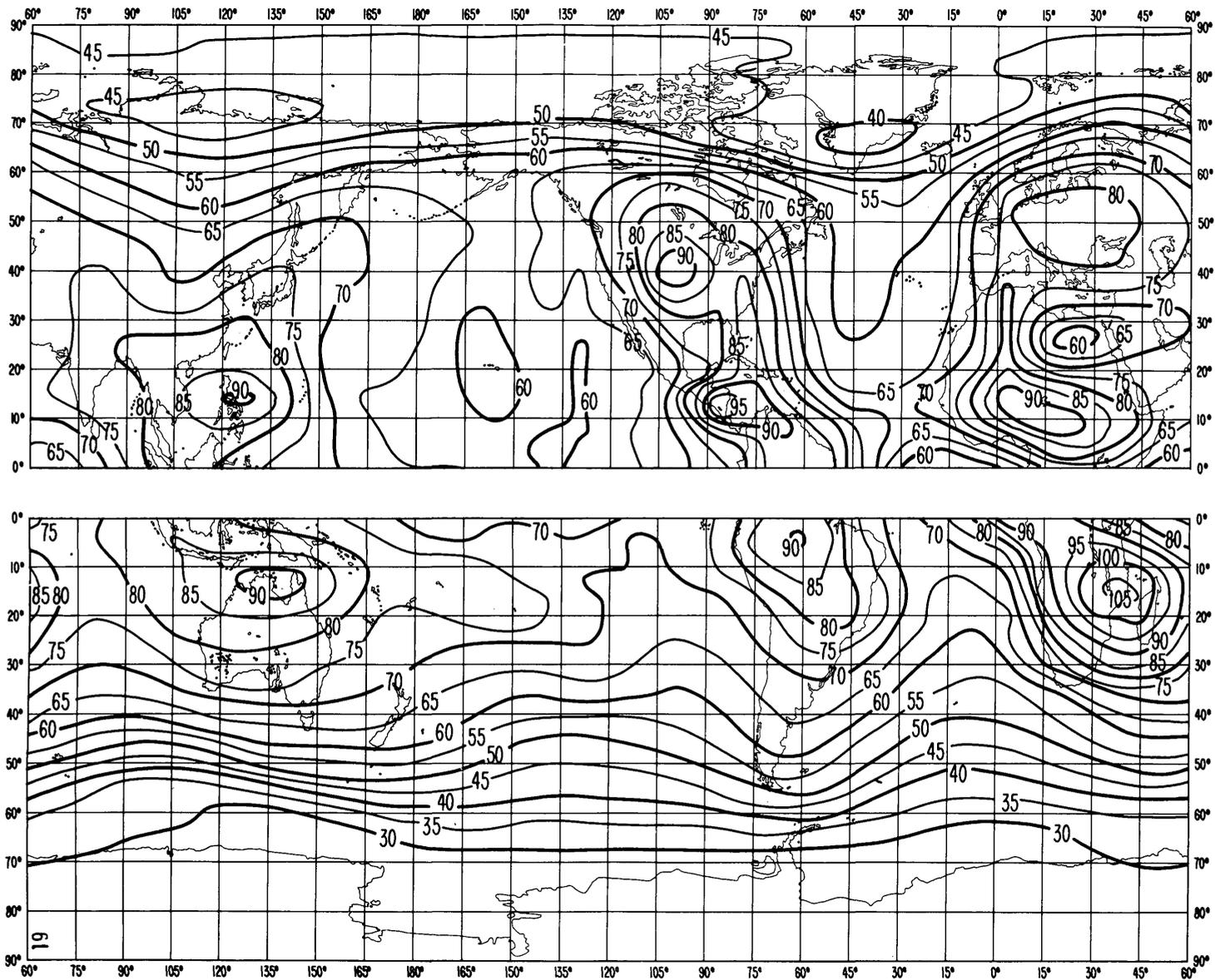


FIGURA 19a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_0b en 1 MHz
(Verano; 2000-2400 h)

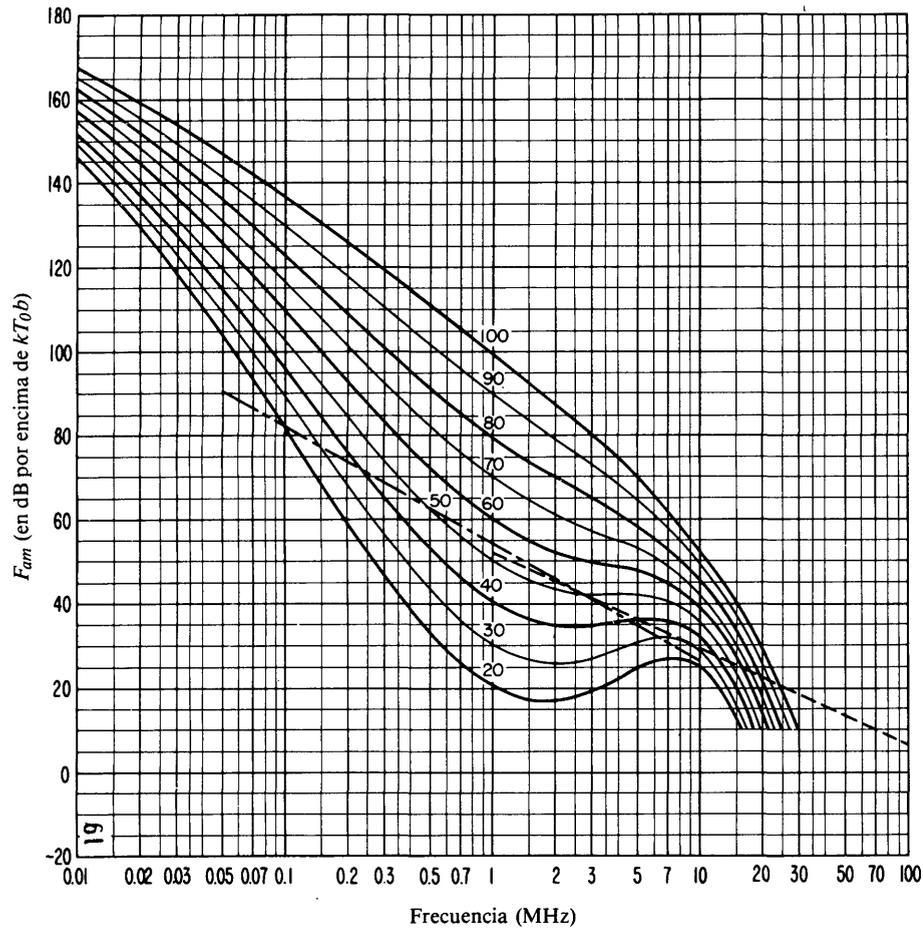


FIGURA 19b – Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Verano; 2000-2400 h)

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

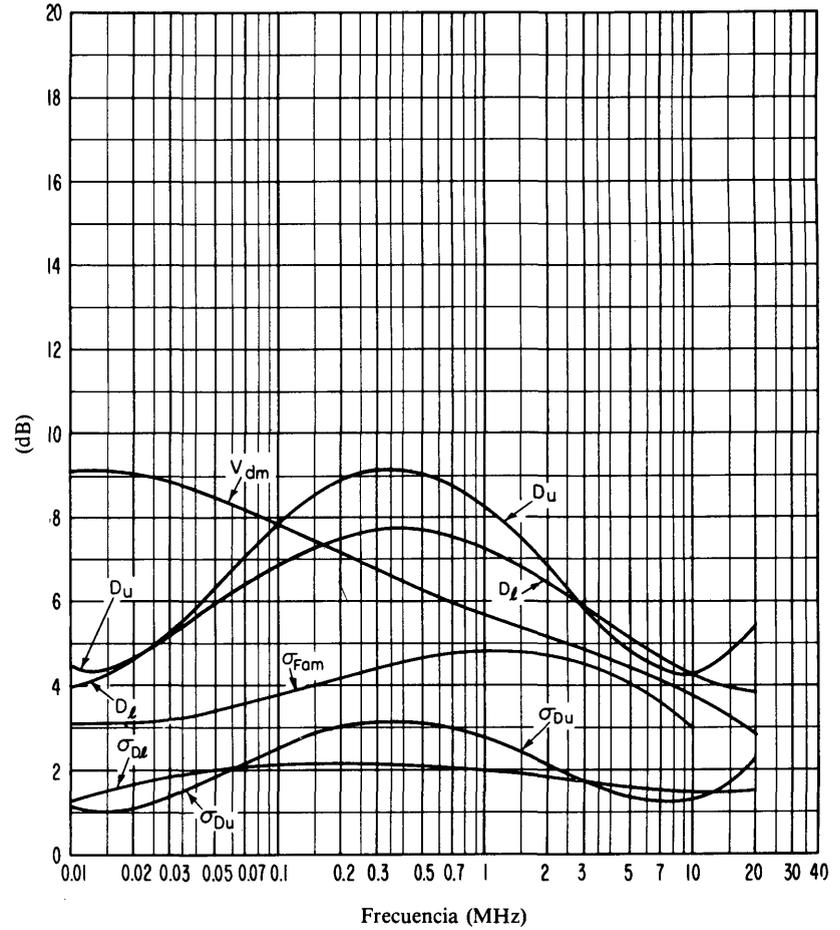


FIGURA 19c – Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Verano; 2000-2400 h)

- σ_{Fam} : Desviación típica de los valores de F_{am}
- D_u : Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{Du} : Desviación típica de los valores de D_u
- D_l : Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{Dl} : 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)

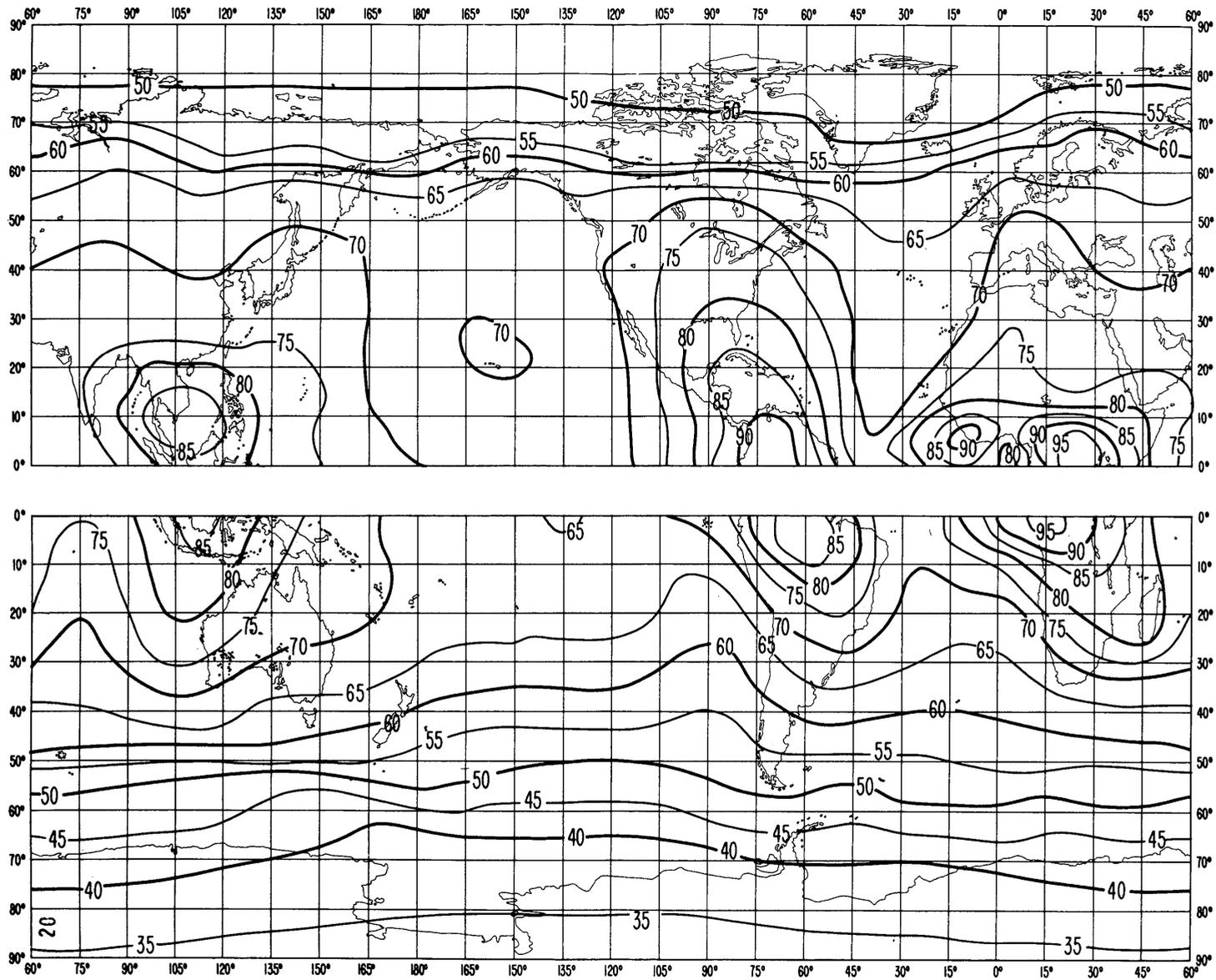


FIGURA 20a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_0b en 1 MHz
(Otoño; 0000-0400 h)

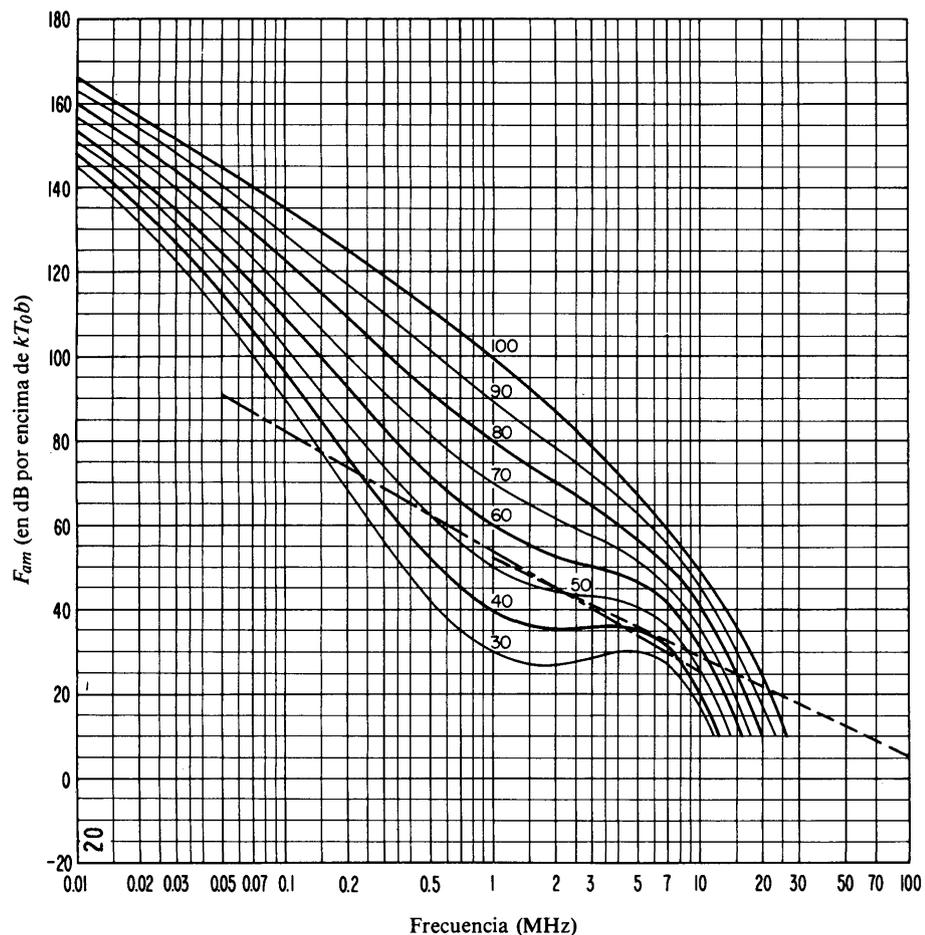


FIGURA 20b – Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia (Otoño; 0000-0400 h)

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

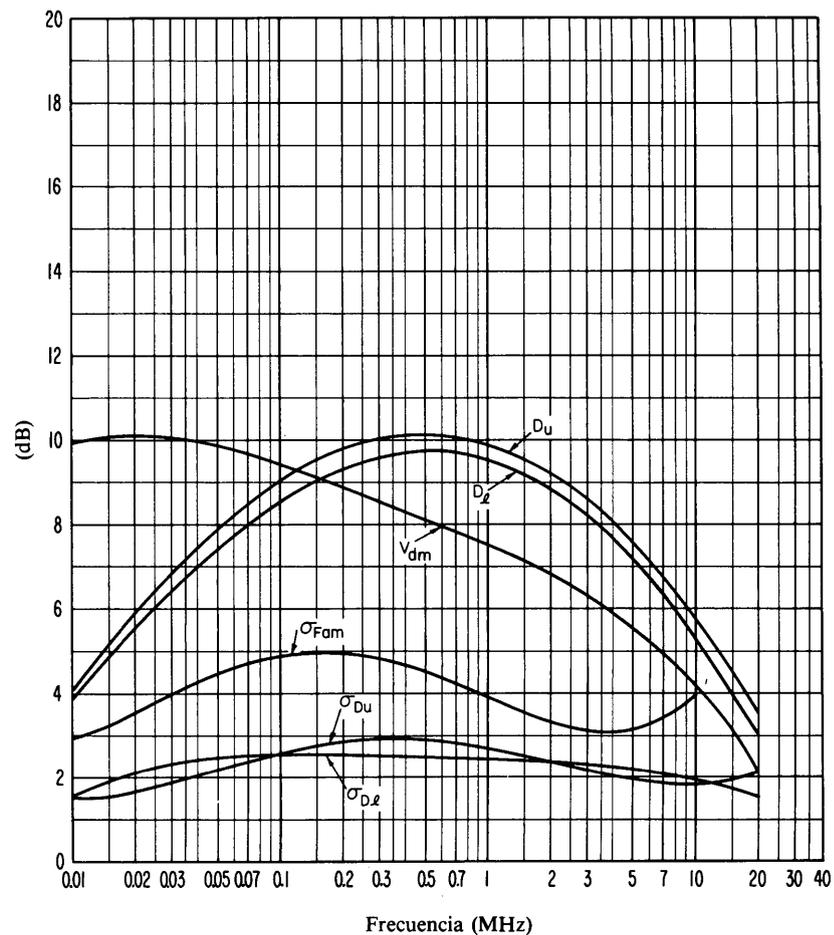


FIGURA 20c – Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido (Otoño; 0000-0400 h)

- σ_{Fam} : Desviación típica de los valores de F_{am}
- D_u : Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{D_u} : Desviación típica de los valores de D_u
- D_l : Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{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)

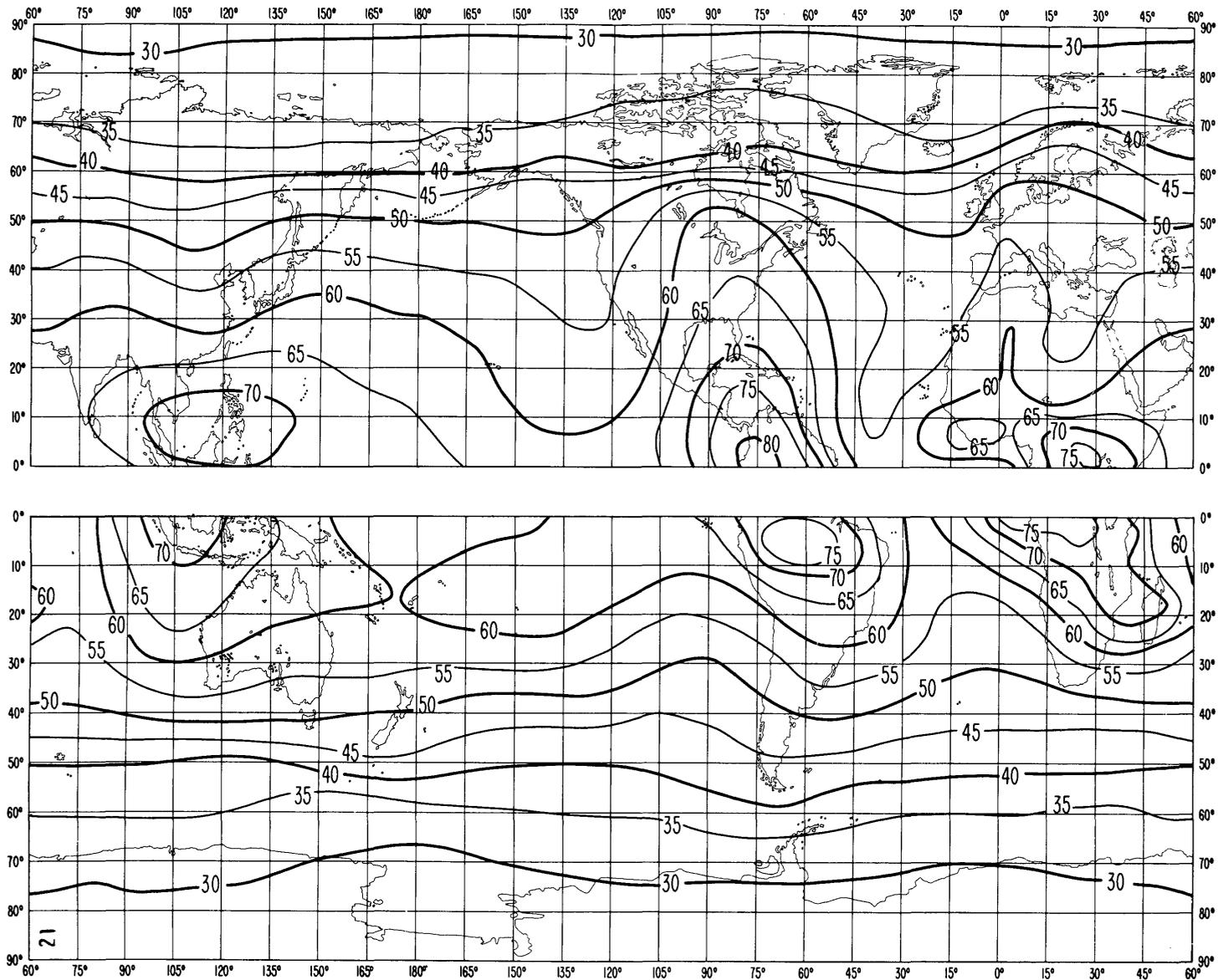


FIGURA 21a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_0b en 1 MHz
(Otoño; 0400-0800 h)

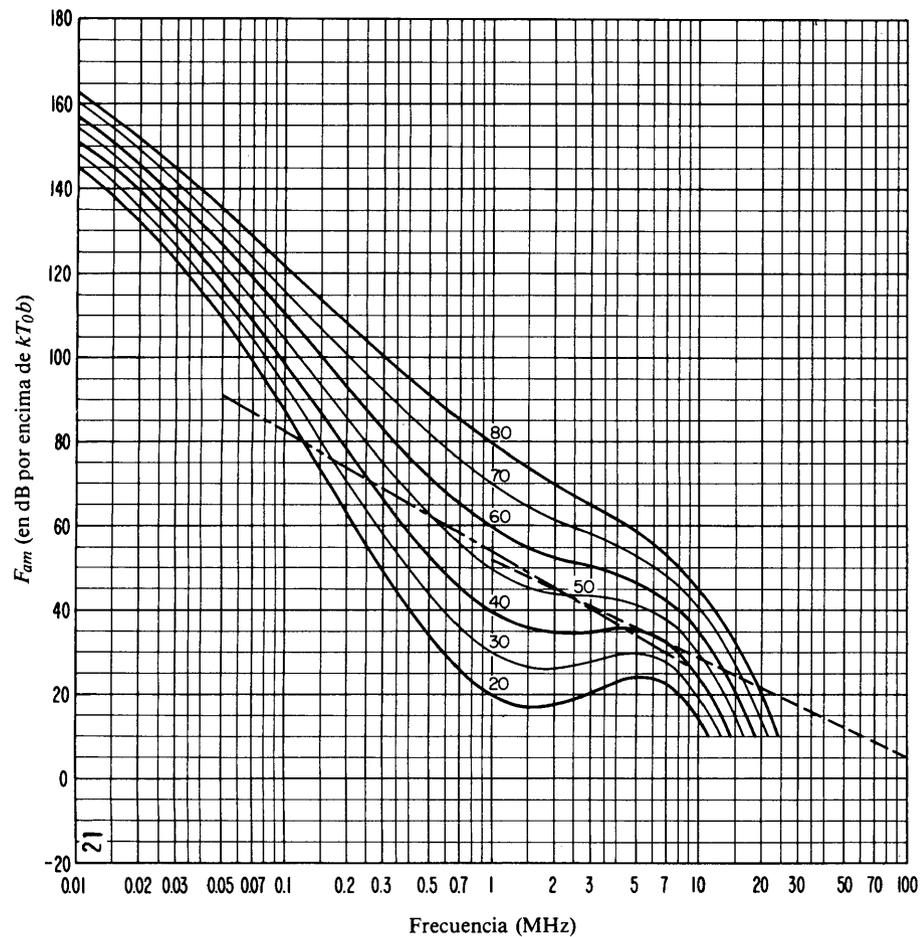


FIGURA 21b – Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Otoño; 0400-0800 h)

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

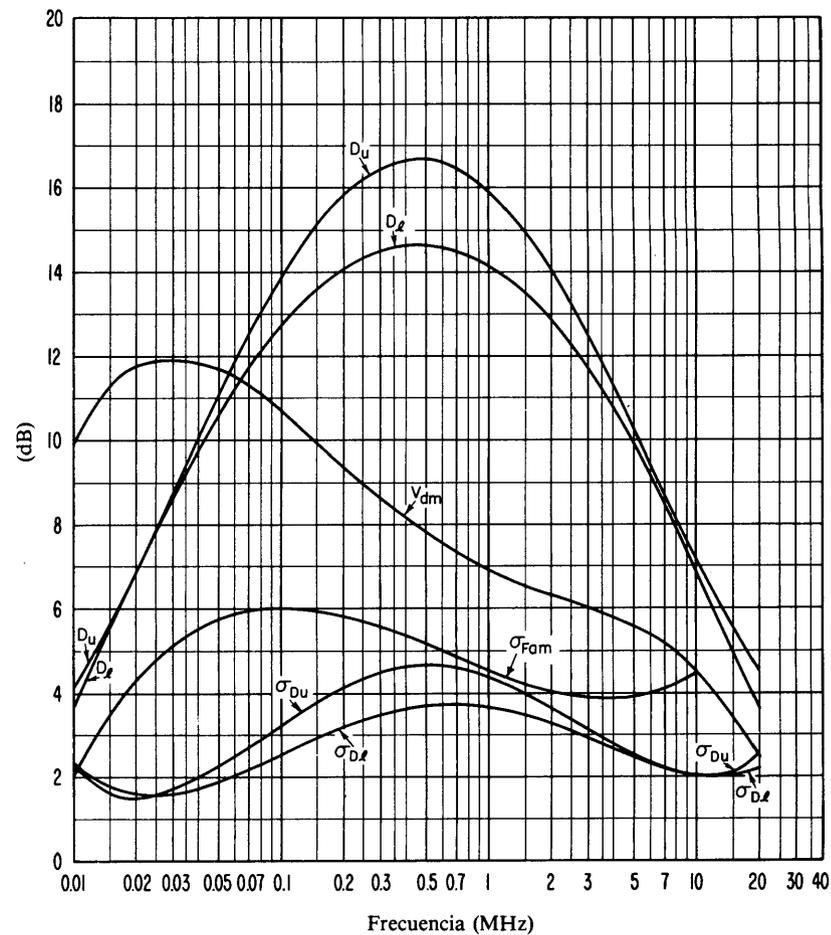


FIGURA 21c – Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Otoño; 0400-0800 h)

- σ_{Fam} : Desviación típica de los valores de F_{am}
- D_u : Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{Du} : Desviación típica de los valores de D_u
- D_l : Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{Dl} : 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)

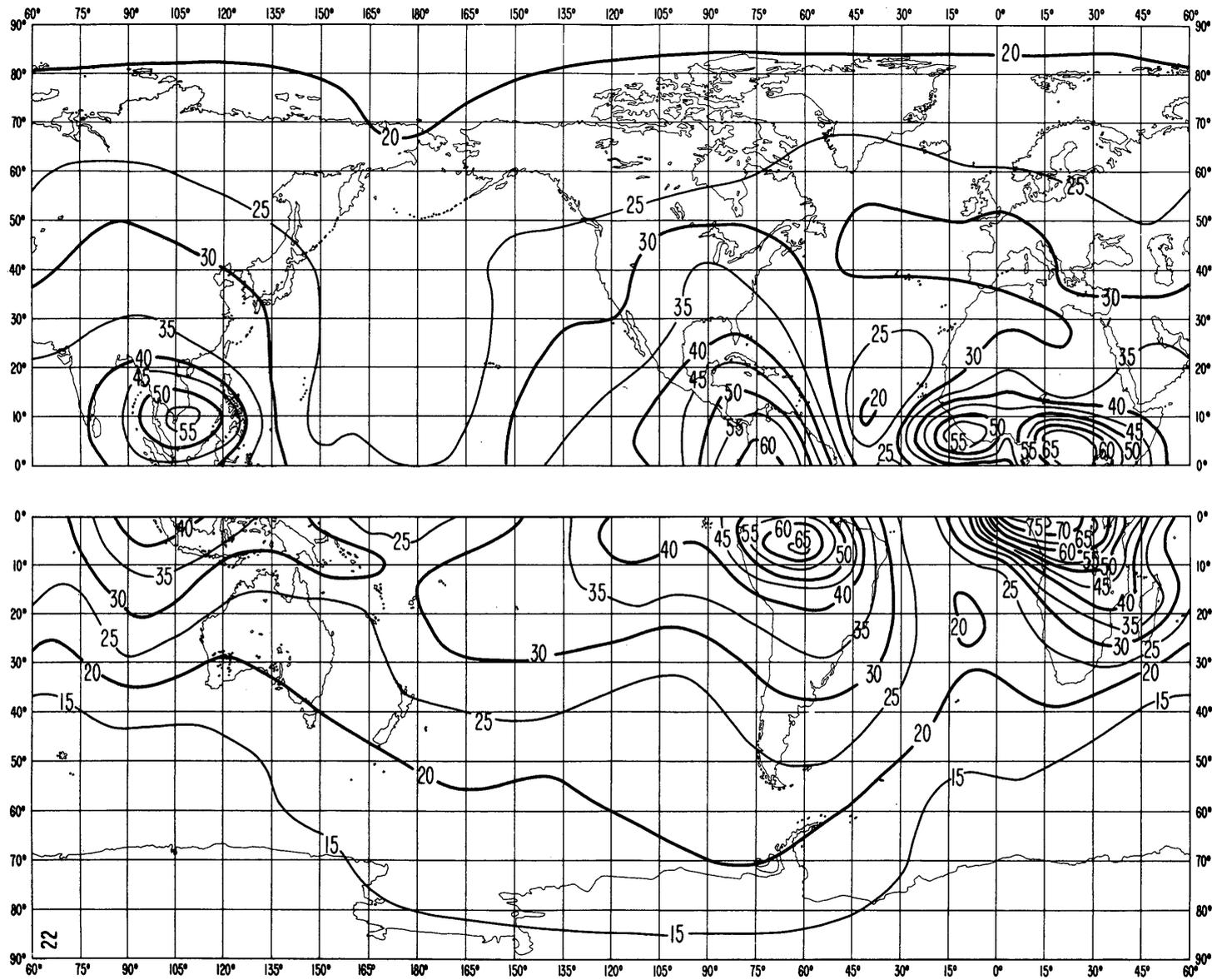


FIGURA 22a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_{0b} en 1 MHz
(Otoño; 0800-1200 h)

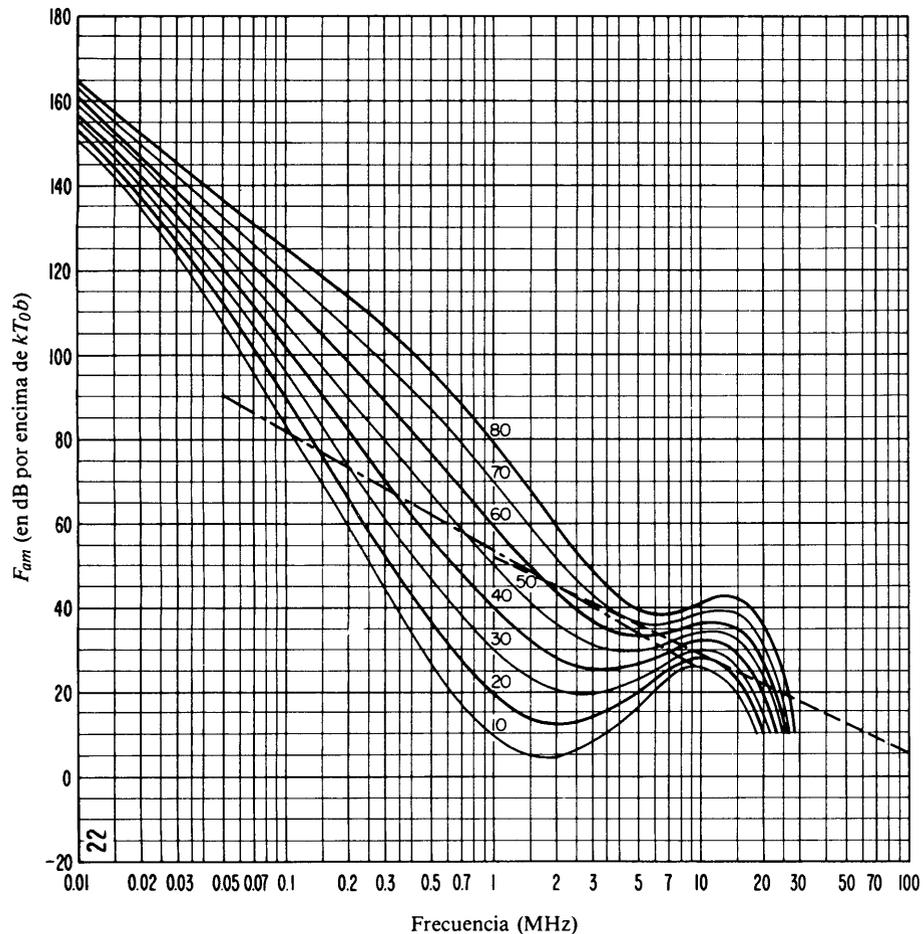


FIGURA 22b – Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia (Otoño; 0800-1200 h)

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

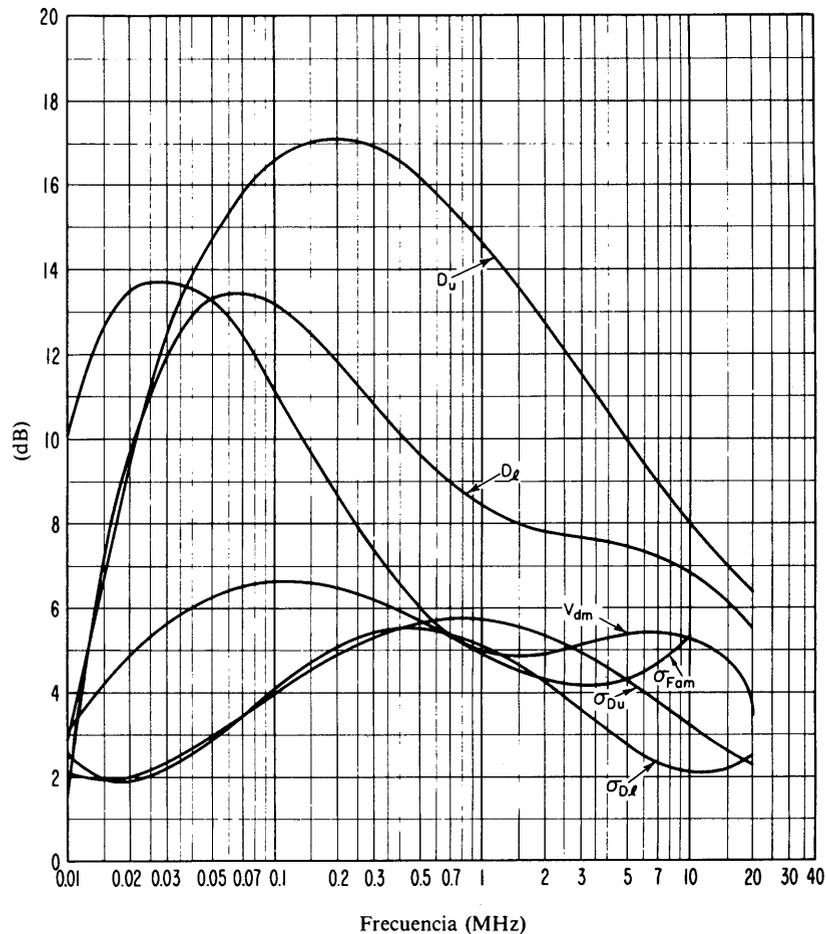


FIGURA 22c – Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido (Otoño; 0800-1200 h)

- σ_{Fam} : Desviación típica de los valores de F_{am}
- D_u : Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{Du} : Desviación típica de los valores de D_u
- D_l : Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{Dl} : 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)

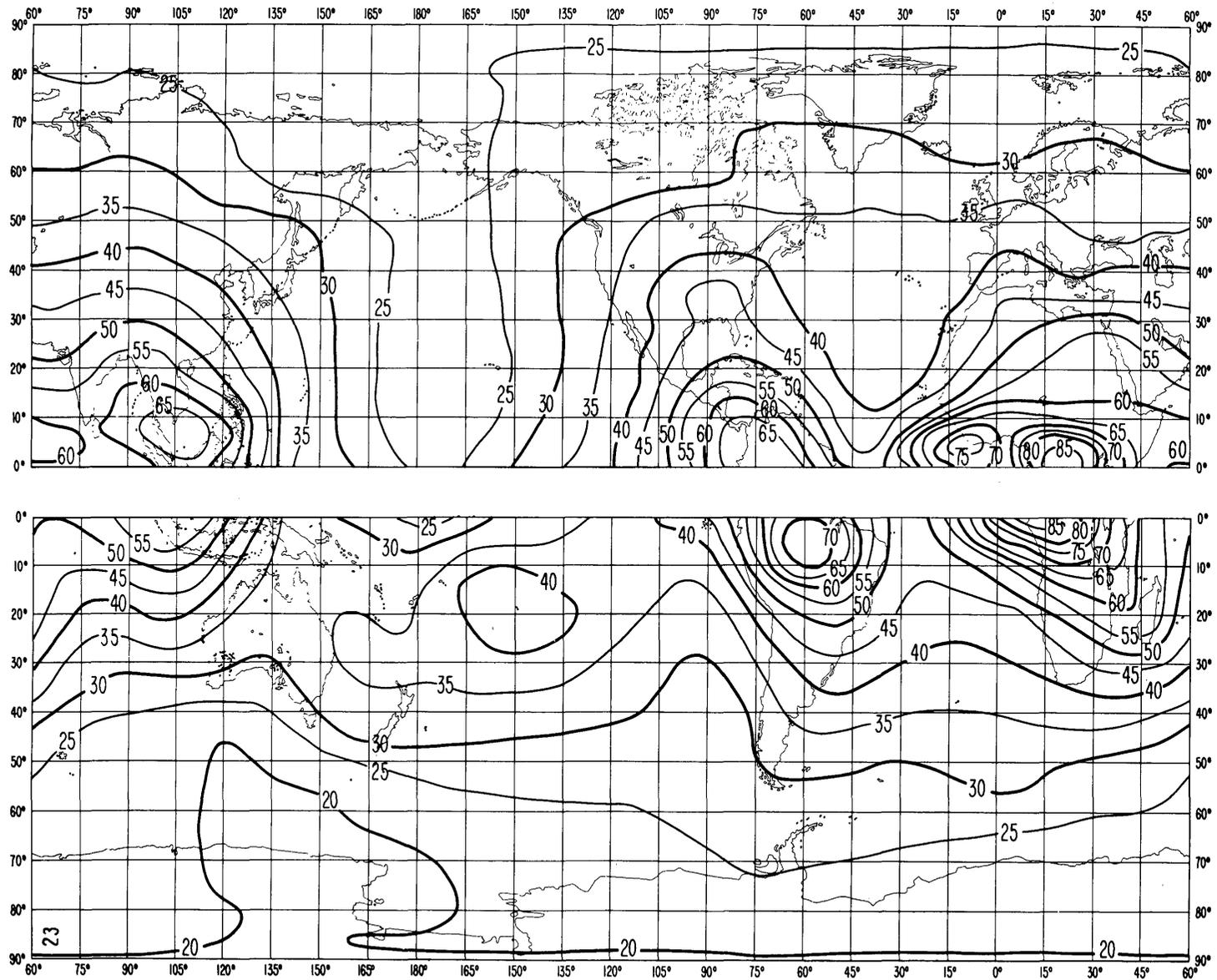


FIGURA 23a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_0b en 1 MHz
(Otoño; 1200-1600 h)

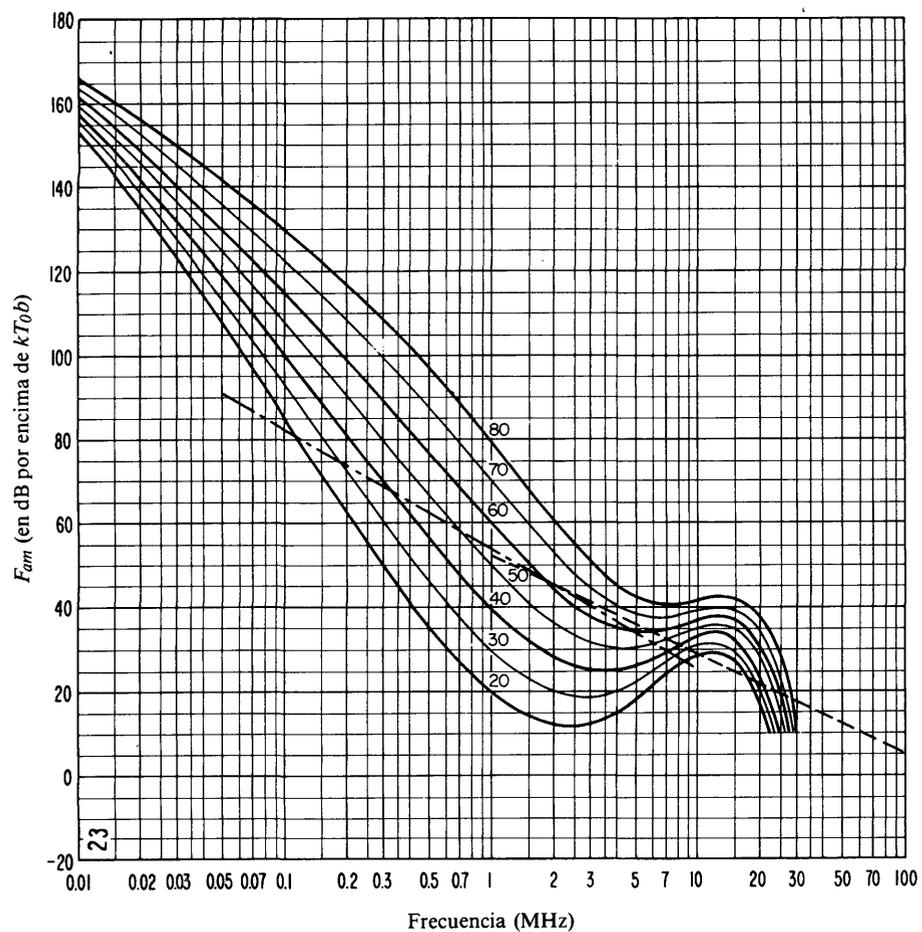


FIGURA 23b – Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia
(Otoño; 1200-1600 h)

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

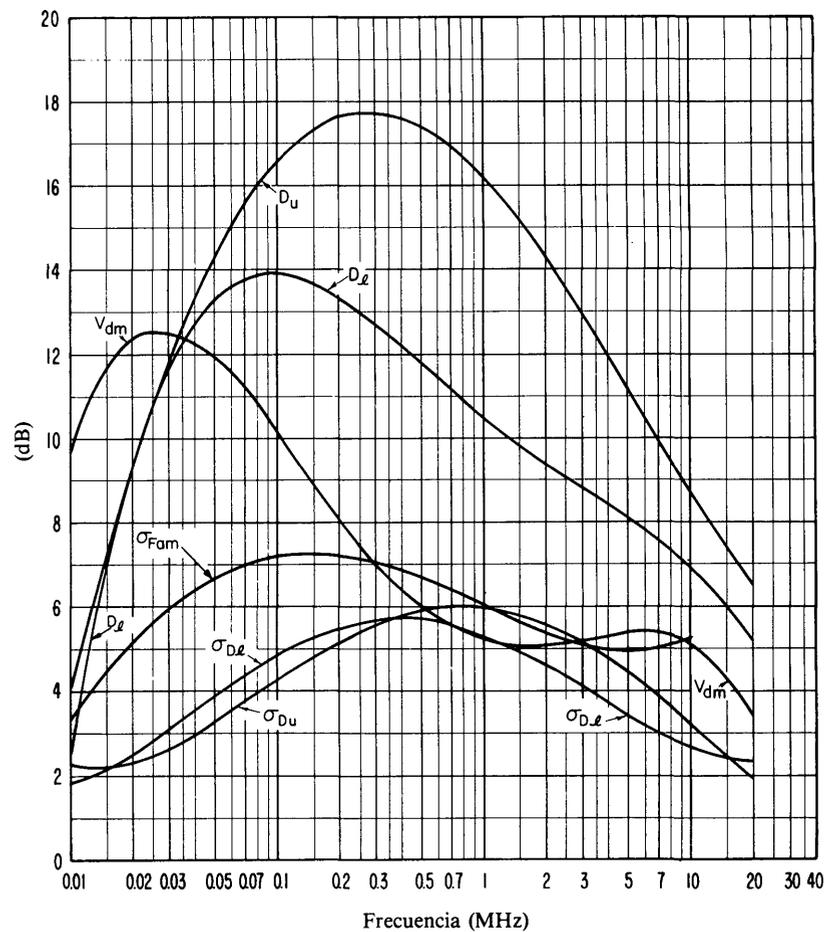


FIGURA 23c – Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido
(Otoño; 1200-1600 h)

- σ_{Fam} : Desviación típica de los valores de F_{am}
- D_u : Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{Du} : Desviación típica de los valores de D_u
- D_l : Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{Dl} : 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)

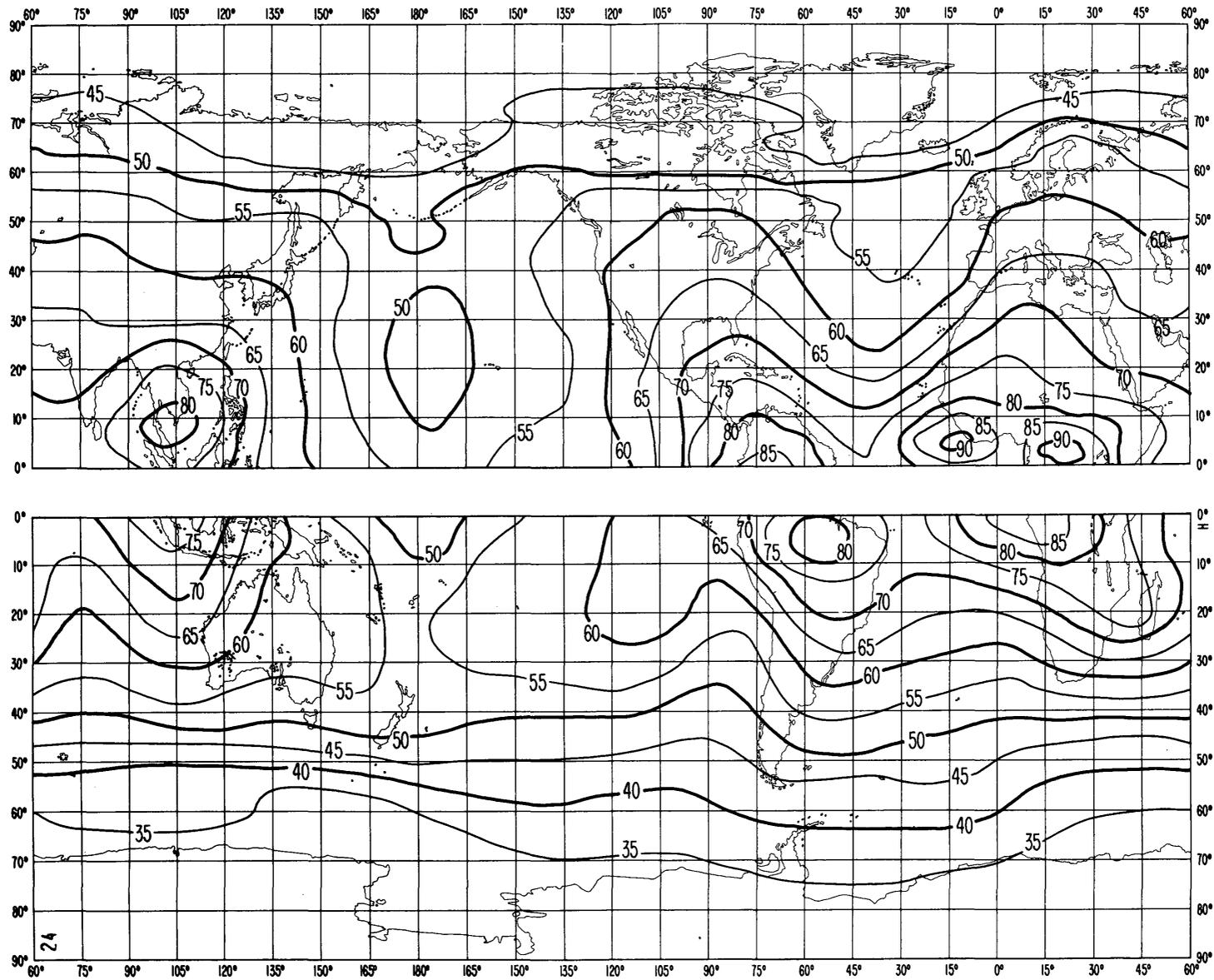


FIGURA 24a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_0b en 1 MHz
(Otoño; 1600-2000 h)

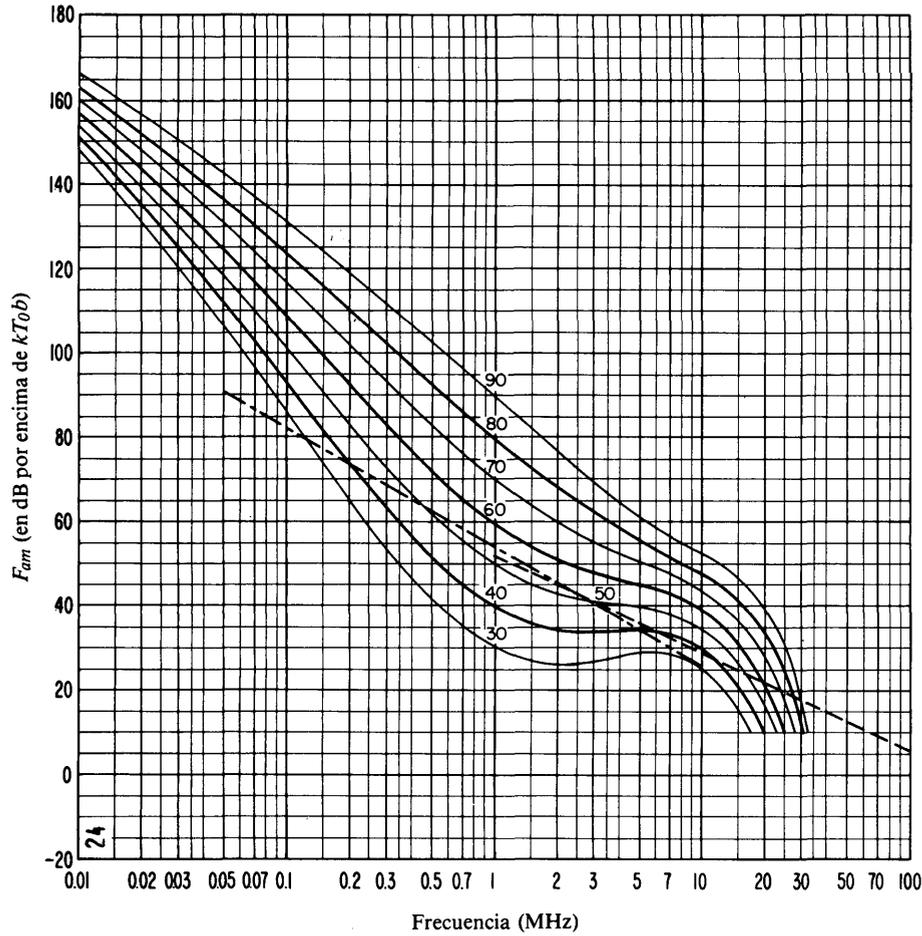


FIGURA 24b – Variaciones del ruido radioeléctrico con la frecuencia (Otoño; 1600-2000 h)

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

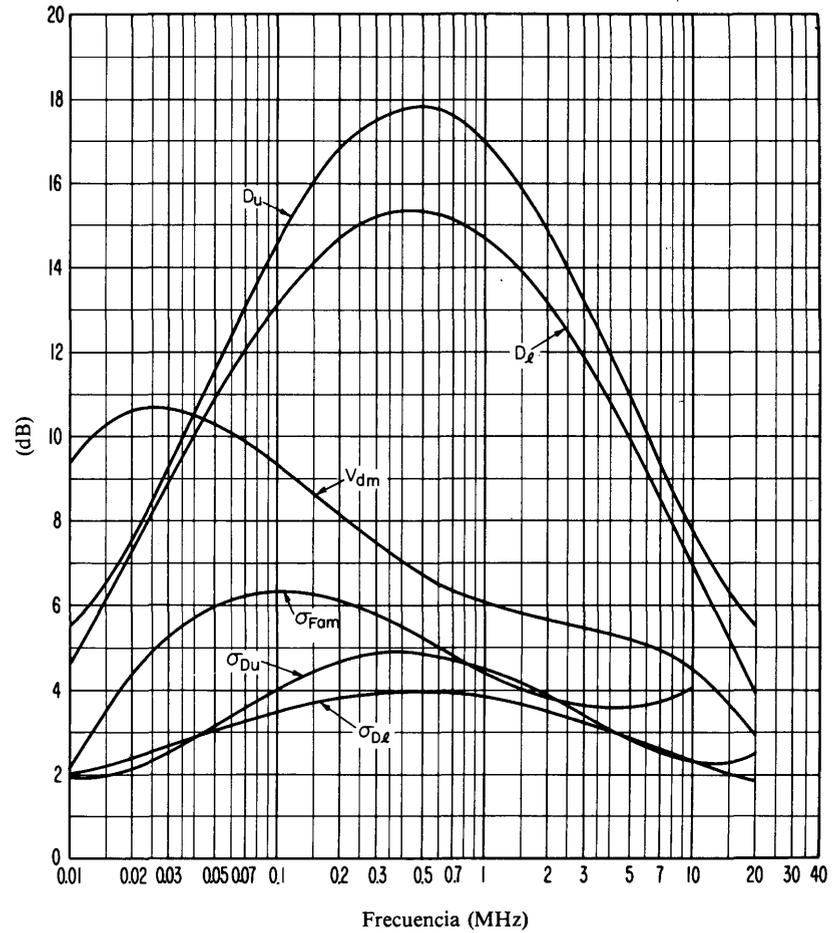


FIGURA 24c – Datos sobre la variabilidad y el carácter del ruido (Otoño; 1600-2000 h)

- σ_{Fam} : Desviación típica de los valores de F_{am}
- D_u : Relación del decilo superior al valor mediano, F_{am}
- σ_{Du} : Desviación típica de los valores de D_u
- D_l : Relación del valor mediano F_{am} al decilo inferior
- σ_{Dl} : 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)

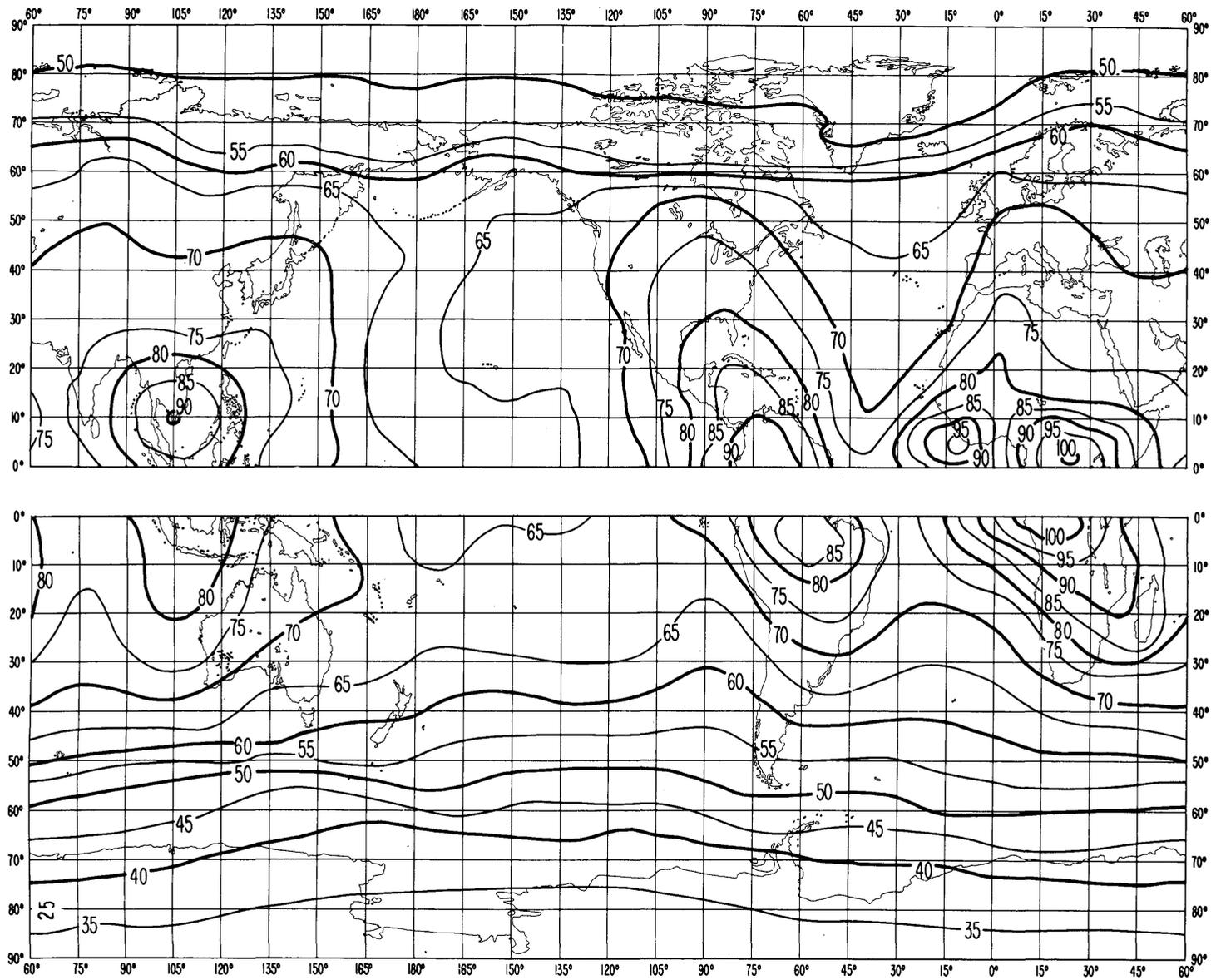


FIGURA 25a – Valores probables del ruido atmosférico, F_{am} , en dB por encima de kT_0b en 1 MHz
(Otoño; 2000-2400 h)

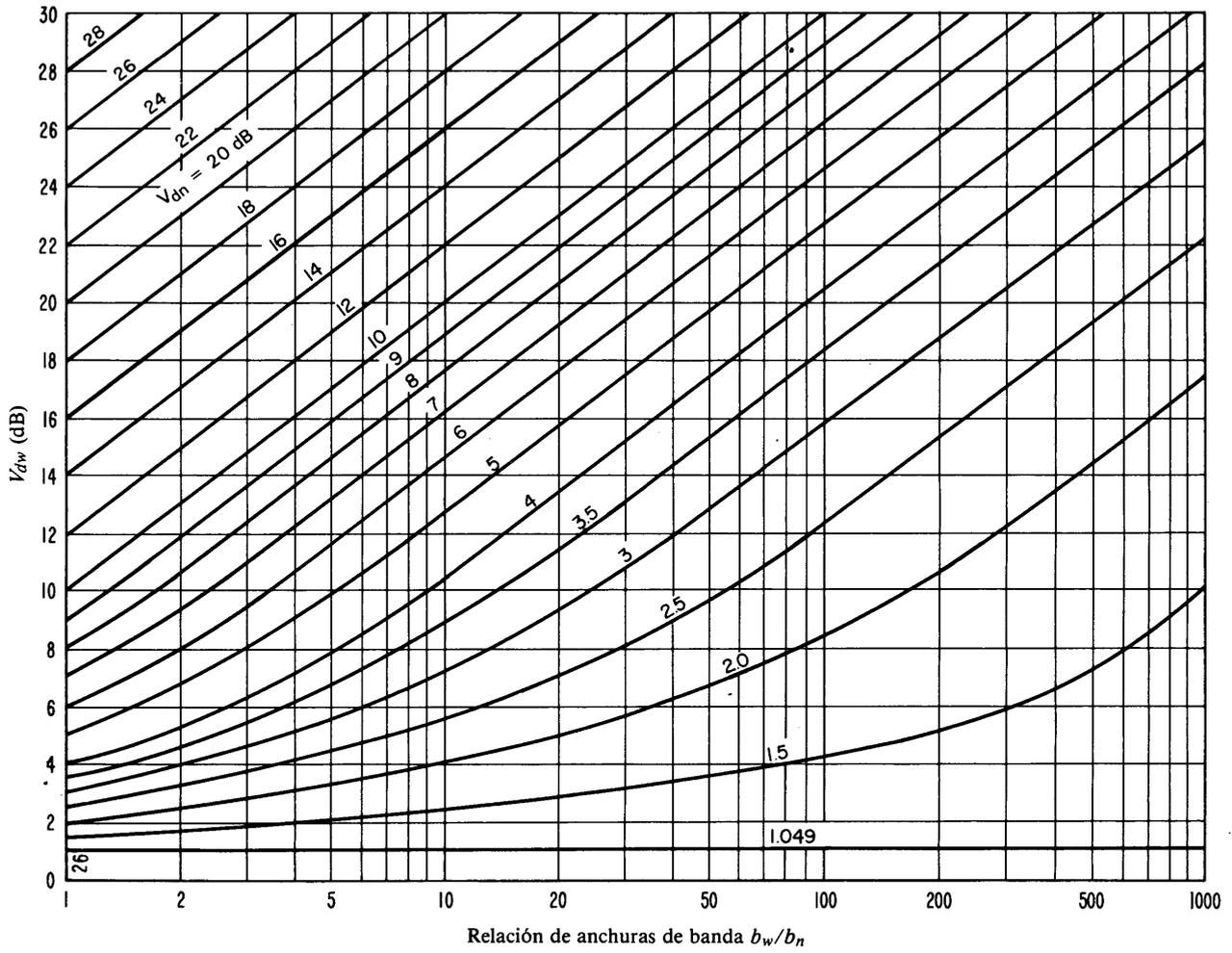


FIGURA 26 – Conversión de V_d para una anchura de banda en valores de V_d para otra anchura de banda

b_w : banda más ancha
 b_n : banda más estrecha

Los valores correspondientes de V_{dw} y V_{dn} se leen en la línea de relación de anchuras de banda adecuada

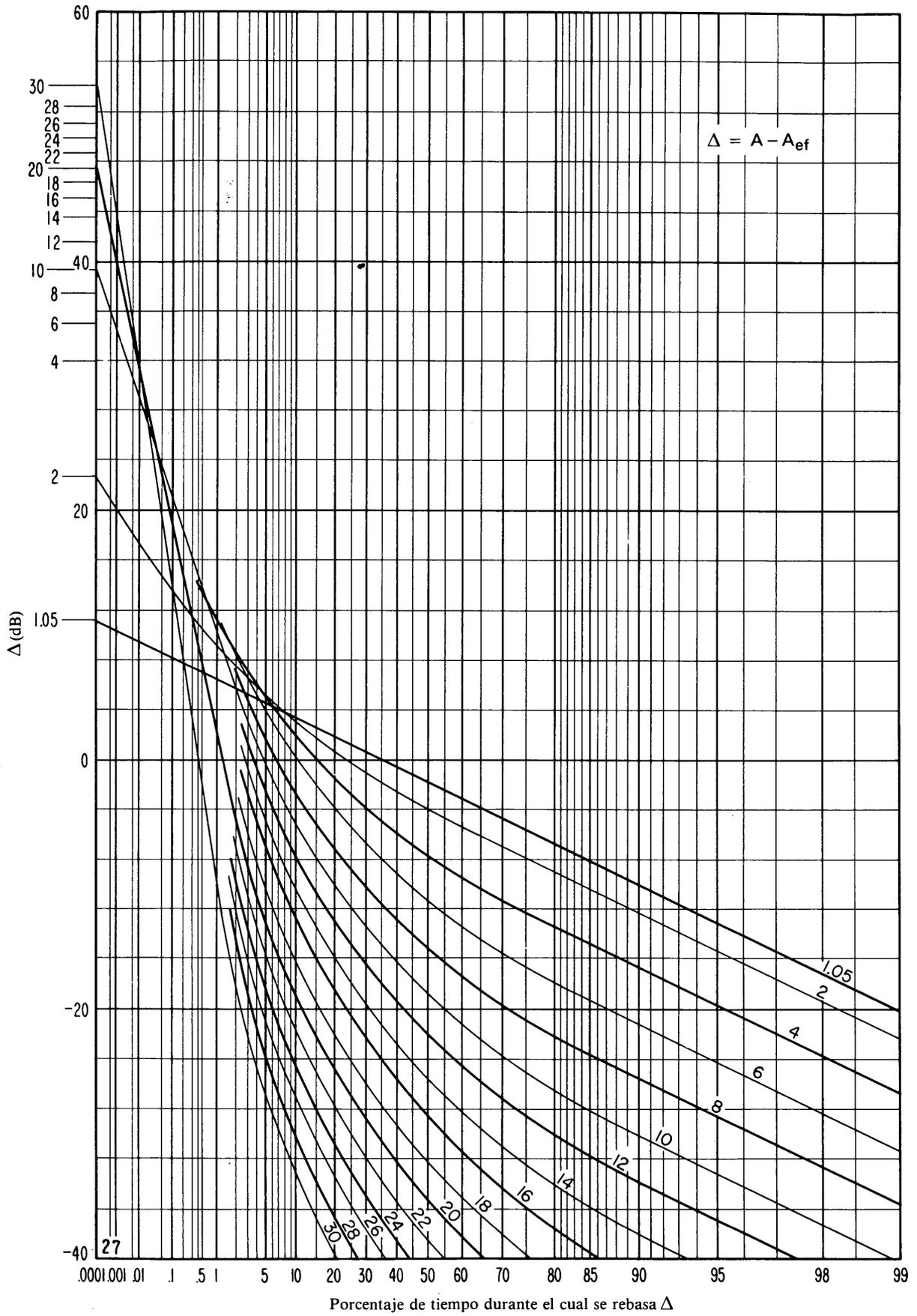


FIGURA 27 - Distribución de la probabilidad de amplitud de la envolvente de ruido

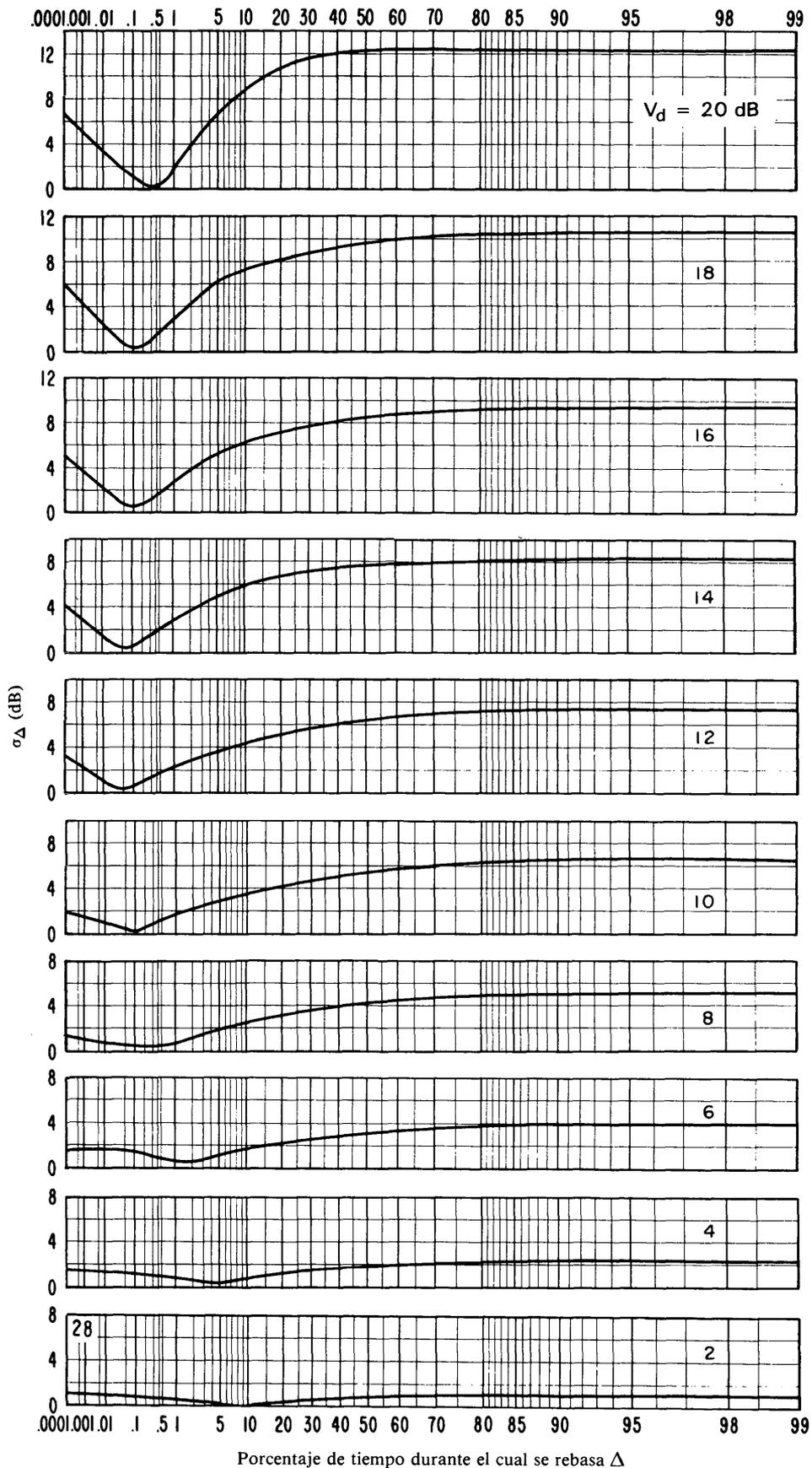


FIGURA 28 - Desviación típica σ_{Δ}

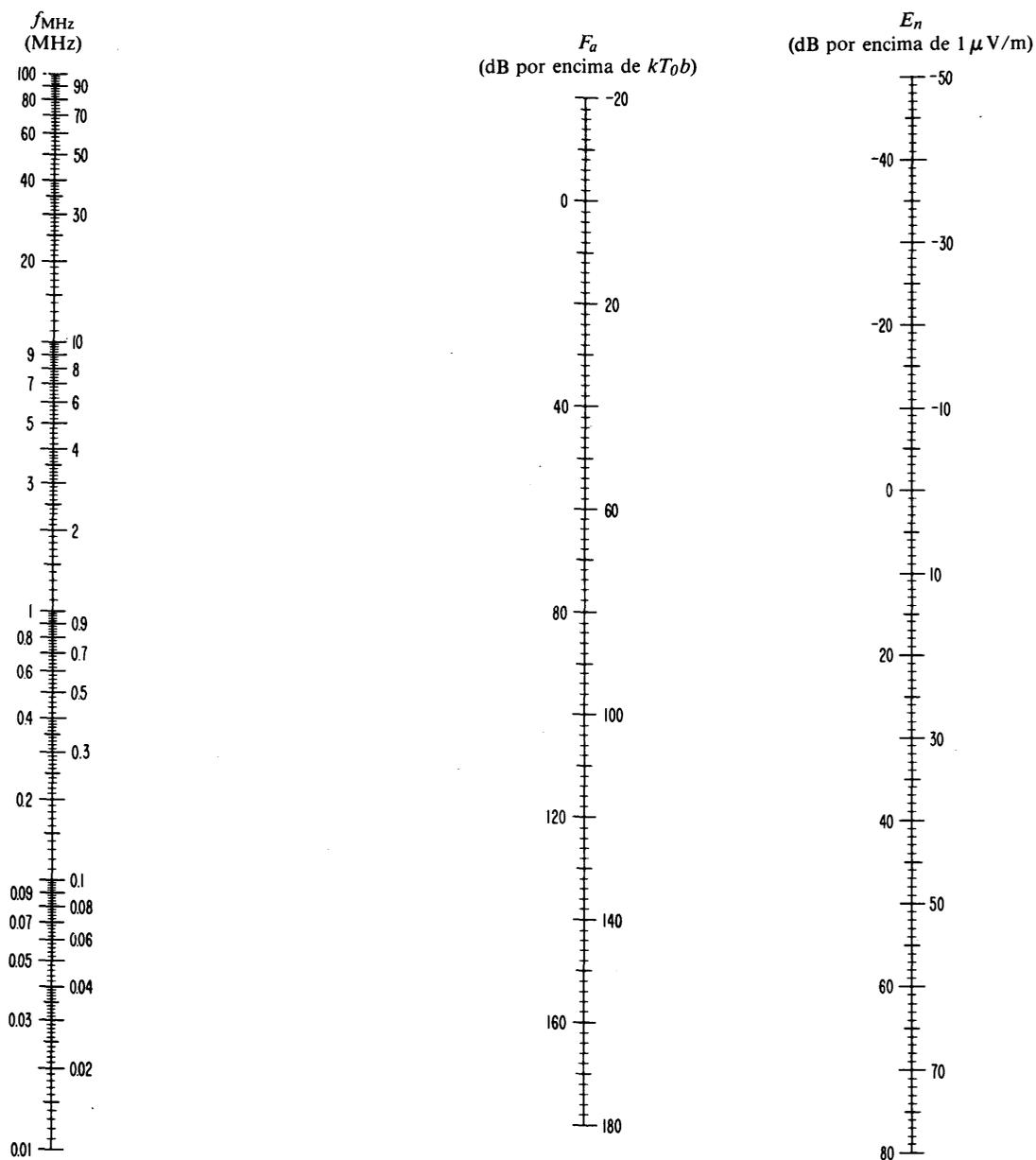


FIGURA 29 – Nomograma para transformar F_a en E_n , en función de la frecuencia f_{MHz}

$$E_n = F_a + 20 \log f_{\text{MHz}} - 65,5$$

(Las definiciones de E_n , F_a y f_{MHz} figuran con la notación)

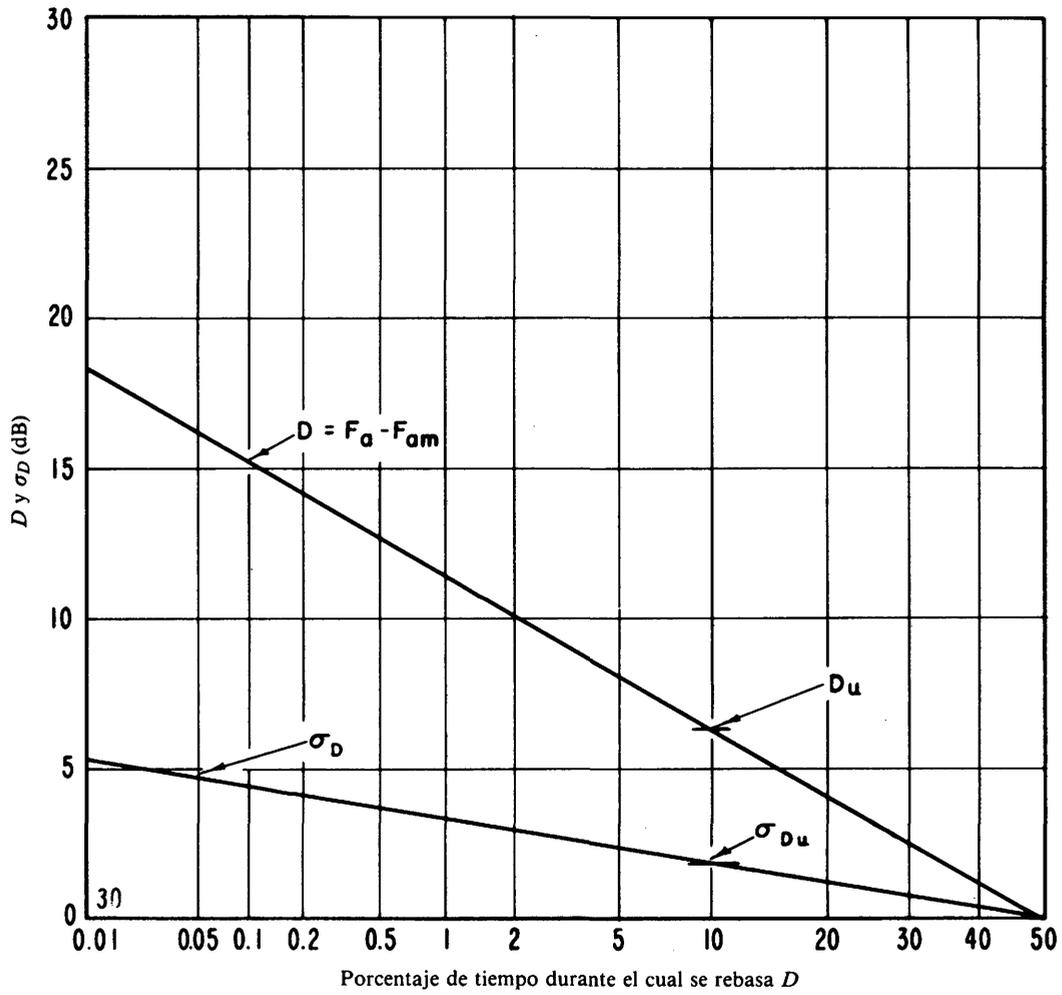


FIGURA 30 – Valores probables de D y sus desviaciones típicas σ_D

Verano; 2000-2400 h
 Frecuencia: 50 kHz

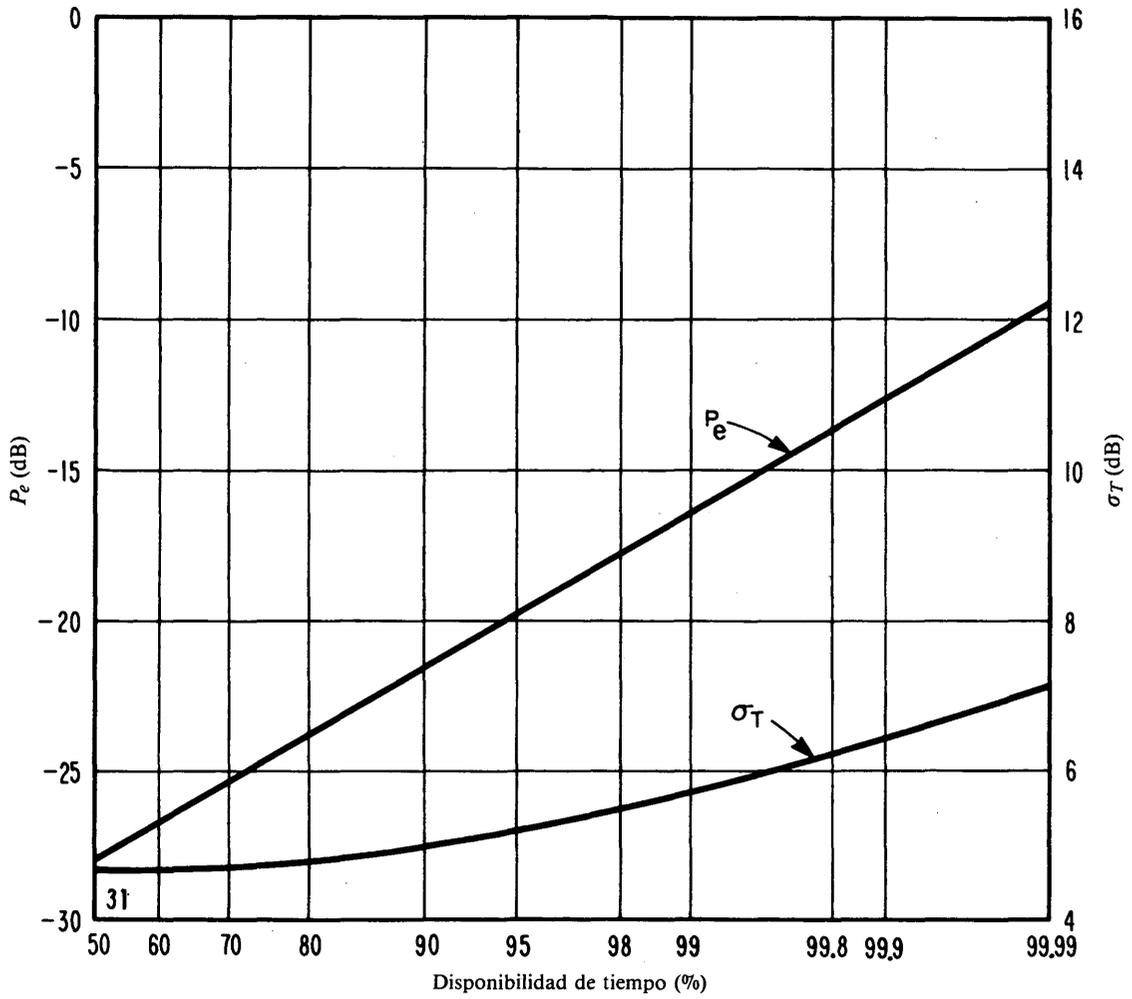


FIGURA 31 – Valores probables de P_e y sus desviaciones típicas σ_T

Ginebra, Suiza
 Verano; 2000-2400 h
 Frecuencia: 50 kHz
 Anchura de banda: 100 Hz
 Errores binarios: 0,05%
 Tipo de servicio: manipulación por desplazamiento de frecuencia

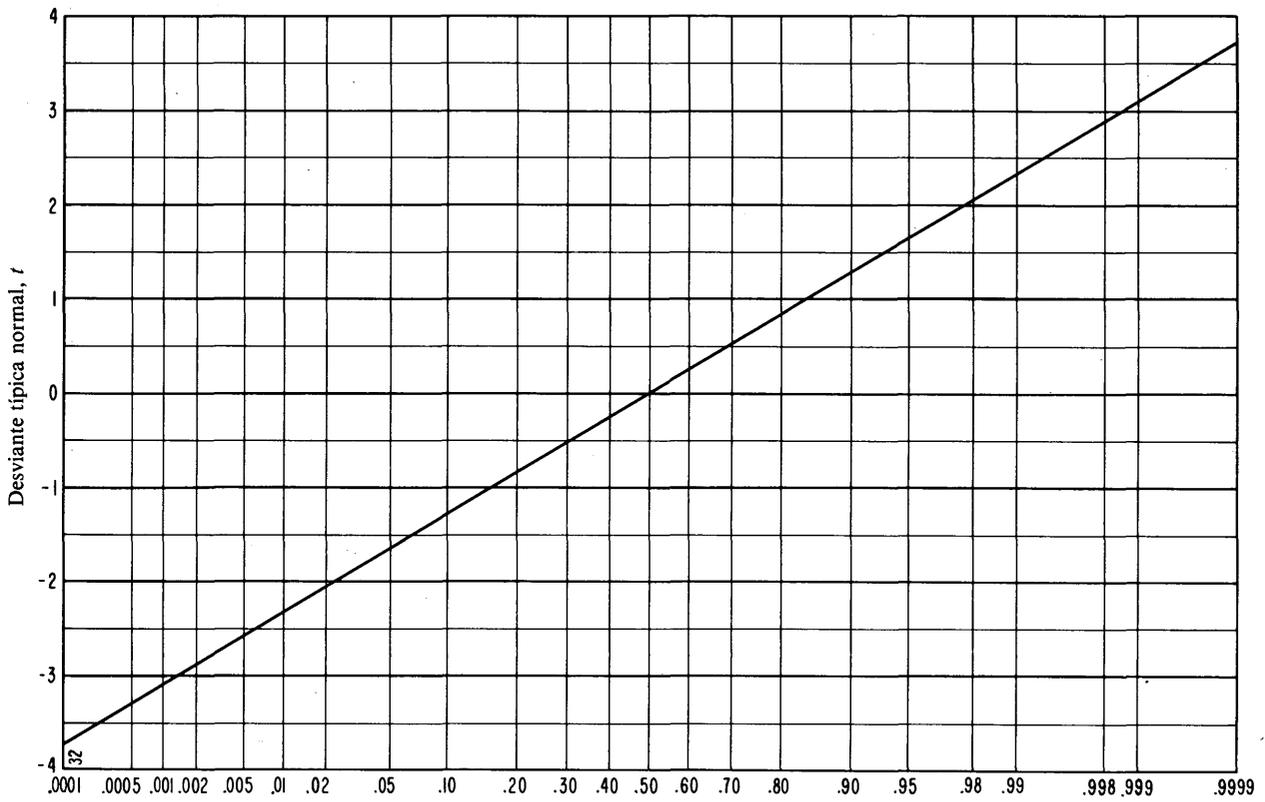


FIGURA 32 – Probabilidad de servicio en función de la desviante típica normal t

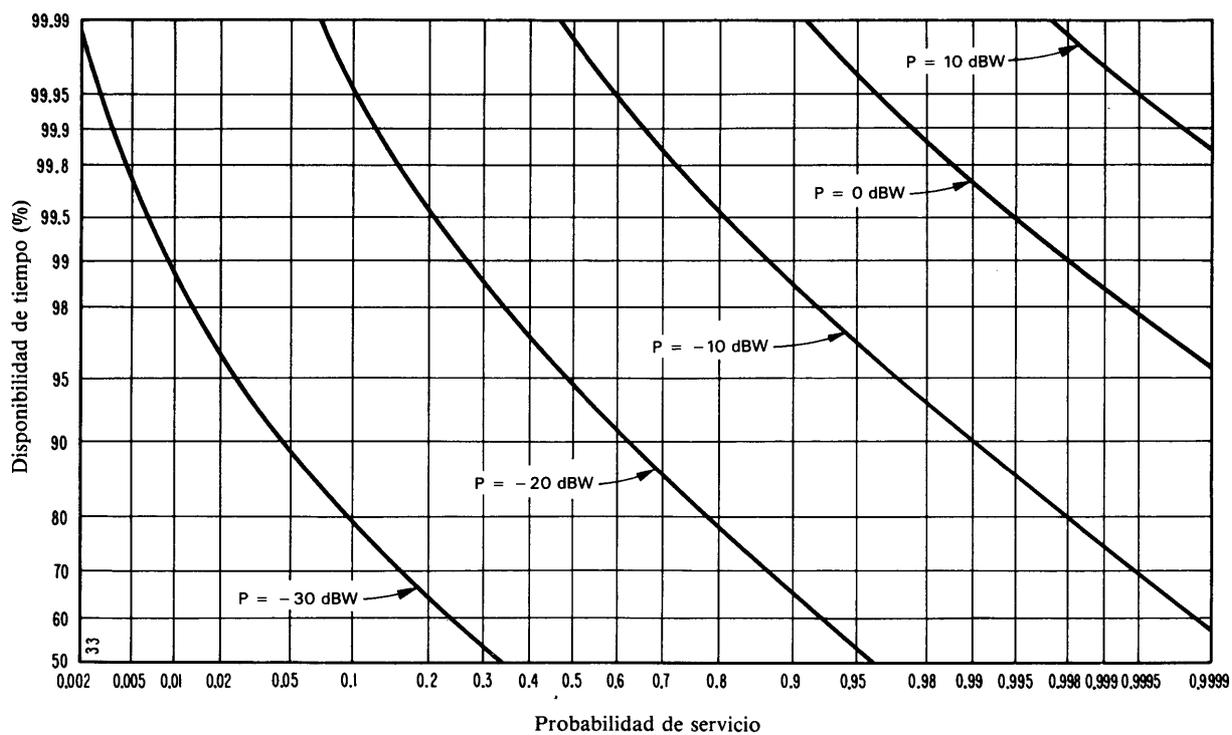


FIGURA 33 – Disponibilidad de tiempo en función de la probabilidad de servicio

Ginebra, Suiza
 Verano; 2000-2400 h
 Frecuencia: 50 kHz
 Anchura de banda: 100 Hz
 Errores binarios: 0,05%
 Tipo de servicio: manipulación por desplazamiento de frecuencia

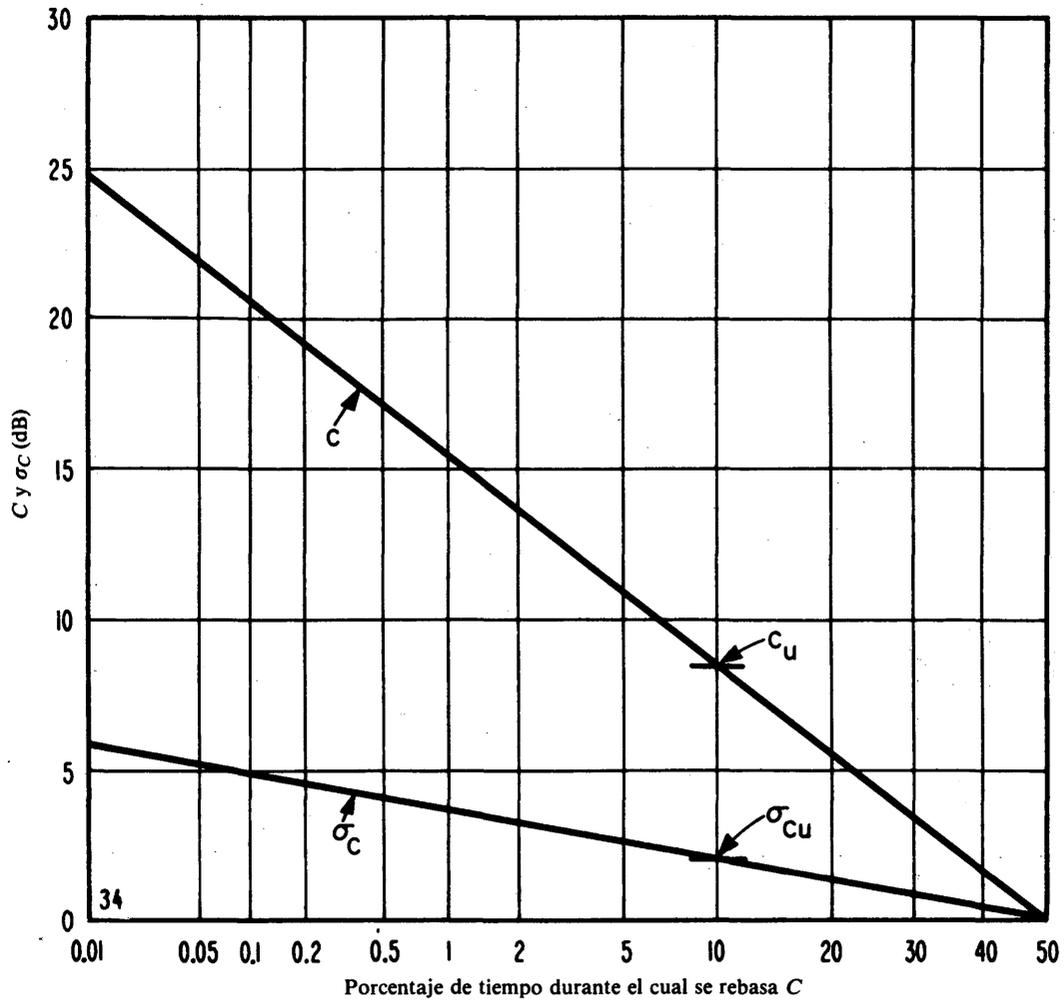


FIGURA 34 – Valores probables de C y sus desviaciones típicas σ_C

Verano; 2000-2400 h
Frecuencia: 5 MHz

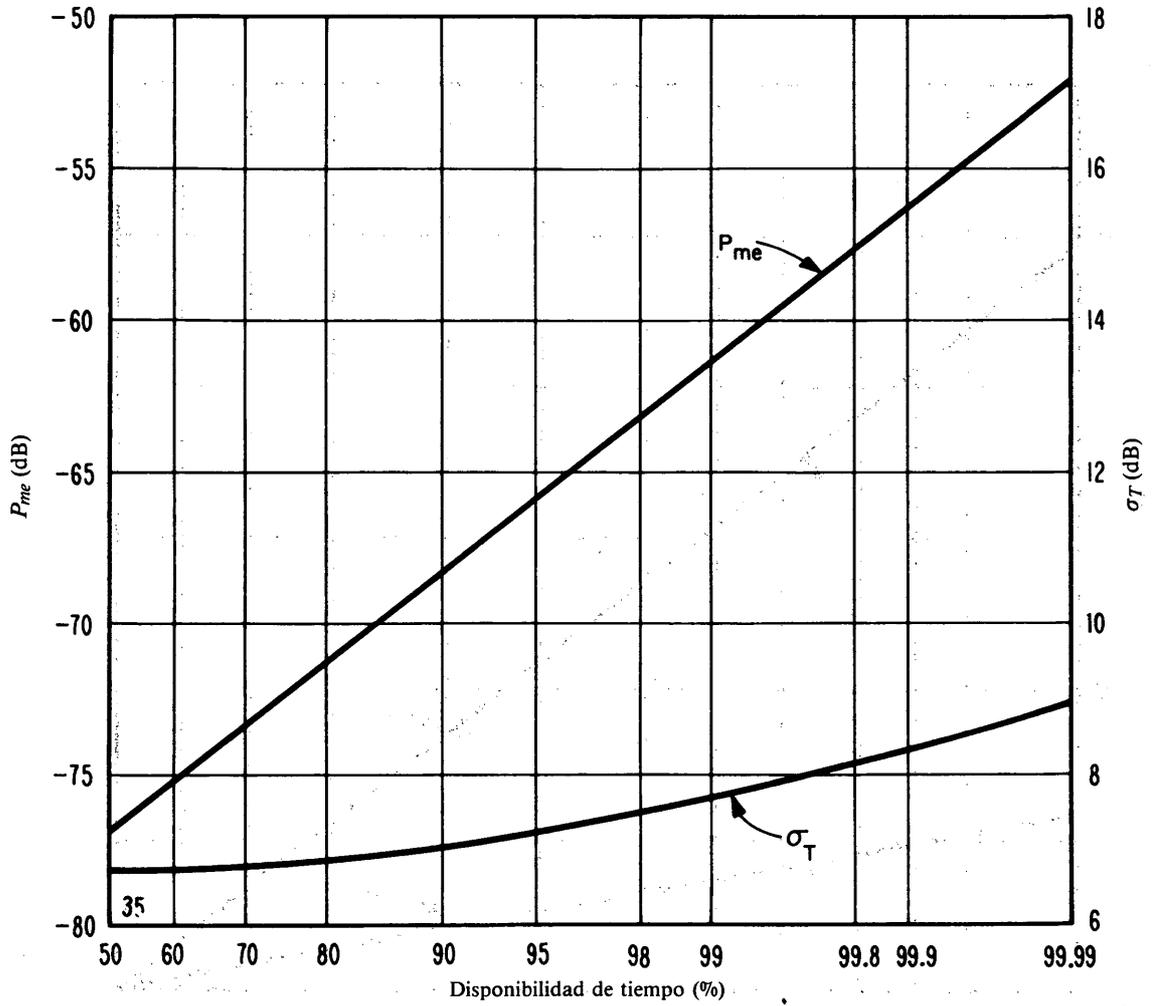


FIGURA 35 – Valores probables de P_{me} y sus desviaciones típicas σ_T

Ginebra, Suiza
 Verano; 2000-2400 h
 Frecuencia: 5 MHz
 Anchura de banda: 6 kHz
 Telefonía A3E JN, servicio difícilmente comercial

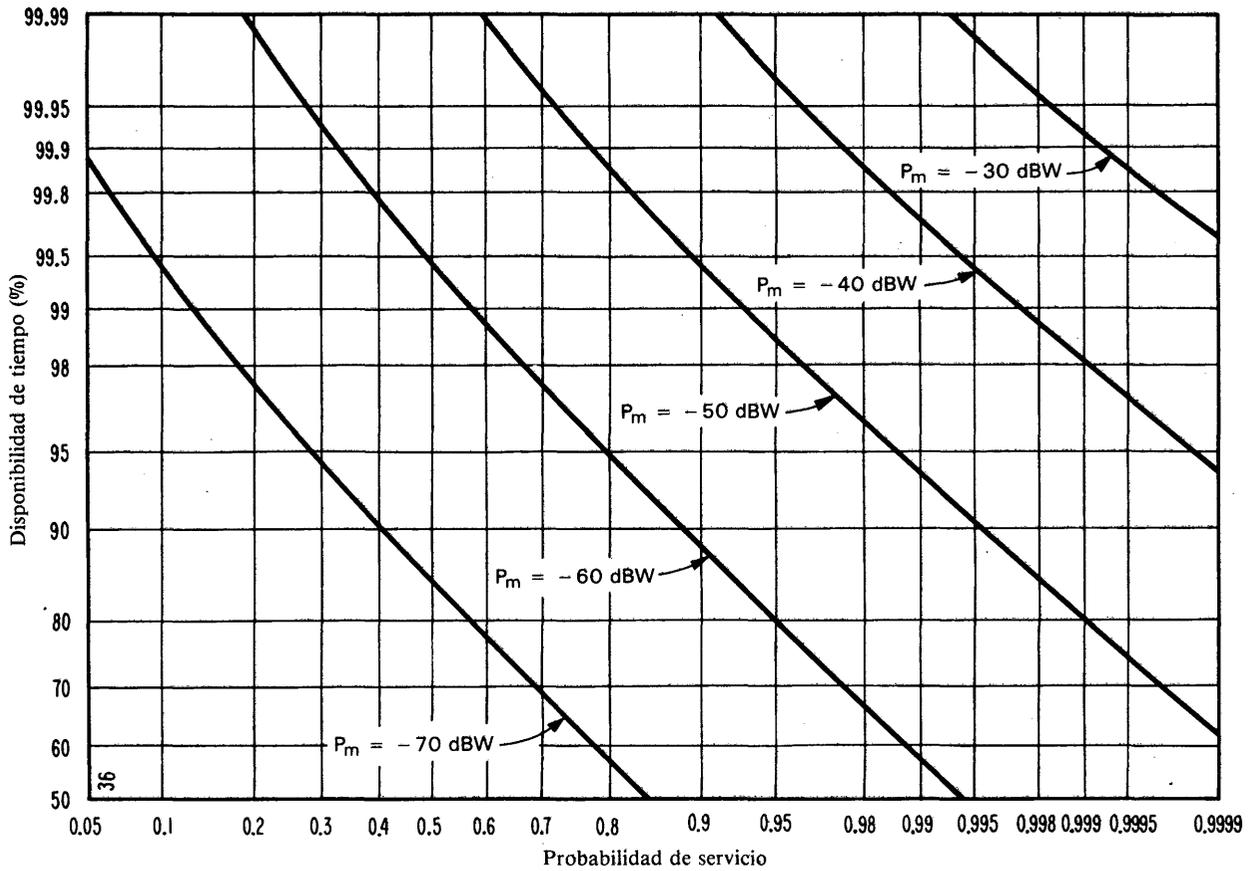


FIGURA 36 – Disponibilidad de tiempo en función de la probabilidad de servicio

Ginebra, Suiza
 Verano; 2000-2400 h
 Frecuencia: 5 MHz
 Anchura de banda: 6 kHz
 Telefonía A3E JN, servicio difícilmente comercial

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AUSTIN, L. W. [1932] Solar activity and radio telegraphy. *Proc. IRE*, Vol. 20, 280.
- BARSIS, A. P., NORTON, K. A., RICE, P. L. y ELDER, P. H. [1961] Performance predictions for single tropospheric communication links and for several links in tandem. NBS Tech. Note 102.
- CLARKE, C. [1962] Atmospheric radio noise studies based on amplitude probability measurements at Slough, England, during the International Geophysical Year. *Proc. IEE*, Vol. 109B, 393.
- COTTONY, H. V. y JOHLER, J. R. [1952] Cosmic radio noise intensities in the VHF band. *Proc. IRE*, Vol. 40, 1053.
- CRICHLow, W. Q., SMITH, D. F., MORTON, R. N. y CORLISS, W. R. [1955] World-wide radio noise levels expected in the frequency band 10 kc/s to 100 Mc/s. NBS Circular 557.
- CRICHLow, W. Q., DISNEY, R. T. y JENKINS, M. A. [1959-1962] Quarterly radio noise data. NBS Tech. Note Nos. 18 to 18-13.
- CRICHLow, W. Q., ROUBIQUE, C. J., SPAULDING, A. D. y BEERY, W. M. [1960a] Determination of the amplitude-probability distribution of atmospheric radio noise from statistical moments. *NBS J. Res.*, Vol. 64D, 49.
- CRICHLow, W. Q., SPAULDING, A. D., ROUBIQUE, C. J. y DISNEY, R. T. [1960b] Amplitude-probability distributions for atmospheric radio noise. NBS Monograph 23.
- HAGN, G. H. [1981] Man-made electromagnetic noise. *Handbook of Atmospherics*, Chapter 7. Ed. H. Volland, CRC Press, Boca Raton, FL, Estados Unidos de América.
- KRONJÄGER, W. y VOGT, K. [1959] Über das Aussengeräusch kommerzieller Antennenanlagen (Ruidos atmosféricos en sistemas de antenas del servicio fijo). *NTZ*, 12, 371.
- LICHTER, Ya. I. y TERINA, G. J. [1960] Some results of the investigations of atmospheric radio noise at Moscow. *Some Ionospheric Results Obtained During the IGY*. Ed. Beynon, Elsevier, Londres, Reino Unido.
- LUCAS, D. L. y HARPER, J. D. [1965] A numerical representation of CCIR Report 322: high frequency (3-30 Mc/s) atmospheric radio noise data. NBS Tech. Note 318, US Dept. of Commerce, Washington, DC.
- MONTGOMERY, G. F. [1954] A comparison of amplitude and angle modulation for narrow-band communication of binary-coded messages in fluctuation noise. *Proc. IRE*, Vol. 42, 447.
- SCIENCE COUNCIL OF JAPAN [1960] Compilation of data in Japan for atmospheric radio noise during the IGY, 1957/58. Japanese National Committee for IGY.
- SPAULDING, A. D. [1981] Atmospheric radio noise and its effects on telecommunication systems. *Handbook of Atmospherics*, Chapter 6. Ed. H. Volland, CRC Press, Boca Raton, FL, Estados Unidos de América.
- SPAULDING, A. D., ROUBIQUE, C. J. y CRICHLow, W. Q. [1962] Conversion of the amplitude-probability distribution function for atmospheric radio noise from one bandwidth to another. *NBS J. Res.*, Vol. 66D, 713.
- URSI [1962] The measurement of characteristics of terrestrial radio noise. Special Report No. 7. Elsevier, Londres, Reino Unido.
- URSI [1981] *Review of Radio Science 1978-1980*, EM noise and interference E1-E13. International Union of Radio Science, Bruselas, Bélgica.
- WATT, A. D., COON, R. M., MAXWELL, E. L. y PLUSH, R. W. [1958] Performance of some radio systems in the presence of thermal and atmospheric noise. *Proc. IRE*, Vol. 46, 1914.
- ZACHARISEN, D. H. y JONES, W. B. [1970] World maps of atmospheric radio noise in universal time by numerical mapping. Telecommunications Research Report OT/ITS/TRR2, US Dept. of Commerce, Washington, DC.

Impreso en Suiza

ISBN 92-61-01743-6