



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.

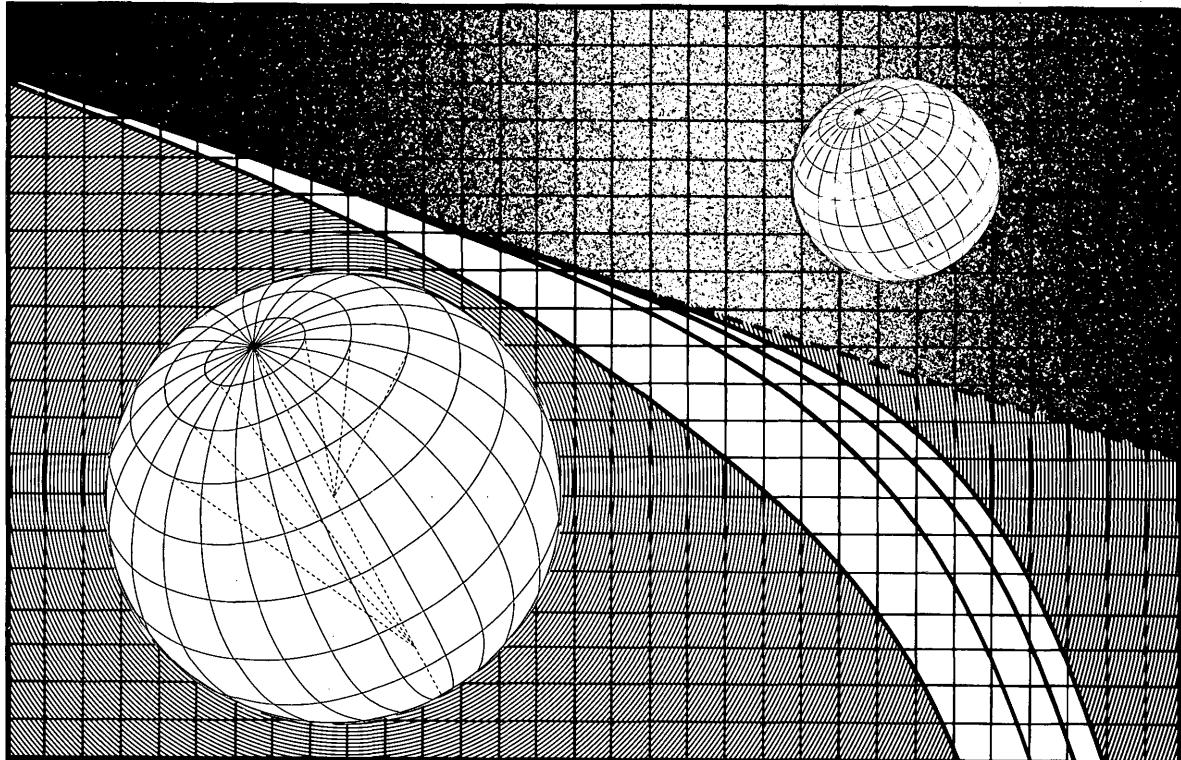
(ITU) للاتصالات الدولي الاتحاد في والمحفوظات المكتبة قسم أجزاء الضوئي بالمسح تصوير نتاج (PDF) الإلكترونية النسخة هذه والمحفوظات المكتبة قسم في المتوفرة الوثائق ضمن أصلية ورقية وثيقة من نقلأً.

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.



COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL DES RADIOPRÉPARATIONS  
INTERNATIONAL RADIO CONSULTATIVE COMMITTEE  
COMITÉ CONSULTIVO INTERNACIONAL DE RADIOPRÉPARACIONES



---

**ATLAS MONDIAL  
DE LA CONDUCTIVITÉ DU SOL**

---

**WORLD ATLAS  
OF GROUND CONDUCTIVITIES**

---

**ATLAS MUNDIAL  
DE LA CONDUCTIVIDAD DEL SUELO**

---

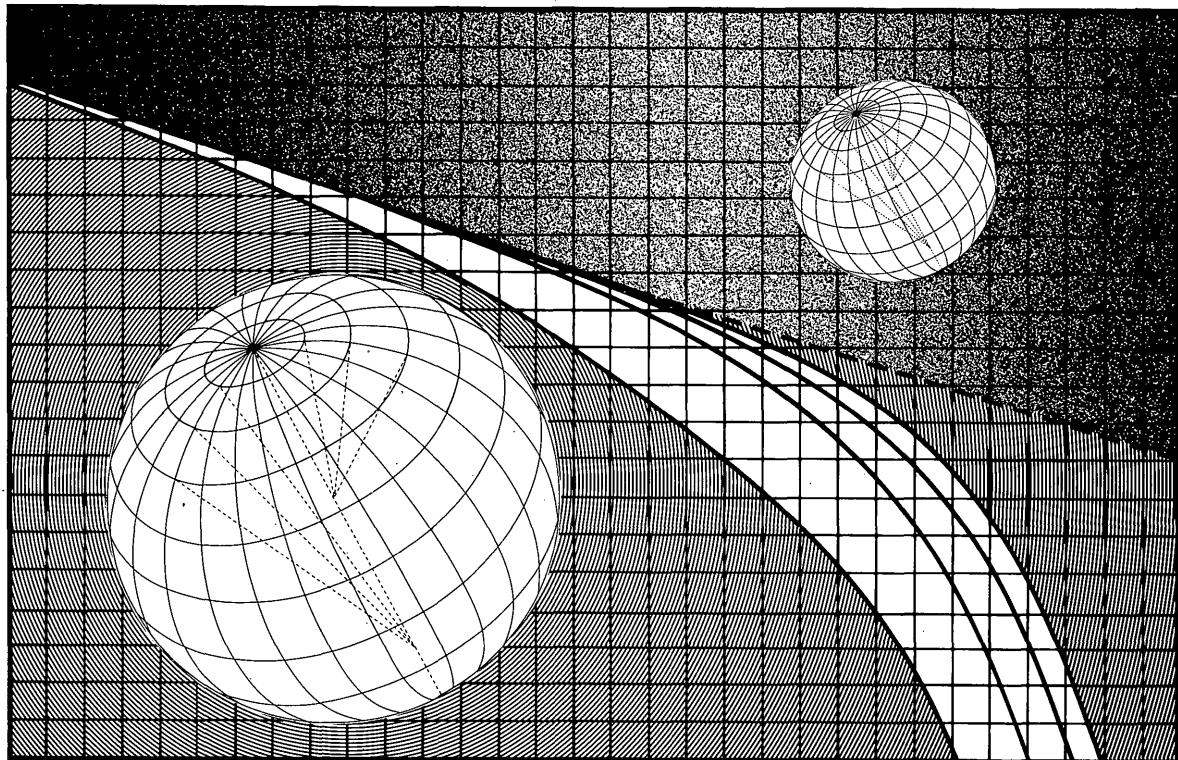


UNION INTERNATIONALE DES TÉLÉCOMMUNICATIONS  
INTERNATIONAL TELECOMMUNICATION UNION  
UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES

Genève, 1988



COMITÉ CONSULTATIF INTERNATIONAL DES RADIOPRÉPARATIONS  
INTERNATIONAL RADIO CONSULTATIVE COMMITTEE  
COMITÉ CONSULTIVO INTERNACIONAL DE RADIODIFUSIÓN



---

**ATLAS MONDIAL  
DE LA CONDUCTIVITÉ DU SOL**

---

**WORLD ATLAS  
OF GROUND CONDUCTIVITIES**

---

**ATLAS MUNDIAL  
DE LA CONDUCTIVIDAD DEL SUELO**

---

Genève, 1988

ISBN 92-61-03047-5



## TABLE DES MATIÈRES

	Page
1. Introduction . . . . .	3
2. Courbes de propagation de l'onde de sol pour les fréquences comprises entre 30 kHz et 3 MHz . . . . .	4
3. L'Atlas . . . . .	5
4. Future révision de l'Atlas . . . . .	6
Cartes de la conductivité du sol . . . . .	6

## CONTENTS

	Page
1. Introduction . . . . .	9
2. Ground-wave propagation curves for frequencies between 30 kHz and 3 MHz . . . . .	10
3. The Atlas . . . . .	11
4. Future revision of the Atlas . . . . .	12
Maps of ground conductivity . . . . .	12

## ÍNDICE

	Página
1. Introducción . . . . .	15
2. Curvas de propagación de la onda de superficie para las frecuencias comprendidas entre 30 kHz y 3 MHz . . . . .	16
3. El Atlas . . . . .	17
4. Revisión futura del Atlas . . . . .	18
Mapas de la conductividad del suelo . . . . .	18

**PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK**

**PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT**

## RAPPORT 717-2

## ATLAS MONDIAL DE LA CONDUCTIVITÉ DU SOL

(Décision 3)

(1978-1982-1986)

## 1. Introduction

## 1.1 Objectif

1.1.1 Le présent Rapport donne des renseignements sur la conductivité du sol dans diverses régions du monde. Il constitue la première édition de l'Atlas mondial de la conductivité du sol dont il est question dans la Résolution 73. Afin de faciliter la prévision du champ à l'aide de ces renseignements, le présent Rapport contient des courbes de propagation de l'onde de sol pour des fréquences déterminées et diverses caractéristiques du sol.

## 1.2 Considérations générales

1.2.1 Pour calculer le champ de l'onde de sol, on doit absolument connaître les caractéristiques électriques du sol le long du trajet de propagation. Dans les cas qui impliquent une coordination entre plusieurs administrations, il est donc souvent nécessaire que l'on connaisse lesdites caractéristiques en dehors du territoire national.

1.2.2 La plus importante des caractéristiques électriques du sol aux fréquences inférieures à 3 MHz est la conductivité. Comme l'indique la Recommandation 527, la conductivité du sol dépend de la fréquence, aussi est-il souhaitable que l'on ait des cartes de conductivité tracées pour différentes gammes de fréquences.

Il est à noter que l'on peut s'attendre à ce que les constantes du sol subissent des variations saisonnières (voir le Rapport 229).

## 1.3 Etablissement des cartes de conductivité

1.3.1 Pour ses travaux relatifs à l'Atlas mondial, le CCIR a besoin de renseignements provenant de toutes les administrations. On a jusqu'ici présenté les cartes de conductivité de diverses façons, mais il serait utile qu'elles soient présentées désormais pour les mêmes ensembles types de valeurs de la conductivité comme indiqué dans la Recommandation 368, et au Tableau I ci-après.

1.3.2 Pour établir les cartes de conductivité, on peut utiliser les méthodes citées dans le Rapport 879. Une étude plus détaillée de ces méthodes se trouve dans [Täumer, 1973; Koskenniemi et Laiho, 1975; Stokke, 1978, 1984].

TABLEAU I – Valeurs types et gammes de la conductivité  
du sol pour la présentation des cartes

Valeurs types (S/m)	Valeurs limites de la gamme (S/m)	
	Limite supérieure	Limite inférieure
5	7	3
$3 \times 10^{-2}$	$5,5 \times 10^{-2}$	$1,7 \times 10^{-2}$
$10^{-2}$	$1,7 \times 10^{-2}$	$5,5 \times 10^{-3}$
$3 \times 10^{-3}$	$5,5 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^{-3}$
$10^{-3}$	$1,7 \times 10^{-3}$	$5,5 \times 10^{-4}$
$3 \times 10^{-4}$	$5,5 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^{-4}$
$10^{-4}$	$1,7 \times 10^{-4}$	$5,5 \times 10^{-5}$
$3 \times 10^{-5}$	$5,5 \times 10^{-5}$	$1,7 \times 10^{-5}$
$10^{-5}$	$1,7 \times 10^{-5}$	$5,5 \times 10^{-6}$

## 2. Courbes de propagation de l'onde de sol pour les fréquences comprises entre 30 kHz et 3 MHz

### 2.1 Considérations générales

Les courbes de propagation, pour la gamme de fréquences 30-3000 kHz, sont données aux Fig. 5 à 41. Elles ont été calculées pour des valeurs des caractéristiques électriques du sol en conformité avec la Recommandation 527.

### 2.2 Conditions de validité

Les courbes de propagation sont calculées à partir des hypothèses suivantes:

- elles se réfèrent à une Terre sphérique homogène et lisse;
- dans la troposphère, l'indice de réfraction décroît exponentiellement avec la hauteur comme indiqué dans la Recommandation 369;
- les antennes d'émission et de réception sont toutes deux situées au sol;
- l'élément rayonnant est une antenne monopole verticale courte. (Le moment du doublet équivalent est  $5\lambda/2\pi$ , voir le Rapport 714.) En supposant que cette antenne verticale soit située à la surface d'une Terre assimilée à un plan parfaitement conducteur et qu'elle soit excitée de manière à rayonner une puissance de 1 kW, le champ rayonné à 1 km de distance aurait une valeur de 300 mV/m; ceci correspond à une force cymomotrice de 300 V (voir la Recommandation 525);
- les courbes sont tracées pour des distances mesurées autour de la surface courbe de la Terre;
- les courbes donnent la valeur de la composante verticale du champ de rayonnement, c'est-à-dire celle qui peut être effectivement mesurée dans la région du champ lointain de l'antenne.

*Note 1.* — La courbe en pointillé, intitulée «inverse de la distance», à laquelle les courbes sont asymptotiques pour les courtes distances, passe par la valeur de champ de 300 mV/m à une distance de 1 km; pour appliquer les courbes aux autres antennes de référence, voir le Tableau I de la Recommandation 341.

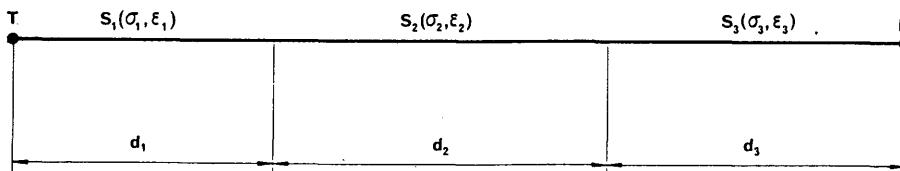
*Note 2.* — On a utilisé pour le calcul le programme GRWAVE et les méthodes décrites dans le Rapport 714.

*Note 3.* — Ces courbes peuvent servir également à une évaluation rapide de la f.e.m. induite. Pour plus de détails, voir [Rašajski et Petrović, 1981].

### 2.3 Application aux trajets mixtes

2.3.1 Les courbes sont applicables à la détermination de la propagation sur des trajets mixtes (au-dessus d'un sol régulier hétérogène), de la façon suivante:

Ces trajets peuvent être constitués de sections  $S_1, S_2, S_3$ , etc., de longueurs  $d_1, d_2, d_3$ , etc., ayant des conductivités et des permittivités respectives  $\sigma_1, \epsilon_1; \sigma_2, \epsilon_2; \sigma_3, \epsilon_3$ , etc., comme le montre le schéma ci-dessous pour trois sections:



Parmi les diverses méthodes semi-empiriques permettant de déterminer la propagation sur de tels trajets, celle due à Millington [1949] est la plus précise et satisfait à la condition de réciprocité. Avec cette méthode, on suppose que des courbes sont disponibles pour les différents types de terrain correspondant aux sections  $S_1, S_2, S_3$ , etc., supposées individuellement homogènes et se rapportant toutes à la même source T définie, par exemple, par une courbe «inverse de la distance». Les valeurs pour toute autre source pourront ensuite être obtenues par l'application d'un coefficient.

On choisit, pour une fréquence donnée, la courbe correspondant à la section  $S_1$  et l'on relève le champ  $E_1(d_1)$  en dB(µV/m) à la distance  $d_1$ . La courbe correspondant à la section  $S_2$  permet d'obtenir ensuite les champs  $E_2(d_1)$  et  $E_2(d_1 + d_2)$  puis on trouve, de façon similaire, à l'aide de la courbe s'appliquant à la section  $S_3$ , les champs  $E_3(d_1 + d_2)$  et  $E_3(d_1 + d_2 + d_3)$  et ainsi de suite.

Le champ à la réception,  $E_R$ , est alors défini par l'expression:

$$E_R = E_1(d_1) - E_2(d_1) + E_2(d_1 + d_2) - E_3(d_1 + d_2) + E_3(d_1 + d_2 + d_3) \quad (1)$$

On inverse alors le processus en appelant R l'émetteur et T le récepteur; on obtient ainsi un champ  $E_T$  défini par l'expression:

$$E_T = E_3(d_3) - E_2(d_3) + E_2(d_3 + d_2) - E_1(d_3 + d_2) + E_1(d_3 + d_2 + d_1) \quad (2)$$

Le champ recherché est donné par  $1/2 (E_R + E_T)$ , la manière d'étendre le calcul à un nombre plus grand de sections étant évidente.

Cette méthode pourrait, en principe, être étendue aux changements de phase si l'on disposait des courbes correspondantes de la phase en fonction de la distance pour un sol homogène. Ces données seraient nécessaires pour l'application aux systèmes de navigation. Cette méthode due à Millington est généralement d'un usage facile, surtout quand on dispose d'un ordinateur.

2.3.2 Dans les travaux de planification pour lesquels on a besoin de connaître la couverture d'un émetteur donné, il est commode de recourir à un *procédé graphique*, fondé sur la même méthode, et qui permet d'évaluer rapidement la distance à laquelle le champ a une valeur donnée.

On trouvera ci-dessous une brève description de cette méthode graphique.

La Fig. 1 s'applique à un trajet composé de deux sections homogènes de longueurs  $d_1$  et  $d_2$  et de caractéristiques électriques respectives  $\sigma_1, \epsilon_1$  et  $\sigma_2, \epsilon_2$ . On suppose que, dans cet exemple, le module de la permittivité (constante diélectrique) complexe  $|\epsilon'(\sigma_1, \epsilon_1)|$  est supérieur à  $|\epsilon'(\sigma_2, \epsilon_2)|$ . Aux distances  $d$  supérieures à  $d_1$ , la courbe du champ obtenue par la méthode de Millington est située entre les courbes correspondant aux deux jeux de constantes  $E(\sigma_1, \epsilon_1)$  et  $E(\sigma_2, \epsilon_2)$ . A la distance  $d = 2 d_1$  ( $d_1$  étant la distance de l'émetteur à la ligne de démarcation entre les deux terrains), la courbe de Millington se situe à mi-chemin entre les deux courbes précitées si le champ est tracé selon une échelle linéaire en dB. De plus, cette courbe possède une asymptote située à  $m$  dB de la courbe  $E(\sigma_2, \epsilon_2)$ , comme le montre la Fig. 1. Ici,  $m$  est la demi-différence entre les courbes  $E(\sigma_1, \epsilon_1)$  et  $E(\sigma_2, \epsilon_2)$  au point  $d = d_1$ . Il est facile de tracer la courbe qui en résulte en connaissant le point par où elle passe pour  $d = 2 d_1$  et son asymptote.

La Fig. 2 représente la courbe de Millington pour un trajet composé de deux sections, dont les caractéristiques électriques sont d'abord  $\sigma_2$  et  $\epsilon_2$ , puis  $\sigma_1$  et  $\epsilon_1$ , le module de la permittivité complexe  $|\epsilon'(\sigma_1, \epsilon_1)|$  étant supérieur à  $|\epsilon'(\sigma_2, \epsilon_2)|$ . On peut appliquer la même procédure, sans oublier que cette fois l'asymptote est parallèle à la courbe  $E(\sigma_1, \epsilon_1)$ .

Pour les trajets comportant plus de deux sections, chaque changement de section peut être traité séparément comme le premier. La courbe qui en résulte doit être continue, les éléments de courbe de chaque section subissant un déplacement parallèle à la courbe extrapolée à l'extrémité de la section précédente.

La Fig. 3 montre comment on peut employer la méthode graphique approchée pour trouver la distance à laquelle le champ créé par un émetteur de 100 kW est de 1 mV/m (par exemple, pour déterminer la zone de couverture) après propagation sur un trajet composé de plusieurs sections de conductivités différentes. Au moyen de courbes de propagation de l'onde de sol pour les trois valeurs différentes de la conductivité, qui représentent le champ en dB( $\mu$ V/m) pour une puissance d'émission de 1 kW, on répète la méthode graphique pour les diverses sections. A titre d'illustration, les valeurs 1 mV/m et 100 kW correspondent à 40 dB( $\mu$ V/m) et à 1 kW, ce qui, dans notre exemple, donne une distance de 170 km.

La précision de la méthode graphique dépend de la différence de pente des courbes du champ et donc, dans une certaine mesure, de la fréquence. Dans la bande des ondes kilométriques, la différence entre la méthode décrite dans le § 2.3.1 et cette méthode approchée est normalement minime, mais, dans la partie supérieure de la bande des ondes hectométriques, la différence ne dépassera pas 3 dB dans la majorité des cas. La Fig. 4 donne les résultats de la comparaison avec l'aide d'un ordinateur entre la méthode de Millington et la méthode approchée.

Pour une description complète de la méthode graphique, on peut se référer à un article de Stokke [1975].

### 3. L'Atlas

Le contenu de l'Atlas est le suivant:

Figures 42 à 47: cartes de conductivité pour les ondes myriamétriques

Figures 48 à 82: cartes de conductivité pour les ondes hectométriques

3.1 L'utilisation des cartes de conductivité valables pour la gamme des ondes myriamétriques (Fig. 42 à 47) donne les valeurs de la conductivité équivalente du sol en mS/m et est soumise aux restrictions suivantes:

- leur application est limitée aux fréquences inférieures ou égales à 30 kHz;
- il n'y est pas tenu compte des variations saisonnières;
- elles ont été établies à partir de données géomorphologiques et géologiques utilisées pour définir les limites des zones continentales ayant une conductivité donnée, ainsi que de données réelles de conductivité déduites de mesures faites par de nombreux chercheurs [Morgan, 1968; Krulc, 1968];
- elles représentent les conductivités équivalentes du sol (l'effet du terrain est compris dans les valeurs);

- comme il est vraisemblable que les variations saisonnières sont d'autant plus sensibles que la fréquence est plus élevée, puisque la profondeur de pénétration est plus faible, il se peut qu'il faille présenter les cartes relatives aux fréquences plus élevées de manière que les variations annuelles y apparaissent. Cependant, des données recueillies par l'Administration de l'Inde indiquent qu'à des fréquences aussi élevées que 1 MHz, les variations saisonnières sous les tropiques ont une influence négligeable sur la propagation.

3.2 Les cartes à utiliser pour les ondes hectométriques, Fig. 48 à 81, et le Tableau II donnent les conductivités du sol équivalentes en mS/m (les cartes sont normalisées par rapport à 1 MHz). Ces cartes sont fondées sur des mesures et d'autres renseignements pertinents fournis par les différents pays. Elles ne comprennent pas de marge pour tenir compte des variations saisonnières.

3.3 La Fig. 82 donne des renseignements provisoires relatifs aux ondes hectométriques [Albrecht, 1967] dans le cas des zones pour lesquelles on ne dispose d'aucun résultat de mesures de la conductivité. Ces renseignements seront vraisemblablement remplacés par les éditions ultérieures de l'Atlas mondial que doit publier l'UIT.

3.4 Les valeurs de conductivité indiquées sur les cartes sont celles qu'ont soumises les administrations. Aucun renseignement n'a été communiqué pour les pays qui ne sont pas représentés dans l'Atlas.

#### 4. Future révision de l'Atlas

4.1 Les administrations sont priées de vérifier et, le cas échéant, de réviser les renseignements figurant dans cet Atlas.

4.2 Les administrations sont priées d'ajuster les zones d'une conductivité donnée de manière que chaque valeur de conductivité soit l'une des valeurs normalisées indiquées dans le Tableau I du présent Rapport.

4.3 A noter que, en raison de la diversité des méthodes appliquées pour mesurer la conductivité du sol, il se présente des discontinuités aux frontières entre pays. Les administrations sont priées de résoudre ces problèmes bilatéralement.

### CARTES DE LA CONDUCTIVITÉ DU SOL

#### *Cartes pour les ondes myriamétriques*

- Fig. 42 Afrique
- Fig. 43 Asie
- Fig. 44 Amérique du Nord
- Fig. 45 Amérique du Sud
- Fig. 46 Australie
- Fig. 47 Europe

#### *Cartes pour les ondes hectométriques*

- Fig. 48 Allemagne (République fédérale d')
- Fig. 49 Autriche
- Fig. 50 Belgique
- Fig. 51 Danemark
- Fig. 52 Espagne
- Fig. 53 Finlande
- Fig. 54 Grèce
- Fig. 55 Hongroise (République populaire)
- Fig. 56 Italie
- Fig. 57 Norvège
- Fig. 58 Pays-Bas (Royaume des)
- Fig. 59 Portugal
- Fig. 60 République démocratique allemande
- Fig. 61 Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord
- Fig. 62 Suède
- Fig. 63 URSS
- Fig. 64 Yougoslavie (République socialiste fédérative de)
- Fig. 65 Bangladesh (République populaire du)
- Fig. 66 Corée (République de)
- Fig. 67 Inde (République de l')
- Fig. 68 Iran (République islamique d')
- Fig. 69 Israël (Etat d')

- Fig. 70 Japon  
 Fig. 71 Jordanie (Royaume hachémite de)  
 Fig. 72 Thaïlande  
 Fig. 73 Sudafricaine (République), Swaziland (Royaume du), Lesotho (Royaume du)  
 Fig. 74 Botswana (République du)  
 Fig. 75 Namibie  
 Fig. 76 Amérique du Nord (excepté Canada)  
 Fig. 77 Amérique centrale  
 Fig. 78 Canada  
 Fig. 79 Amérique du Sud  
 Fig. 80 Australie  
 Fig. 81 Nouvelle-Zélande  
 Fig. 82 Carte mondiale provisoire des valeurs de conductivité du sol aux ondes hectométriques pour les zones terrestres

*Note.* — L'inscription d'un pays ou d'un territoire sur ces cartes ainsi que le tracé de frontières n'impliquent, de la part de l'UIT, aucune prise de position quant au statut politique de ces pays ou territoires, ni aucune reconnaissance officielle de ces frontières.

#### RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ALBRECHT, H. J. [1967] Geographical distribution of electrical ground parameters and effects on navigational systems. Dans K. Davies (Ed.) *Phase and Frequency Instabilities in Electromagnetic Wave Propagation*. Technivision, Londres, Royaume-Uni.
- KOSKENNIEMI, O. et LAIHO, J. K. [octobre 1975] Mesures de la conductibilité effective de sol finlandais en ondes kilométriques et hectométriques. *Rev. de l'UER* (Technique), **153**, 237-240.
- KRULC, Z. [1968] Einiges über die geoelektrischen Untersuchungen in der Blitzschutztechnik in Kroatien (Jugoslawien) (Recherches géoélectriques portant sur la protection contre la foudre en Croatie (Yougoslavie). *Boll. Geof. Teor. ed Applicata*, Vol. X, **38**.
- MILLINGTON, G. [janvier 1949] Ground-wave propagation over an inhomogeneous smooth earth. *Proc. IEE*, Partie III, Vol. 96, **39**, 53-64.
- MORGAN, R. R. [1968] World-wide VLF effective conductivity map. Office of Naval Research, Department of the Navy, Washington, DC, Etats-Unis d'Amérique, AD 675771, National Technical Information Service, Springfield, VA. 22161, Etats-Unis d'Amérique.
- RAŠAJSKI, S. et PETROVIĆ, Z. [1981] Influence d'un champ perturbateur sur le fonctionnement des récepteurs des stations côtières (en serbo-croate). Proc. 23rd Conference on Electronics, Telecommunications, Automatization Processing and Nuclear Techniques, Applications in the Maritime Mobile Service, Zadar, Yougoslavie.
- STOKKE, K. N. [1975] Analyse graphique de la méthode de Millington pour le calcul du champ au-dessus d'un terrain non homogène. *J. des Télécomm.*, Vol. 42, III, 157-163.
- STOKKE, K. N. [juin 1978] Problèmes concernant la mesure de la conductivité du sol. *Rev. de l'UER* (Technique), **169**, 106-111.
- STOKKE, K. N. [1984] Mesure de la conductivité du sol. *J. des Télécomm.*, Vol. 51, XI, 611-613.
- TÄUMER, F. [1973] Bodenleitfähigkeits-Karten im Mittelwellenbereich. (Cartes de conductivité du sol pour la gamme des ondes hectométriques). *Techn. Mitt. RFZ*, 17<sup>e</sup> année, 3, 86-88 et 4, 89-94.

**PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK**

**PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT**

## REPORT 717-2

## WORLD ATLAS OF GROUND CONDUCTIVITIES

(Decision 3)

(1978-1982-1986)

## 1. Introduction

## 1.1 Objective

1.1.1 This Report gives information about the ground conductivities in various areas of the world, and is the first edition of the World Atlas of Ground Conductivities called for in Resolution 73. Ground-wave propagation curves for specific frequencies and different ground characteristics are also included in order to facilitate field-strength predictions using this ground conductivity information.

## 1.2 General considerations

1.2.1 If ground-wave field strengths are to be calculated, it is essential to know the ground characteristics along the path. In cases involving coordination between administrations, it is therefore often necessary to know the ground characteristics existing outside national boundaries.

1.2.2 The most important electrical characteristic of the earth for frequencies below 3 MHz is the conductivity. As shown in Recommendation 527, ground conductivity varies with frequency, and it is therefore desirable to have conductivity maps for different frequency ranges.

It should also be noted that seasonal variations in the ground constants may be expected (see Report 229).

## 1.3 Preparation of conductivity maps

1.3.1 In its work on the World Atlas, the CCIR needs information from every administration. Conductivity maps have been presented in different ways, but in future it would be helpful if they were presented with the same standard set of values of conductivity as indicated in Recommendation 368 and as shown in Table I.

1.3.2 The methods mentioned in Report 879 may be used for preparing conductivity maps. More detailed descriptions of these methods are given by [Täumer, 1973; Koskenniemi and Laiho, 1975; Stokke, 1978, 1984].

TABLE I – Standard values and ranges of ground conductivity  
for the presentation of the maps

Standard values (S/m)	Limiting values of the range (S/m)	
	Upper limit	Lower limit
5	7	3
$3 \times 10^{-2}$	$5.5 \times 10^{-2}$	$1.7 \times 10^{-2}$
$10^{-2}$	$1.7 \times 10^{-2}$	$5.5 \times 10^{-3}$
$3 \times 10^{-3}$	$5.5 \times 10^{-3}$	$1.7 \times 10^{-3}$
$10^{-3}$	$1.7 \times 10^{-3}$	$5.5 \times 10^{-4}$
$3 \times 10^{-4}$	$5.5 \times 10^{-4}$	$1.7 \times 10^{-4}$
$10^{-4}$	$1.7 \times 10^{-4}$	$5.5 \times 10^{-5}$
$3 \times 10^{-5}$	$5.5 \times 10^{-5}$	$1.7 \times 10^{-5}$
$10^{-5}$	$1.7 \times 10^{-5}$	$5.5 \times 10^{-6}$

## 2. Ground-wave propagation curves for frequencies between 30 kHz and 3 MHz

### 2.1 General

Propagation curves for the frequency range 30-3000 kHz are given in Figs. 5 to 41. They have been calculated for values of electrical characteristics of the earth in accordance with Recommendation 527.

### 2.2 Conditions of validity

The propagation curves are calculated for the following assumptions:

- they refer to smooth homogeneous spherical earth;
- in the troposphere, the refractive index decreases exponentially with height, as described in Recommendation 369;
- both the transmitting and the receiving antennas are at ground level;
- the radiating element is a short vertical monopole. (The equivalent dipole moment is  $5\lambda/2\pi$  (see Report 714).) Assuming such a vertical antenna to be on the surface of a perfectly conducting plane earth and excited so as to radiate 1 kW, the field strength at a distance of 1 km would be 300 mV/m; this corresponds to a cymomotive force of 300 V (see Recommendation 525);
- the curves are drawn for distances measured around the curved surface of the Earth;
- the curves give the value of the vertical field-strength component of the radiation field, i.e. that which can be effectively measured in the far-field region of the antenna.

*Note 1.* — The inverse-distance curve shown in the figures, to which the curves are asymptotic at short distances, passes through the field value of 300 mV/m at a distance of 1 km. To refer the curves to other reference antennas, see Table I of Recommendation 341.

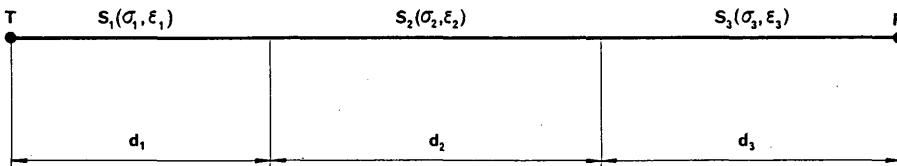
*Note 2.* — The GRWAVE program and the methods described in Report 714 have been used for these calculations.

*Note 3.* — These curves can also be used for the rapid evaluation of the induced e.m.f. For details, see [Rašajski and Petrović, 1981].

### 2.3 Application to mixed paths

2.3.1 The curves may be used for the determination of propagation over mixed paths (non-homogeneous smooth earth) as follows:

Such paths may be made up of sections  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ , etc., of lengths  $d_1$ ,  $d_2$ ,  $d_3$ , etc., having conductivity and permittivity  $\sigma_1, \epsilon_1$ ;  $\sigma_2, \epsilon_2$ ;  $\sigma_3, \epsilon_3$ , etc., as shown below for three sections:



There are various semi-empirical methods of determining the propagation over such paths, of which that due to Millington [1949] is the most accurate and has been made to satisfy the reciprocity condition. The method assumes that the curves are available for the different types of terrain in the sections  $S_1$ ,  $S_2$ ,  $S_3$ , etc., assumed to be individually homogeneous, all drawn for the same source T defined, for instance, by a given inverse-distance curve. The values may then finally be scaled up for any other source.

For a given frequency, the curve appropriate to the section  $S_1$  is then chosen and the field  $E_1(d_1)$  in dB(µV/m) at the distance  $d_1$  is then noted. The curve for the section  $S_2$  is then used to find the fields  $E_2(d_1)$  and  $E_2(d_1 + d_2)$  and, similarly, with the curve for the section  $S_3$ , the fields  $E_3(d_1 + d_2)$  and  $E_3(d_1 + d_2 + d_3)$  are found, and so on.

A received field strength  $E_R$  is then defined by:

$$E_R = E_1(d_1) - E_2(d_1) + E_2(d_1 + d_2) - E_3(d_1 + d_2) + E_3(d_1 + d_2 + d_3) \quad (1)$$

The procedure is then reversed, and calling R the transmitter and T the receiver, a field  $E_T$  is obtained, given by:

$$E_T = E_3(d_3) - E_2(d_3) + E_2(d_3 + d_2) - E_1(d_3 + d_2) + E_1(d_3 + d_2 + d_1)$$

The required field is given by  $1/2 (E_R + E_T)$ , the extension to more sections being obvious.

The method can in principle be extended to phase changes if the corresponding curves for phase as a function of distance over a homogeneous earth are available. Such information would be necessary for application to navigational systems. The Millington method is generally easy to use, particularly with the aid of a computer.

2.3.2 For planning purposes where the coverage of a certain transmitter is needed, a *graphical procedure*, based on the same method, is convenient for a rough and quick estimation of the distance at which the field strength has a certain value.

A short description of the graphical method is given here.

Figure 1 applies to a path having two different sections characterized by the values  $\sigma_1, \epsilon_1$  and  $\sigma_2, \epsilon_2$ , and extending for distances  $d_1$  and  $d_2$  respectively. It is supposed that the modulus of the complex permittivity (dielectric constant)  $|\epsilon'(\sigma_1, \epsilon_1)|$  is greater than  $|\epsilon'(\sigma_2, \epsilon_2)|$ . For the distances  $d > d_1$ , the field-strength curve obtained by the Millington method lies between the curves corresponding to the two different electrical properties  $E(\sigma_1, \epsilon_1)$  and  $E(\sigma_2, \epsilon_2)$ . At the distance  $d = 2 d_1$ , where  $d_1$  is the distance from the transmitter to the border separating the two sections, the Millington curve goes through the mid-point between the curves  $E(\sigma_1, \epsilon_1)$  and  $E(\sigma_2, \epsilon_2)$  provided that the field strength is labelled linearly in decibels. In addition, the same curve approaches an asymptote, which differs by  $m$  dB from the curve  $E(\sigma_2, \epsilon_2)$  as indicated in Fig. 1, where  $m$  is half the difference in decibels between the two curves  $E(\sigma_1, \epsilon_1)$  and  $E(\sigma_2, \epsilon_2)$  at  $d = d_1$ . The point at  $d = 2 d_1$  and the asymptote make it easy to draw the resulting field-strength curve.

Figure 2 shows the Millington curve for a two-section path with electrical constants changing from  $\sigma_2, \epsilon_2$  to  $\sigma_1, \epsilon_1$  where the modulus of the complex permittivity  $|\epsilon'(\sigma_1, \epsilon_1)| > |\epsilon'(\sigma_2, \epsilon_2)|$ . The above-mentioned procedure can be applied here bearing in mind that the asymptote is now parallel to the curve of  $E(\sigma_1, \epsilon_1)$ .

For paths consisting of more than two sections, each change can be considered separately in the same way as the first change. The resulting curve has to be a continuous curve, and the portions of curves are displaced parallel to the extrapolated curve at the end of the previous section.

Figure 3 indicates how the approximate graphical method can be used to find the distance (for example, for purposes of determining coverage) where the field strength is 1 mV/m for a transmitted power of 100 kW over a path having several sections with different values of conductivity. By means of ground-wave propagation curves for the three different values of conductivity, where the field strength is given in dB( $\mu$ V/m) for a transmitted power of 1 kW, the graphical procedure is repeated for the various sections. By way of illustration, the values 1 mV/m and 100 kW correspond to 40 dB( $\mu$ V/m) and 1 kW, which gives a distance of 170 km in the example.

The accuracy of the graphical method is dependent on the difference in slope of the field-strength curves, and is therefore to an extent dependent on the frequency. For the LF band, the difference between the method described in § 2.3.1 and this approximate method is normally negligible, but for the highest part of the MF band the differences in most cases will not exceed 3 dB. Figure 4 is a comparison, carried out by the use of a computer, between the Millington method and this approximate method.

A full description of the graphical method is given in Stokke [1975].

### 3. The Atlas

The contents of the Atlas are as follows:

Figures 42-47: VLF conductivity maps

Figures 48-82: MF conductivity maps

3.1 The conductivity maps for the VLF part of the spectrum (Figs. 42 to 47) give values of effective ground conductivity in mS/m and are subject to the following conditions:

- they are limited in application to frequencies up to 30 kHz,
- they contain no allowance for seasonal variations,
- they have been calculated from physiographical and geological data used to define boundaries of the land areas of given conductivity, together with actual conductivity data derived from measurements from many workers [Morgan, 1968; Krulc, 1968],
- they represent effective ground conductivities (the effect of terrain is included in the values),

— as it seems likely that seasonal variations will become more important with increasing frequency (as the penetration depth decreases), maps for higher frequencies may need to be presented in such a way that the annual variations are shown. However, data recorded by the Administration of India indicate that at frequencies as high as 1 MHz seasonal variations in the tropics have a negligible influence on propagation.

3.2 The maps for MF, Figs. 48 to 81 and Table II, give the effective ground conductivities in mS/m. (The maps are standardized to 1 MHz.) These maps are based on measurements and other relevant information provided by the various countries. They contain no allowance for seasonal variations.

3.3 For those areas for which results of conductivity measurements are not available, provisional information for MF use is shown in Fig. 82 [Albrecht, 1967]. It is expected that this information will be superseded by later editions of the World Atlas to be published by the ITU.

3.4 The conductivities on the MF maps are shown as presented by administrations. For those countries not represented in the Atlas, no information has been made available.

#### 4. Future revision of the Atlas

4.1 Administrations are asked to check and, if necessary, revise the information given in this Atlas.

4.2 Administrations are asked to adjust areas of given conductivity so that each conductivity is one of the standard values given in Table I of this Report.

4.3 It is recognized that because of the use of different methods for measuring ground conductivity, discontinuities will occur at the borders between countries. However, administrations are requested to resolve these problems bilaterally.

### MAPS OF GROUND CONDUCTIVITY

#### *VLF maps*

- Fig. 42 Africa
- Fig. 43 Asia
- Fig. 44 North America
- Fig. 45 South America
- Fig. 46 Australia
- Fig. 47 Europe

#### *MF maps*

- Fig. 48 Germany (Federal Republic of)
- Fig. 49 Austria
- Fig. 50 Belgium
- Fig. 51 Denmark
- Fig. 52 Spain
- Fig. 53 Finland
- Fig. 54 Greece
- Fig. 55 Hungarian People's Republic
- Fig. 56 Italy
- Fig. 57 Norway
- Fig. 58 Netherlands (Kingdom of the)
- Fig. 59 Portugal
- Fig. 60 German Democratic Republic
- Fig. 61 United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland
- Fig. 62 Sweden
- Fig. 63 USSR
- Fig. 64 Yugoslavia (Socialist Federal Republic of)
- Fig. 65 Bangladesh (People's Republic of)
- Fig. 66 Korea (Republic of)
- Fig. 67 India (Republic of)
- Fig. 68 Iran (Islamic Republic of)
- Fig. 69 Israel (State of)

- Fig. 70 Japan
- Fig. 71 Jordan (Hashemite Kingdom of)
- Fig. 72 Thailand
- Fig. 73 South Africa (Republic of), Swaziland (Kingdom of), Lesotho (Kingdom of)
- Fig. 74 Botswana (Republic of)
- Fig. 75 Namibia
- Fig. 76 North America (excluding Canada)
- Fig. 77 Central America
- Fig. 78 Canada
- Fig. 79 South America
- Fig. 80 Australia
- Fig. 81 New Zealand
- Fig. 82 Provisional MF conductivity map for land areas

*Note.* — The mention of the name of a country or of a territory on these maps, as well as the tracing of borders, do not imply, on the part of the ITU, any position with respect to the political status of such a country or territory, or official recognition of these borders.

#### REFERENCES

- ALBRECHT, H. J. [1967] Geographical distribution of electrical ground parameters and effects on navigational systems. In K. Davies (Ed.), *Phase and Frequency Instabilities in Electromagnetic Wave Propagation*. Technivision, London, UK.
- KOSKENNIEMI, O. and LAIHO, J. K. [October, 1975] Measurements of the effective ground conductivity at low and medium frequencies in Finland. *EBU Rev. Tech.*, **153**, 237-240.
- KRULC, Z. [1968] Einiges über die geoelektrischen Untersuchungen in der Blitzschutztechnik in Kroatien (Jugoslawien) (On the geoelectric investigations in lightning protection in Croatia (Yugoslavia)). *Boll. Geof. Teor. ed Applicata*, Vol. X, **38**.
- MILLINGTON, G. [January, 1949] Ground-wave propagation over an inhomogeneous smooth earth. *Proc. IEE*, Part III, Vol. **96**, **39**, 53-64.
- MORGAN, R. R. [1968] World-wide VLF effective conductivity map. Office of Naval Research, Department of the Navy, Washington DC, USA, AD 675771, National Technical Information Service, Springfield, VA 22161, USA.
- RAŠAJSKI, S. and PETROVIĆ, Z. [1981] Influence of an unwanted field to the Maritime Mobile Service coast-station receiver operation (in Serbo-Croatian). Proc. 23rd Conference on Electronics, Telecommunications, Automatization Processing and Nuclear Techniques, Applications in the Maritime Mobile Service, Zadar, Yugoslavia.
- STOKKE, K. N. [1975] Some graphical considerations on Millington's method for calculating field strength over inhomogeneous earth. *Telecomm. J.*, Vol. **42**, **III**, 157-163.
- STOKKE, K. N. [June, 1978] Problems concerning the measurement of ground conductivity. *EBU Rev. Tech.*, **169**, 106-111.
- STOKKE, K. N. [1984] Ground conductivity measurements. *Telecomm. J.*, Vol. **51**, **XI**, 611-613.
- TÄUMER, F. [1973] Bodenleitfähigkeits-Karten im Mittelwellenbereich. (Soil conductivity charts in the MF band). *Techn. Mitt. RFZ*, 17th year, **3**, 86-88 and **4**, 89-94.

**PAGE INTENTIONALLY LEFT BLANK**

**PAGE LAISSEE EN BLANC INTENTIONNELLEMENT**

## INFORME 717-2

## ATLAS MUNDIAL DE LA CONDUCTIVIDAD DEL SUELO

(Decisión 3)

(1978-1982-1986)

## 1. Introducción

## 1.1 Objetivo

1.1.1 El presente Informe contiene informaciones sobre la conductividad del suelo en diversas zonas del mundo y es la primera edición del Atlas Mundial de la Conductividad del Suelo que se pide en la Resolución 73; para facilitar las predicciones de la intensidad de campo utilizando esta información sobre la conductividad del suelo, se incluyen las curvas de propagación de la onda de superficie para frecuencias específicas y para diferentes características del suelo.

## 1.2 Consideraciones generales

1.2.1 Para calcular la intensidad de campo de la onda de superficie es indispensable conocer las características del suelo a lo largo del trayecto. En los casos que implican la coordinación entre varias administraciones, por tanto, se requiere a menudo conocer las características del suelo fuera del territorio nacional.

1.2.2 La característica eléctrica más importante del terreno para las frecuencias inferiores a 3 MHz es la conductividad. Ésta varía en función de la frecuencia, como se indica en la Recomendación 527, por lo que hay necesidad de contar con mapas de conductividad correspondientes a diferentes gamas de frecuencia.

Ha de recordarse, asimismo, que las constantes del suelo pueden sufrir variaciones estacionales (véase el Informe 229).

## 1.3 Preparación de los mapas de la conductividad del suelo

1.3.1 En su trabajo sobre el Atlas Mundial, el CCIR necesita informaciones de todas las administraciones. Los mapas de la conductividad del suelo se han estado presentando hasta ahora de distintas maneras, pero en adelante sería útil que se les presentase con las mismas series normalizadas de valores de conductividad indicados en la Recomendación 368 y a continuación en el cuadro I.

1.3.2 Los métodos mencionados en el Informe 879 pueden utilizarse para preparar mapas de conductividad. Täumer [1973], Koskenniemi y Laiho [1975] y Stokke [1978, 1984] dan descripciones más detalladas de estos métodos.

**CUADRO I – Valores y gamas normalizados de conductividad del suelo para la presentación de los mapas**

Valores normalizados (S/m)	Valores limitadores de la gama (S/m)	
	Límite superior	Límite inferior
5	7	3
$3 \times 10^{-2}$	$5,5 \times 10^{-2}$	$1,7 \times 10^{-2}$
$10^{-2}$	$1,7 \times 10^{-2}$	$5,5 \times 10^{-3}$
$3 \times 10^{-3}$	$5,5 \times 10^{-3}$	$1,7 \times 10^{-3}$
$10^{-3}$	$1,7 \times 10^{-3}$	$5,5 \times 10^{-4}$
$3 \times 10^{-4}$	$5,5 \times 10^{-4}$	$1,7 \times 10^{-4}$
$10^{-4}$	$1,7 \times 10^{-4}$	$5,5 \times 10^{-5}$
$3 \times 10^{-5}$	$5,5 \times 10^{-5}$	$1,7 \times 10^{-5}$
$10^{-5}$	$1,7 \times 10^{-5}$	$5,5 \times 10^{-6}$

## 2. Curvas de propagación de la onda de superficie para las frecuencias comprendidas entre 30 kHz y 3 MHz

### 2.1 Consideraciones generales

Las curvas de propagación para la gama de frecuencias 30-3000 kHz aparecen en las figs. 5 a 41. Han sido calculadas para los valores de las características eléctricas del suelo de acuerdo con la Recomendación 527.

### 2.2 Condiciones de validez

Las curvas de propagación se calculan con arreglo a las hipótesis siguientes:

- La Tierra es una esfera homogénea lisa.
- En la troposfera, el índice de refracción disminuye exponencialmente en función de la altura, conforme se describe en la Recomendación 369.
- Tanto las antenas transmisoras como receptoras se hallan situadas en tierra.
- El elemento radiante es un monopolo vertical corto (el momento del dipolo equivalente es  $5\lambda/2\pi$  (véase el Informe 714)). Se supone dicha antena vertical en la superficie de una tierra plana perfectamente conductora y excitada de forma que radie 1 kW, en cuyo caso la intensidad de campo a 1 km de distancia será de 300 mV/m; esto corresponde a una fuerza cimomotriz de 300 V (véase la Recomendación 525).
- Las curvas se han trazado para distancias medidas siguiendo la curvatura de la Tierra.
- Las curvas dan el valor de la componente vertical de la intensidad del campo de radiación, es decir, el que puede efectivamente medirse en la región de campo lejano de la antena.

*Nota 1.* — La curva, «inversa de la distancia», mostrada en las figuras, a la cual las curvas son asintóticas en distancias cortas, pasa por el valor de intensidad de campo de 300 mV/m cuando la distancia es de 1 km. Para referir las curvas a otras antenas de referencia, véase el cuadro I de la Recomendación 341.

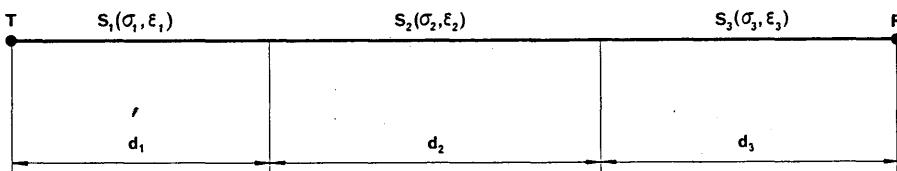
*Nota 2.* — Para el cálculo se ha utilizado el programa GRWAVE y los métodos descritos en el Informe 714.

*Nota 3.* — Estas curvas pueden también utilizarse para la evaluación rápida de la fuerza cimomotriz inducida. Los detalles pueden verse en [Rasájski y Petrović, 1981].

### 2.3 Aplicación a trayectos mixtos

2.3.1 Las curvas pueden utilizarse para determinar la propagación por trayectos mixtos (terreno liso no homogéneo), como se indica a continuación:

Puede considerarse un trayecto constituido por las secciones  $S_1, S_2, S_3$ , etc. de longitudes  $d_1, d_2, d_3$ , etc., cuyas conductividades y permitividad son  $\sigma_1, \epsilon_1; \sigma_2, \epsilon_2; \sigma_3, \epsilon_3$ , etc., tal como se indica en la ilustración para tres secciones.



Existen distintos métodos semiempíricos para determinar la propagación por encima de estos trayectos, siendo el propuesto por Millington [1949] el más preciso. Se ha conseguido satisfacer con este método la condición de reciprocidad. En su aplicación se consideran disponibles las curvas correspondientes a los distintos tipos de terreno de las secciones  $S_1, S_2, S_3$ , etc., supuestas individualmente homogéneas; también se suponen dichas curvas trazadas con relación a un mismo origen T, definido, por ejemplo, mediante una curva «inversa de la distancia». Los valores para cualquier otro origen podrán así obtenerse con sólo aplicar un coeficiente.

Se escoge entonces para una determinada frecuencia la curva correspondiente a la sección  $S_1$ , y se determina el valor de la intensidad de campo  $E_1(d_1)$  en dB( $\mu$ V/m) a la distancia  $d_1$ . Mediante la curva correspondiente a  $S_2$  se determinan las intensidades de campo  $E_2(d_1)$  y  $E_2(d_1 + d_2)$  y, procediendo de la misma manera con la curva correspondiente a la sección  $S_3$ , se determinan las intensidades de campo  $E_3(d_1 + d_2)$  y  $E_3(d_1 + d_2 + d_3)$ , y así sucesivamente.

La ecuación:

$$E_R = E_1(d_1) - E_2(d_1) + E_2(d_1 + d_2) - E_3(d_1 + d_2) + E_3(d_1 + d_2 + d_3) \quad (1)$$

define así una intensidad de campo recibida  $E_R$ .

Se invierte luego el procedimiento, denominando R el transmisor y T el receptor, lo que conduce a una intensidad de campo  $E_T$  definida por la ecuación:

$$E_T = E_3(d_3) - E_2(d_3) + E_2(d_3 + d_2) - E_1(d_3 + d_2) + E_1(d_3 + d_2 + d_1) \quad (2)$$

La intensidad de campo requerida viene dada por  $1/2(E_R + E_T)$ , siendo evidente la forma de extender el cálculo a un número mayor de secciones.

En principio este método puede extenderse a los cambios de fase, siempre y cuando se disponga de las correspondientes curvas de la fase en función de la distancia para terrenos homogéneos. Esta información resultará indispensable para las aplicaciones relacionadas con los sistemas de navegación. La utilización del método de Millington suele ser fácil, sobre todo con la ayuda de un computador.

2.3.2 A efectos de planificación, cuando se requiere conocer la zona de servicio de un determinado transmisor, es conveniente un *procedimiento gráfico*, basado en el mismo método, para el cálculo rápido y general de la distancia a la cual la intensidad de campo tiene un valor determinado.

A continuación se ofrece una breve descripción del procedimiento gráfico.

La fig. 1 se aplica a un trayecto compuesto por dos secciones homogéneas con características eléctricas  $\sigma_1, \epsilon_1$  y  $\sigma_2, \epsilon_2$  y de extensión  $d_1$  y  $d_2$  respectivamente. Se supone que en este ejemplo, el módulo de la permitividad compleja  $|\epsilon'(\sigma_1, \epsilon_1)|$  es superior al módulo  $|\epsilon'(\sigma_2, \epsilon_2)|$ . Para distancias  $d$  superiores a  $d_1$ , la curva de intensidad de campo obtenida por el método de Millington se halla entre las curvas correspondientes a las dos secciones de propiedades eléctricas diferentes,  $E(\sigma_1, \epsilon_1)$  y  $E(\sigma_2, \epsilon_2)$ . Para distancias  $d = 2d_1$ , en que  $d_1$  es la distancia desde el transmisor al límite de las dos secciones, la curva de Millington pasa por el punto a media distancia entre los correspondientes a las curvas  $E(\sigma_1, \epsilon_1)$  y  $E(\sigma_2, \epsilon_2)$ , siempre que la intensidad de campo se exprese en forma lineal en decibelios. Además, la misma curva se aproxima a una asíntota, que difiere en  $m$  decibelios de la curva  $E(\sigma_2, \epsilon_2)$ , según se indica en la fig. 1, donde  $m$  es la mitad de la diferencia en dB entre las dos curvas  $E(\sigma_1, \epsilon_1)$  y  $E(\sigma_2, \epsilon_2)$  para  $d = d_1$ . El punto para  $d = 2d_1$  y la asíntota permiten trazar fácilmente la curva de intensidad de campo resultante.

La fig. 2 muestra también la curva de Millington para un trayecto de dos secciones, cuyas características eléctricas son  $\sigma_2, \epsilon_2$  en primer lugar, y a continuación  $\sigma_1, \epsilon_1$ , siendo el módulo de la permitividad compleja  $|\epsilon'(\sigma_1, \epsilon_1)|$  superior al módulo  $|\epsilon'(\sigma_2, \epsilon_2)|$ . Cabe aplicar aquí el mismo procedimiento, teniendo presente que la asíntota es ahora paralela a la curva  $E(\sigma_1, \epsilon_1)$ .

Para trayectos compuestos por más de dos secciones, cabe considerar separadamente cada cambio, del mismo modo que en el primer caso. La curva resultante debe ser una curva continua, y las proporciones de curva están desplazadas paralelamente a la curva extrapolada en el extremo de la sección anterior.

La fig. 3 indica cómo utilizar el método gráfico aproximado para hallar la distancia a la cual la intensidad de campo es de 1 mV/m para una potencia transmitida de 100 kW (por ejemplo, para determinar la zona de cobertura) para un trayecto con varias secciones y distintos valores de conductividad. Por medio de curvas de propagación de la onda de superficie correspondientes a los tres valores distintos de conductividad, en que la intensidad de campo viene dada en dB( $\mu$ V/m) para una potencia transmitida de 1 kW, se repite el método gráfico para las distintas secciones. Los valores 1 mV/m y 100 kW corresponden a 40 dB( $\mu$ V/m) y a 1 kW, lo que supone, en nuestro ejemplo, una distancia de 170 km.

La precisión del método gráfico depende de la diferencia de inclinación de las curvas de intensidad de campo y, por lo tanto, en cierto modo, de la frecuencia. Para la banda de ondas kilométricas, la diferencia entre el método descrito en el § 2.3.1 del presente anexo y este método aproximado suele ser insignificante, pero para la mayor parte de la banda de ondas hectométricas las diferencias pueden elevarse hasta 3 dB en la mayoría de los casos. En la fig. 4 se dan los resultados de la comparación entre el método de Millington y el método aproximado, resultados obtenidos mediante computador.

Para una descripción completa del método gráfico, referirse al artículo de Stokke [1975].

### 3. El Atlas

El contenido del Atlas es el siguiente:

Figs. 42 a 47: Mapas de conductividad del suelo en ondas miriamétricas

Figs. 48 a 82: Mapas de conductividad del suelo en ondas hectométricas

3.1 Los mapas de la conductividad del suelo relativos a la parte del espectro correspondiente a las ondas miriamétricas (figs. 42 a 47) dan valores de la conductividad efectiva del suelo en mS/m y están sujetos a las condiciones siguientes:

- su aplicación se limita a frecuencias de hasta 30 kHz;
- no toman en consideración las variaciones estacionales;
- se han calculado a partir de datos fisiográficos y geológicos empleados para definir los límites de las zonas de terreno de una determinada conductividad, junto con datos reales de conductividad obtenidos de mediciones efectuadas por diversos autores [Morgan, 1968; Krulc, 1968];
- representan las conductividades efectivas del suelo (en los valores se incluye el efecto del terreno);

- dado que parece probable que las variaciones estacionales sean más importantes al aumentar la frecuencia (pues disminuye la profundidad de penetración), los mapas para frecuencias superiores probablemente necesiten presentarse de manera que muestren las variaciones anuales; sin embargo, los datos obtenidos por la Administración de la India revelan que, para frecuencias de hasta 1 MHz, las variaciones estacionales de los trópicos ejercen una influencia despreciable sobre la propagación.

3.2 Los mapas para utilización en la banda de ondas hectométricas, las figs. 48 a 81 y el cuadro II contienen las conductividades efectivas del suelo en mS/m (normalizadas respecto a la frecuencia de 1 MHz). Estos mapas se fundan en mediciones y en otra información pertinente facilitada por los diversos países y no se deja en ellos margen para variaciones estacionales.

3.3 Para las zonas sobre las que no se dispone de resultados de mediciones de conductividad, en la fig. 82 [Albrecht, 1967] se presenta información provisional para uso en la banda de ondas hectométricas. Se supone que esa información será reemplazada por ediciones posteriores del Atlas Mundial que publicará la UIT.

3.4 Las conductividades de los mapas de ondas hectométricas se muestran tal y como las han presentado las administraciones. No se dispone de información de los países no representados en el Atlas.

#### 4. Revisión futura del Atlas

4.1 Se pide a todas las administraciones que proporcionen urgentemente datos medidos o estimados sobre conductividad del suelo para revisar el Atlas.

4.2 Se pide a las administraciones que ajusten las zonas de conductividad determinada, de modo que cada conductividad corresponda a uno de los valores normalizados expresados en el cuadro I del presente Informe.

4.3 Se reconoce que debido a la utilización de diferentes métodos para la medición de la conductividad del suelo, se producirán discontinuidades en las fronteras entre países. Sin embargo, se pide a las administraciones que resuelvan estos problemas bilateralmente.

#### MAPAS DE LA CONDUCTIVIDAD DEL SUELO

##### *Mapas en ondas miriamétricas*

- |         |                   |
|---------|-------------------|
| Fig. 42 | África            |
| Fig. 43 | Asia              |
| Fig. 44 | América del Norte |
| Fig. 45 | América del Sur   |
| Fig. 46 | Australia         |
| Fig. 47 | Europa            |

##### *Mapas en ondas hectométricas*

- |         |   |
|---------|---|
| Fig. 48 | Alemania (República Federal de)                 |
| Fig. 49 | Austria   |
| Fig. 50 | Bélgica   |
| Fig. 51 | Dinamarca                                       |
| Fig. 52 | España  |
| Fig. 53 | Finlandia                                       |
| Fig. 54 | Grecia  |
| Fig. 55 | Húngara (República Popular)                     |
| Fig. 56 | Italia  |
| Fig. 57 | Noruega   |
| Fig. 58 | Países Bajos (Reino de los)                     |
| Fig. 59 | Portugal  |
| Fig. 60 | República Democrática Alemana                   |
| Fig. 61 | Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte |
| Fig. 62 | Suecia  |
| Fig. 63 | URSS  |
| Fig. 64 | Yugoslavia (República Socialista Federativa de) |
| Fig. 65 | Bangladesh (República Popular de)               |
| Fig. 66 | Corea (República de)                            |
| Fig. 67 | India (República de la)                         |
| Fig. 68 | Irán (República Islámica del)                   |
| Fig. 69 | Israel (Estado de)                              |

- Fig. 70 Japón  
 Fig. 71 Jordania (Reino Hachemita de)  
 Fig. 72 Tailandia  
 Fig. 73 Sudafricana (República), Swazilandia (Reino de), Lesotho (Reino de)  
 Fig. 74 Botswana (República de)  
 Fig. 75 Namibia  
 Fig. 76 América del Norte (excepto Canadá)  
 Fig. 77 América Central  
 Fig. 78 Canadá  
 Fig. 79 América del Sur  
 Fig. 80 Australia  
 Fig. 81 Nueva Zelanda  
 Fig. 82 Mapa provisional mundial de la conductividad del suelo para ondas hectométricas en zonas terrestres

*Nota.*— La mención de un país, de un territorio o el trazado de fronteras en estos mapas no implica que la UIT se defina acerca de la situación política de dicho país o territorio, ni ningún reconocimiento oficial.

#### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBRECHT, H. J. [1967] Geographical distribution of electrical ground parameters and effects on navigational systems. En K. Davies (Ed.) *Phase and Frequency Instabilities in Electromagnetic Wave Propagation*. Technivision, Londres, Reino Unido.
- KOSKENNIEMI, O. y LAIHO, J. K. [octubre de 1975] Measurements of the effective ground conductivity at low and medium frequencies in Finland. *EBU Rev. Tech.*, **153**, 237-240.
- KRULC, Z. [1968] Einiges über die geoelektrischen Untersuchungen in der Blitzschutztechnik in Kroatién (Jugoslawien) (Investigaciones geoelectrísticas sobre la técnica de protección contra el rayo en Croacia (Yugoslavia)). *Boll. Geof. Teor. ed Applicata*, Vol. X, **38**.
- MILLINGTON, G. [enero de 1949] Ground-wave propagation over an inhomogeneous smooth earth. *Proc. IEE*, Parte III, Vol. **96**, **39**, 53-64.
- MORGAN, R. R. [1968] World-wide VLF effective conductivity map. Office of Naval Research, Department of the Navy, Washington, DC, AD 675771, National Technical Information Service, Springfield, VA 22161, Estados Unidos de América.
- RAŠAJSKI, S. y PETROVIĆ, Z. [1981] Influencia de un campo interferente en el funcionamiento de un receptor de estación costera del servicio móvil marítimo (en serbocroata). Proc. 23rd Conference on Electronics. Telecommunications, Automatization Processing and Nuclear Techniques, Applications in the Maritime Mobile Service, Zadar, Yugoslavia.
- STOKKE, K. N. [1975] Consideraciones gráficas sobre el método de Millington para el cálculo de la intensidad de campo sobre un suelo heterogéneo. *Boletín de Telecomunicaciones*, Vol. **42**, **III**, 157-163.
- STOKKE, K. N. [junio de 1978] Problems concerning the measurements of ground conductivity. *EBU Rev. Tech.*, **169**, 106-111.
- STOKKE, K. N. [1984] Mediciones de la conductividad del suelo. *Boletín de Telecomunicaciones*, Vol. **51**, **XI**, 611-613.
- TÄUMER, F. [1973] Bodenleitfähigkeits-Karten in Mittelwellenbereich (Mapas de la conductividad del suelo en la banda de ondas hectométricas). *Techn. Mitt. RFZ*, Jahrgang **17**, **3**, 86-88 y **4**, 89-94.

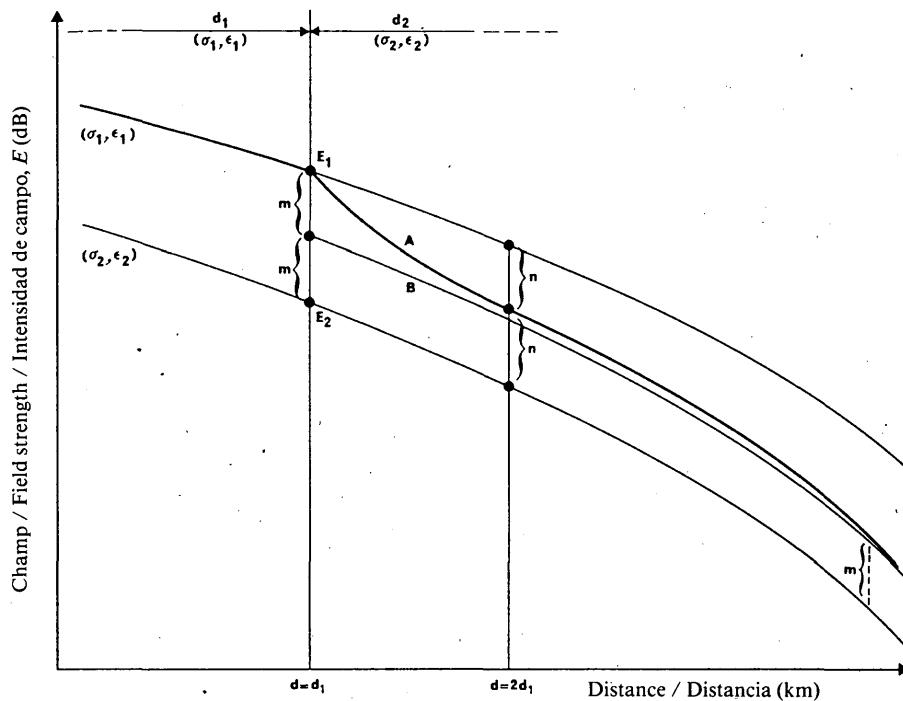


FIGURE 1 – Comparaison des résultats

FIGURE 1 – Comparison of results

FIGURA 1 – Comparación de resultados

A: courbe du champ de Millington / Millington field-strength curve / Curva de intensidad de campo de Millington  
 B: courbe asymptote / Asymptote / Curva asintota

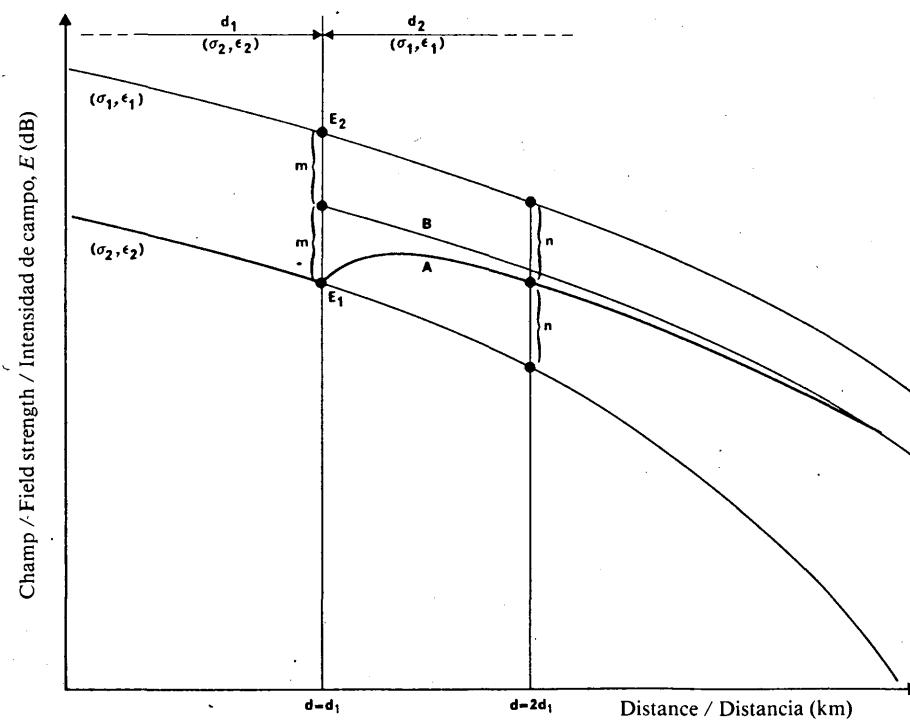


FIGURE 2 – Comparaison des résultats

FIGURE 2 – Comparison of results

FIGURA 2 – Comparación de resultados

A: courbe du champ de Millington / Millington field-strength curve / Curva de intensidad de campo de Millington  
 B: courbe asymptote / Asymptote / Curva asintota

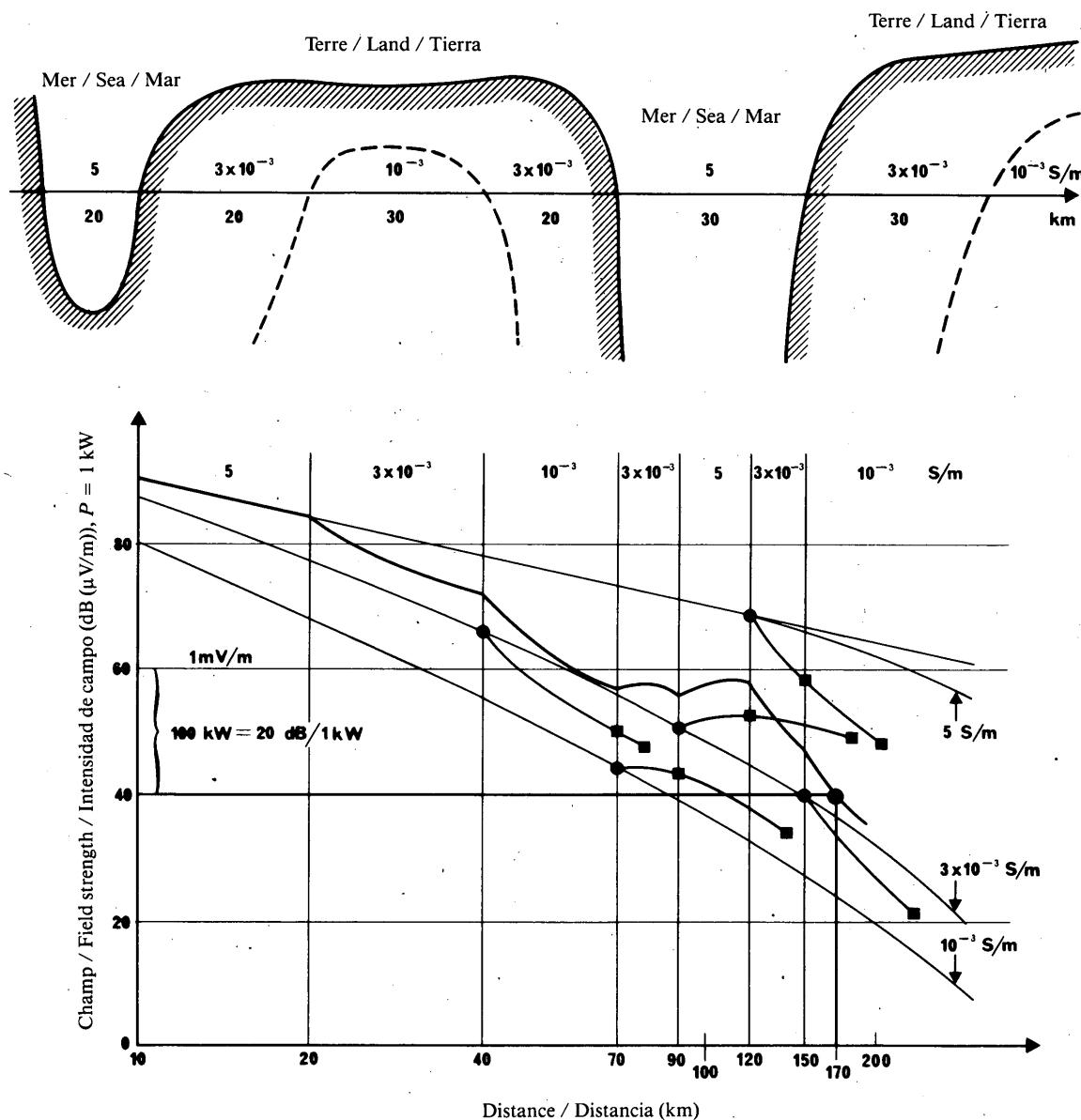


FIGURE 3 – Courbe de champ pour trajets mixtes

FIGURE 3 – Mixed path field-strength curve

FIGURA 3 – Curva de intensidad de campo para trayectos mixtos

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 700 kHz

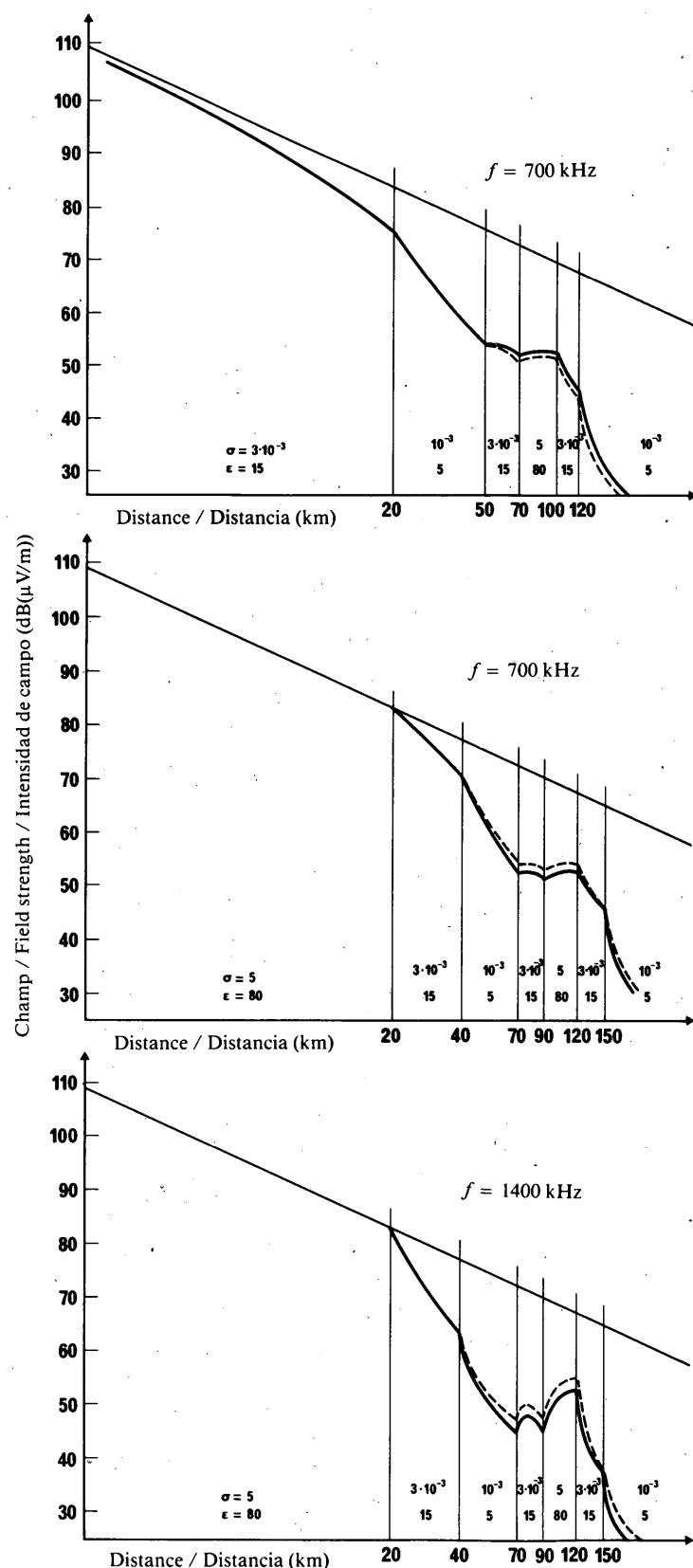


FIGURE 4 – Comparaison des résultats

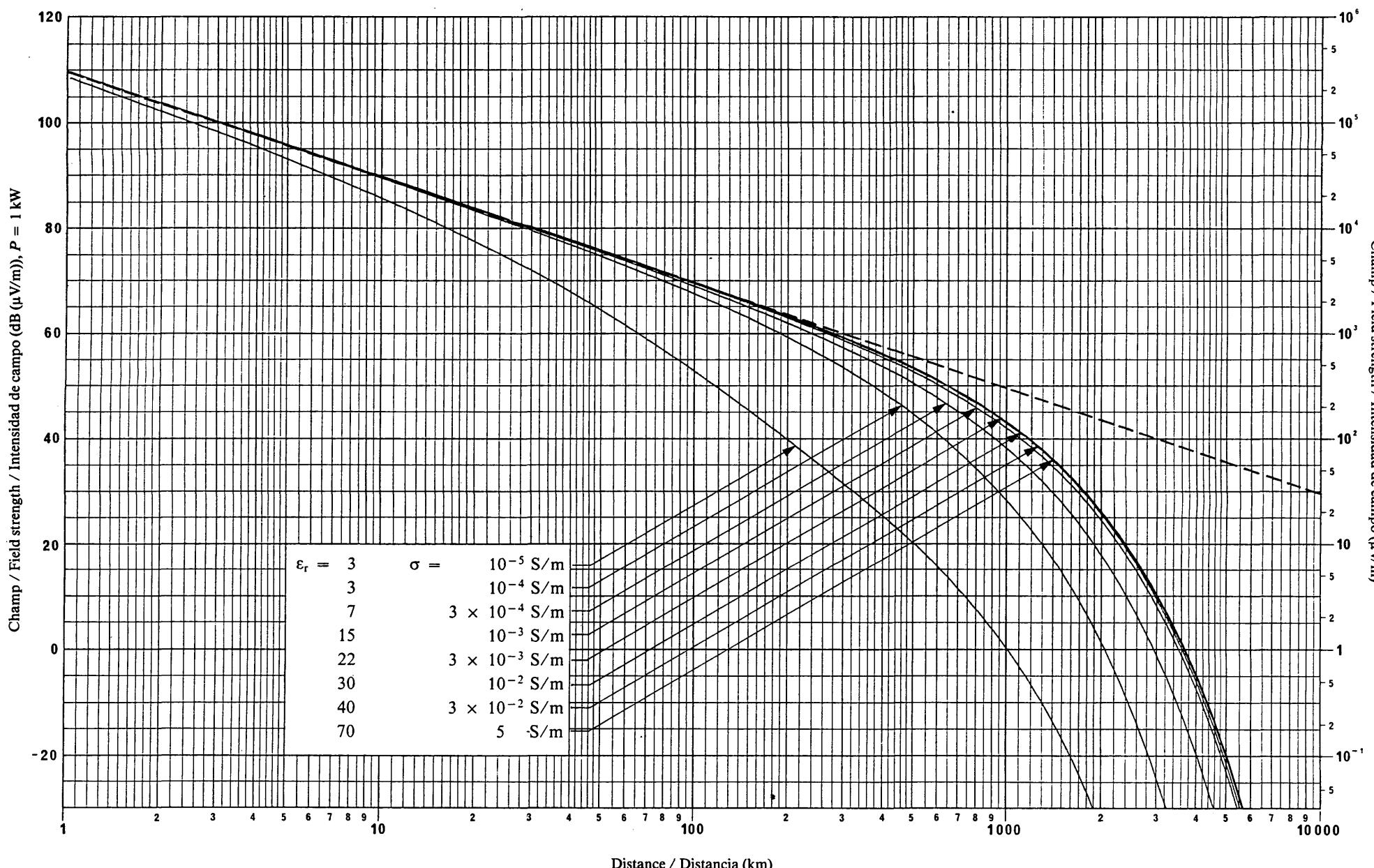
FIGURE 4 – Comparison of results

FIGURA 4 – Comparación de resultados

— — — Méthode approchée / Approximate method / Método aproximado

— Méthode de Millington / Millington's method / Método de Millington

$\sigma$  exprimé en S/m /  $\sigma$  expressed in S/m /  $\sigma$  expresada en S/m

FIG. 5 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\varepsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\varepsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\varepsilon_r$

Champ / Field strength / Intensidad de campo ( $\mu\text{V/m}$ )

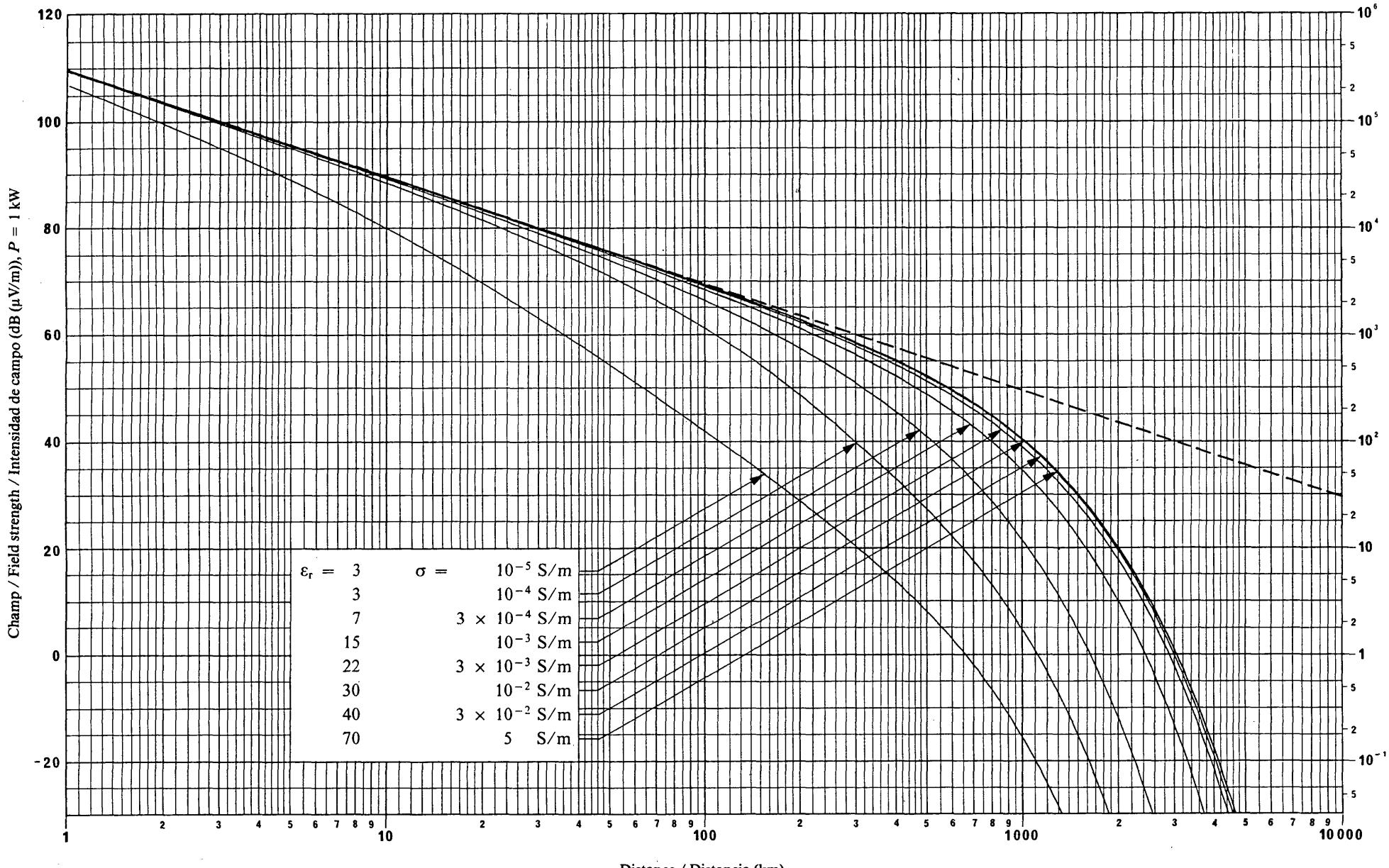


FIG. 6 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 60 kHz

— — — Inverse de la distancia / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

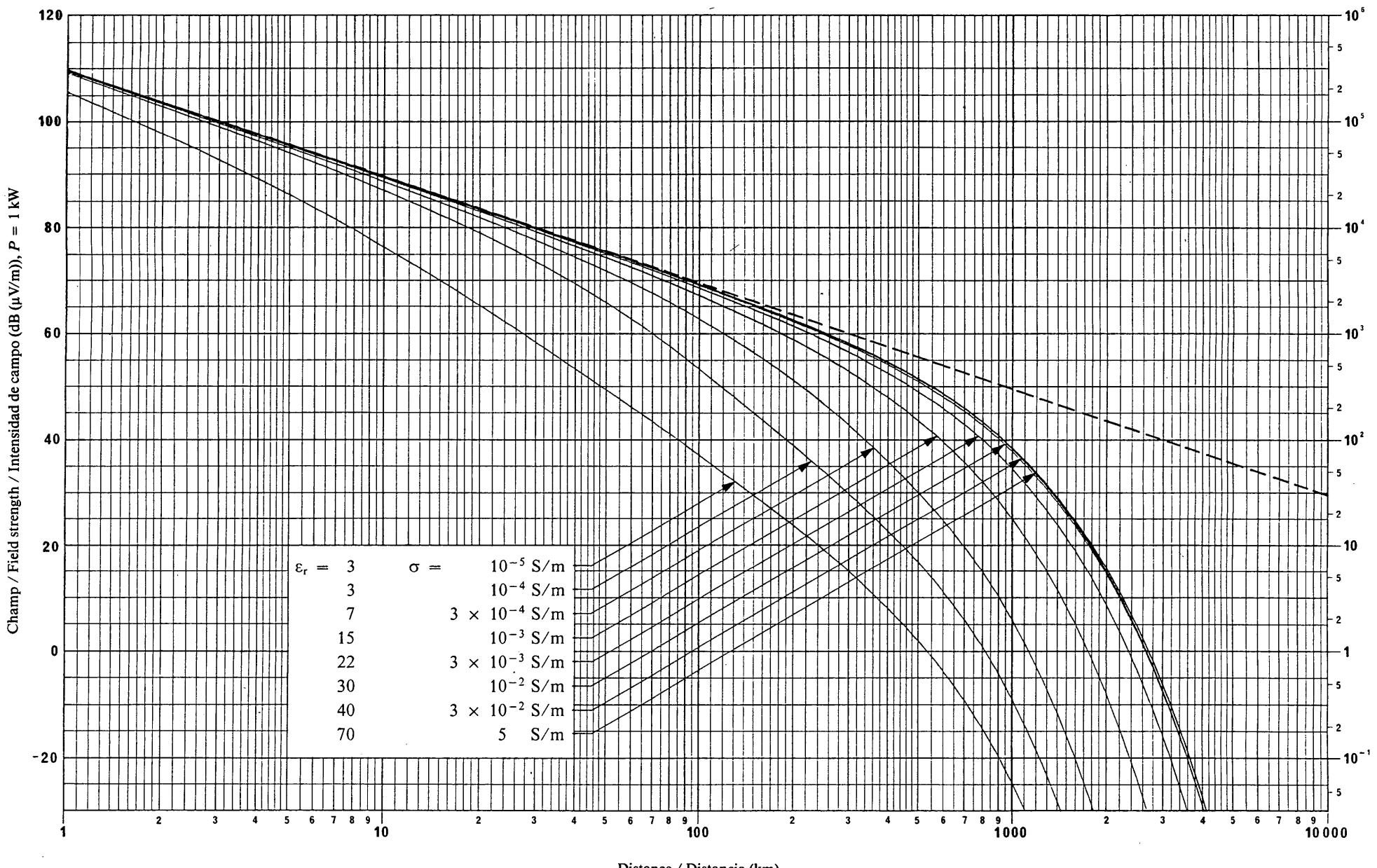


FIG. 7 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 90 kHz

— — — Inverse de la distancia / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

Champ / Field strength / Intensidad de campo ( $\mu\text{V/m}$ )

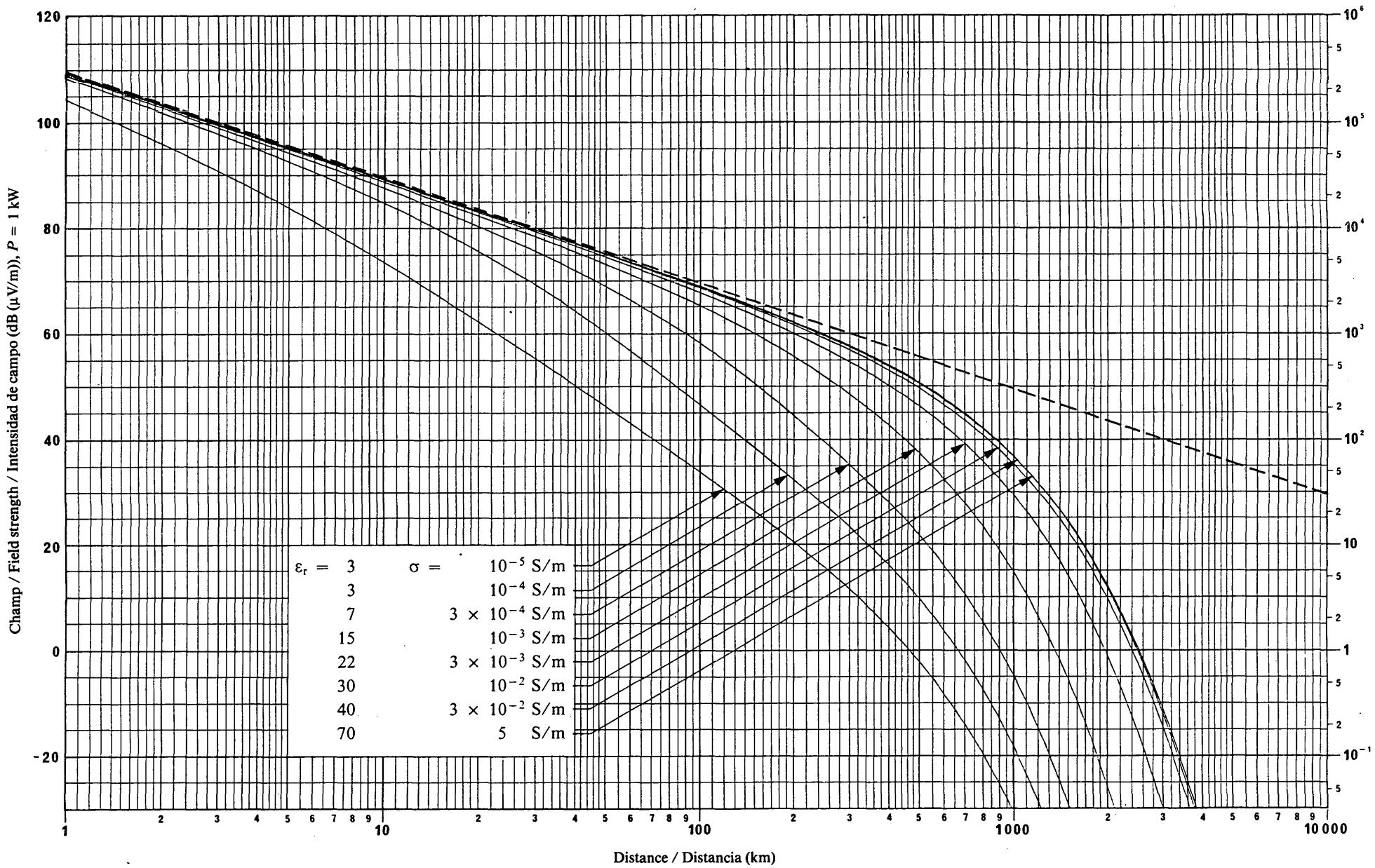


FIG. 8 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 120 kHz

— Inverse de la distance / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

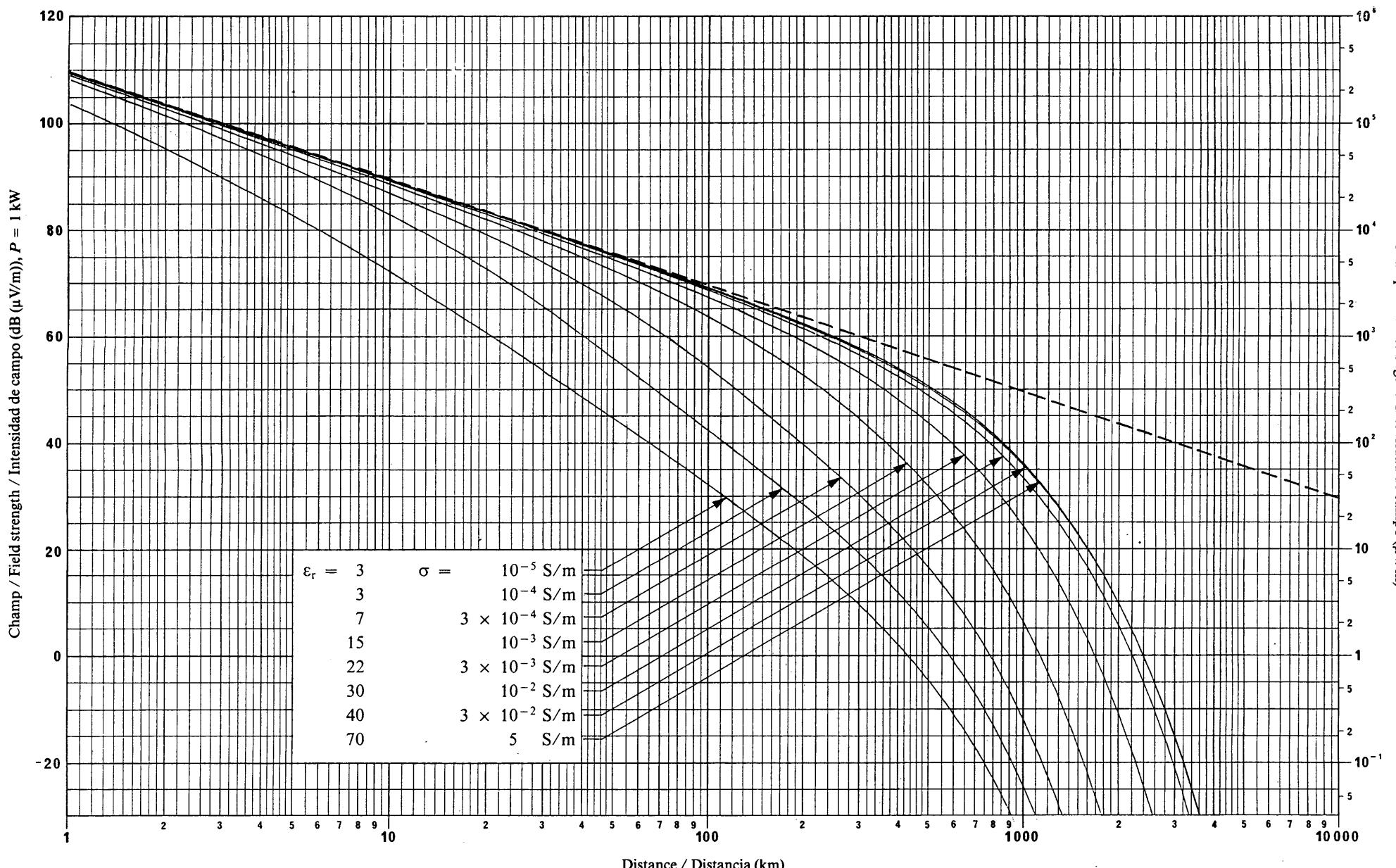


FIG. 9 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\varepsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\varepsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\varepsilon_r$

Champ / Field strength / Intensidad de campo ( $\mu\text{V/m}$ )

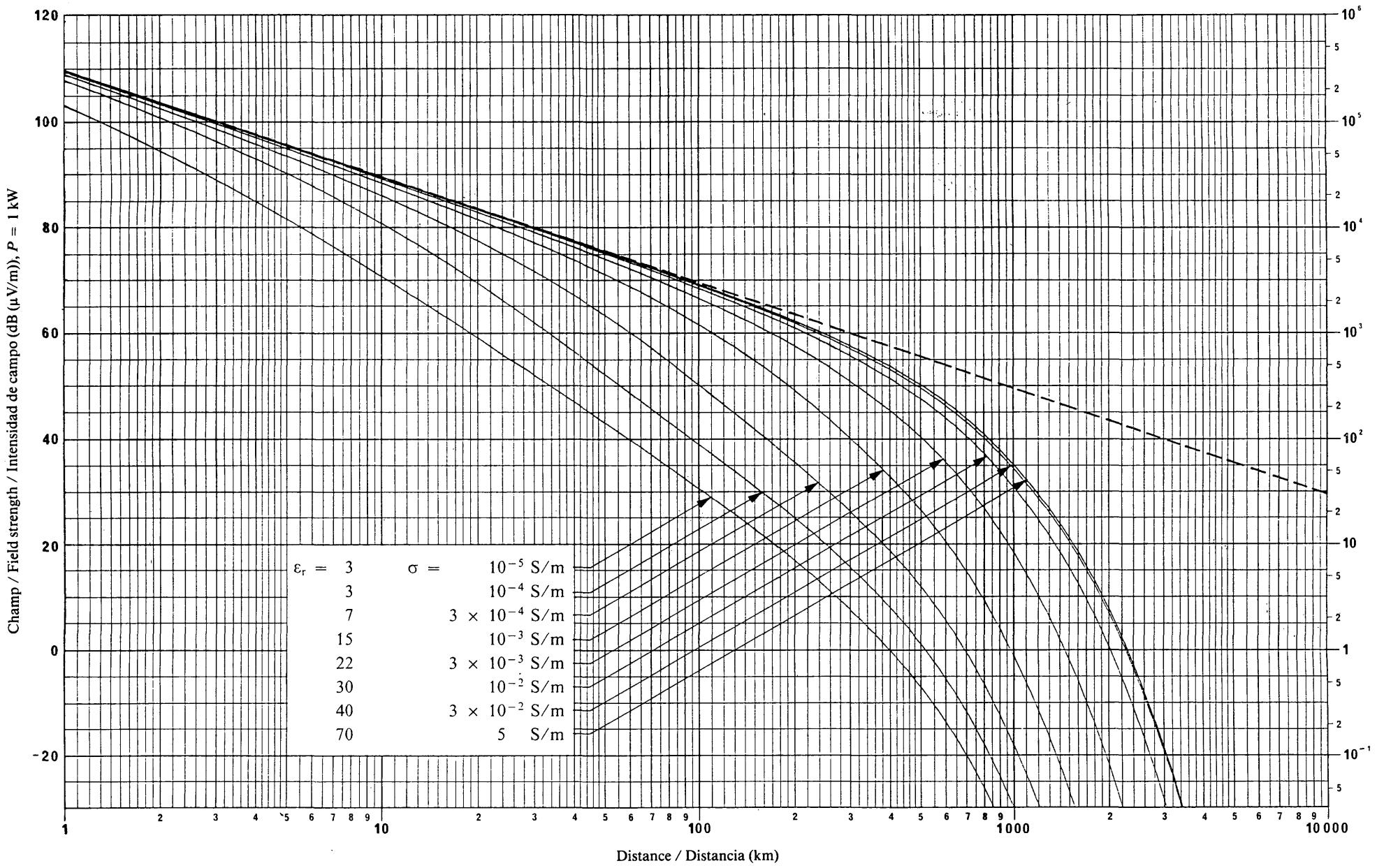


FIG. 10 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 180 kHz

— — — Inverse de la distance / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

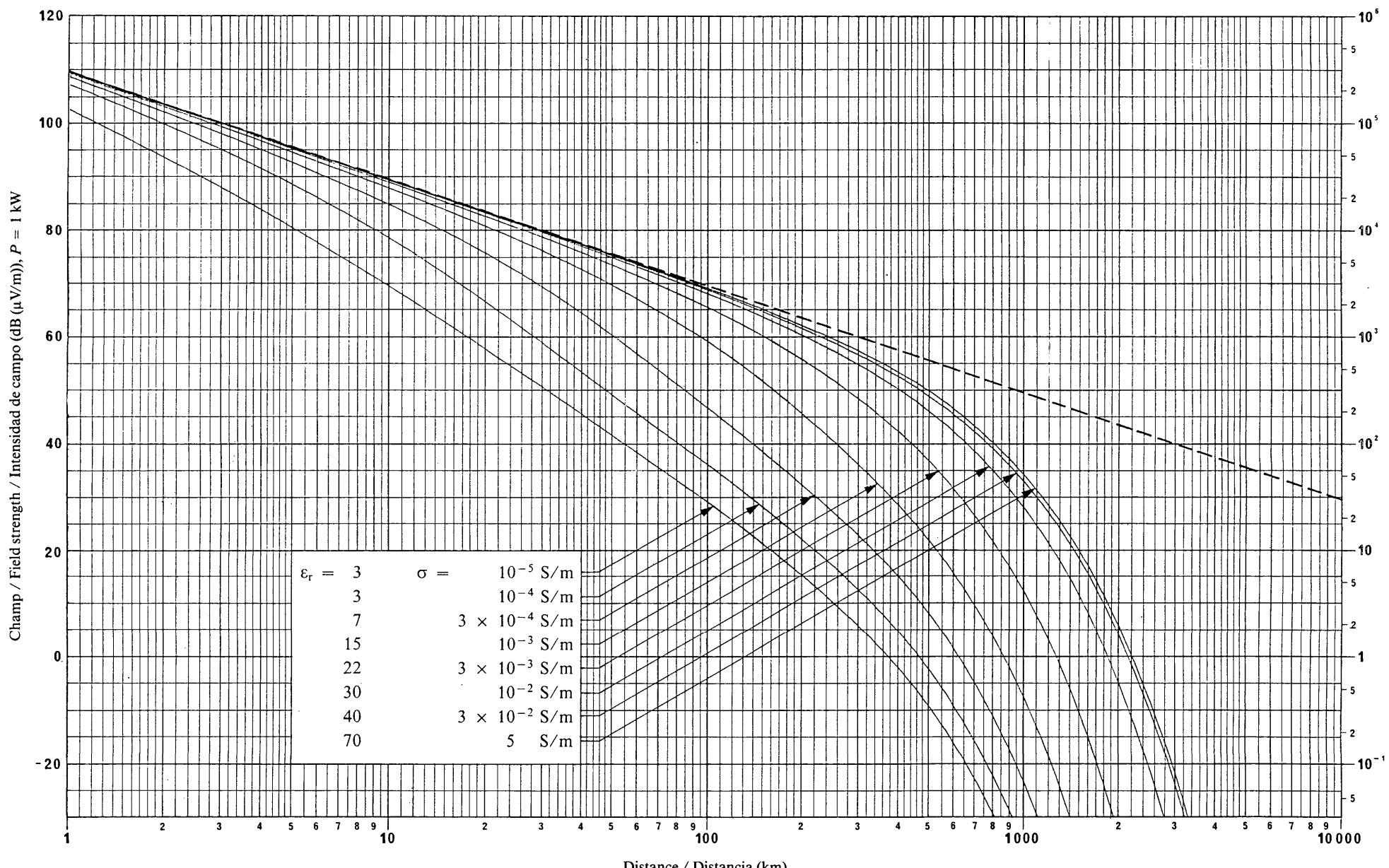
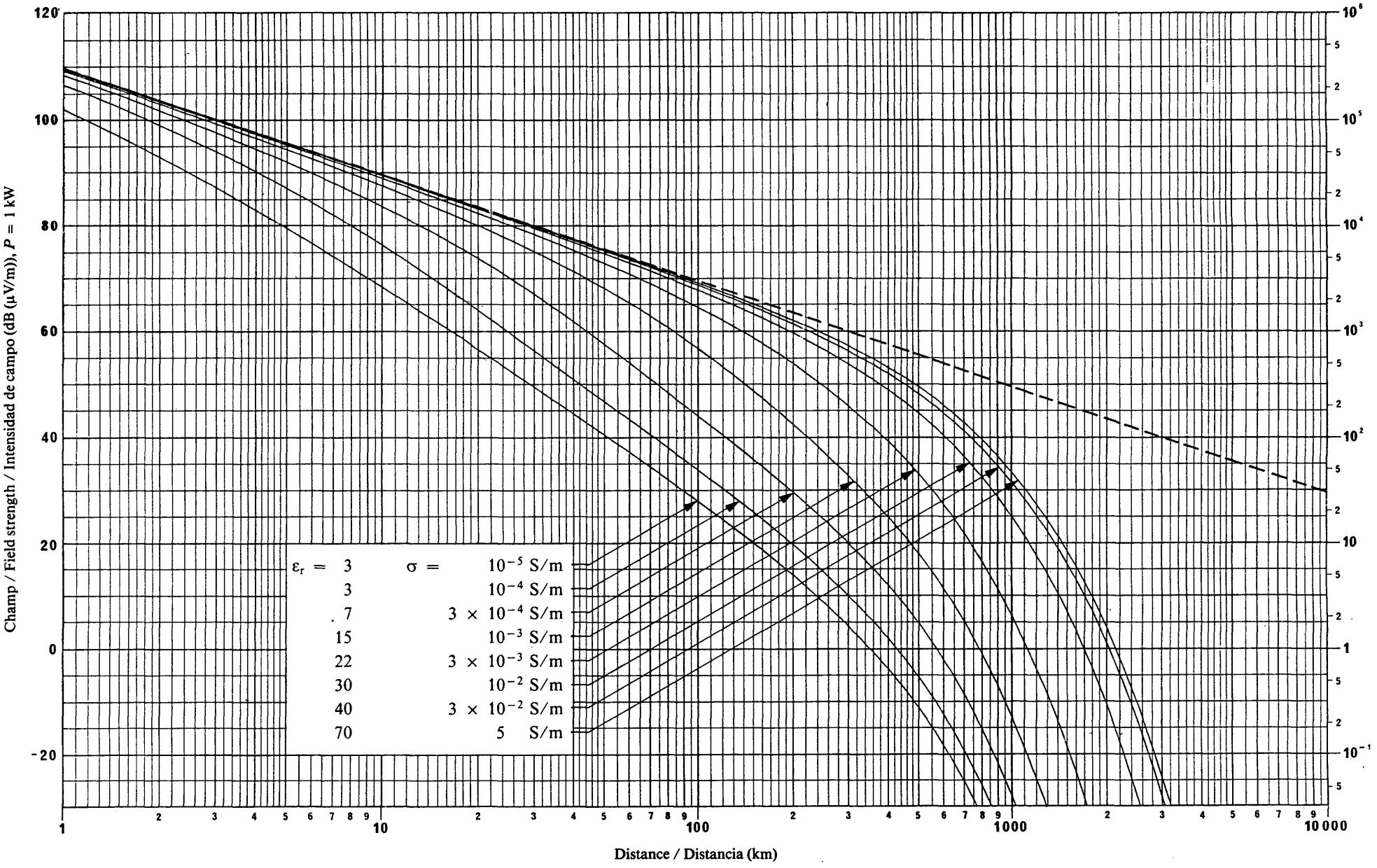


FIG. 11 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 210 kHz

— Inverse de la distancia / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

Champ / Field strength / Intensidad de campo ( $\mu$ V/m)FIG. 12 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$ 

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 240 kHz

— — — Inverse de la distance / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

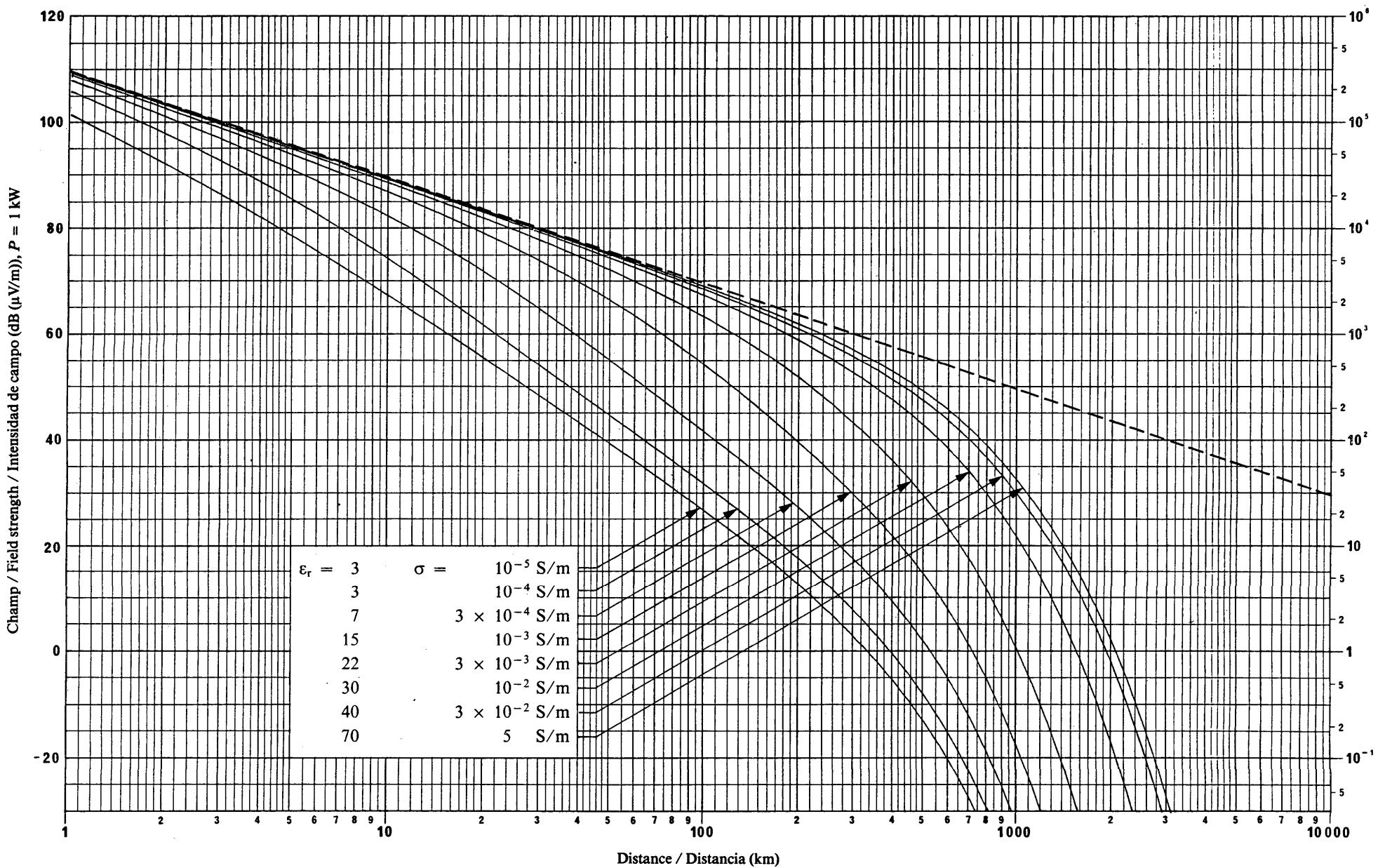
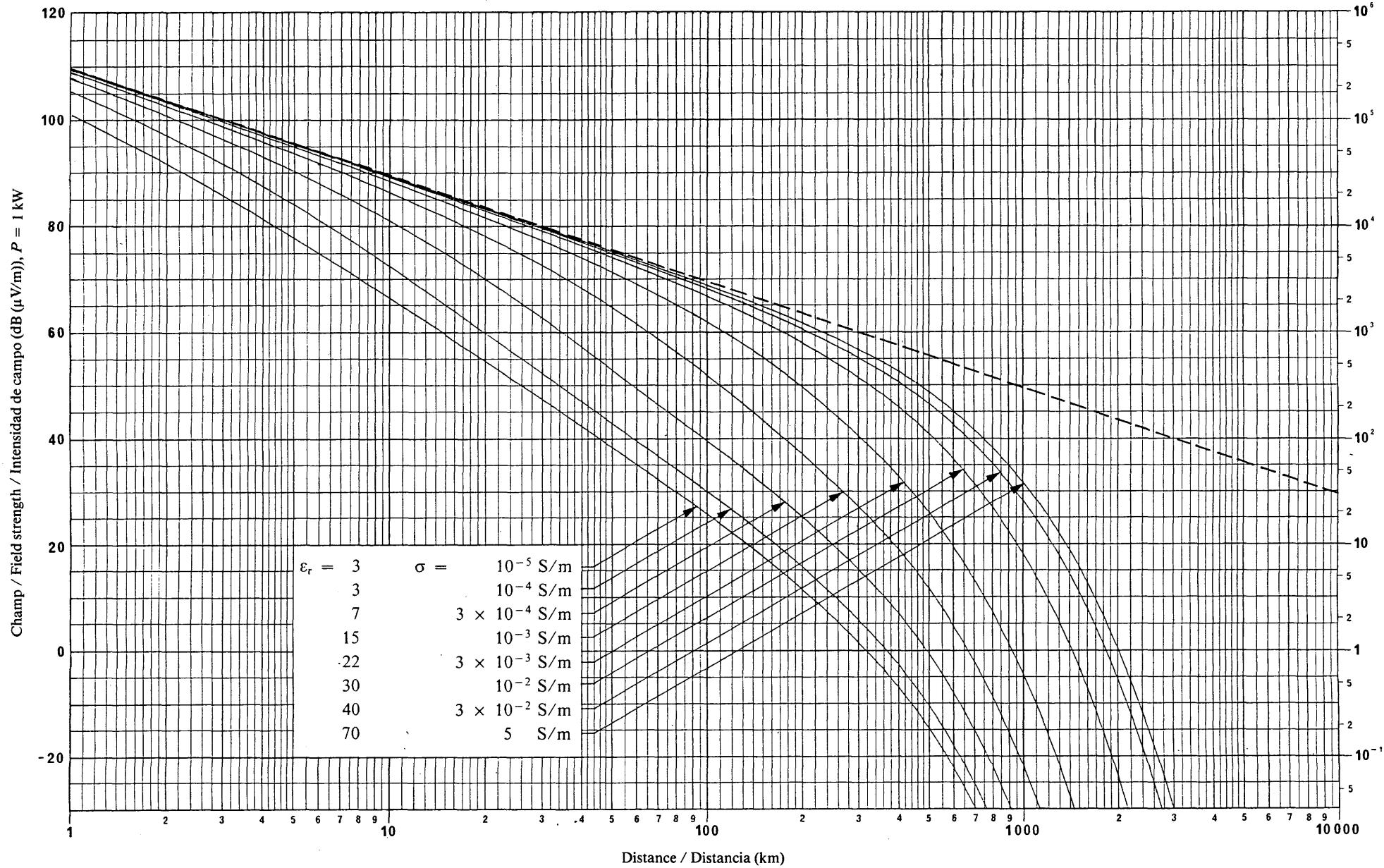


FIG. 13 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 270 kHz

— — — Inverse de la distancia / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

Champ / Field strength / Intensidad de campo ( $\mu\text{V/m}$ )FIG. 14 – Propagation de l’onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\varepsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\varepsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\varepsilon_r$ 

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 300 kHz

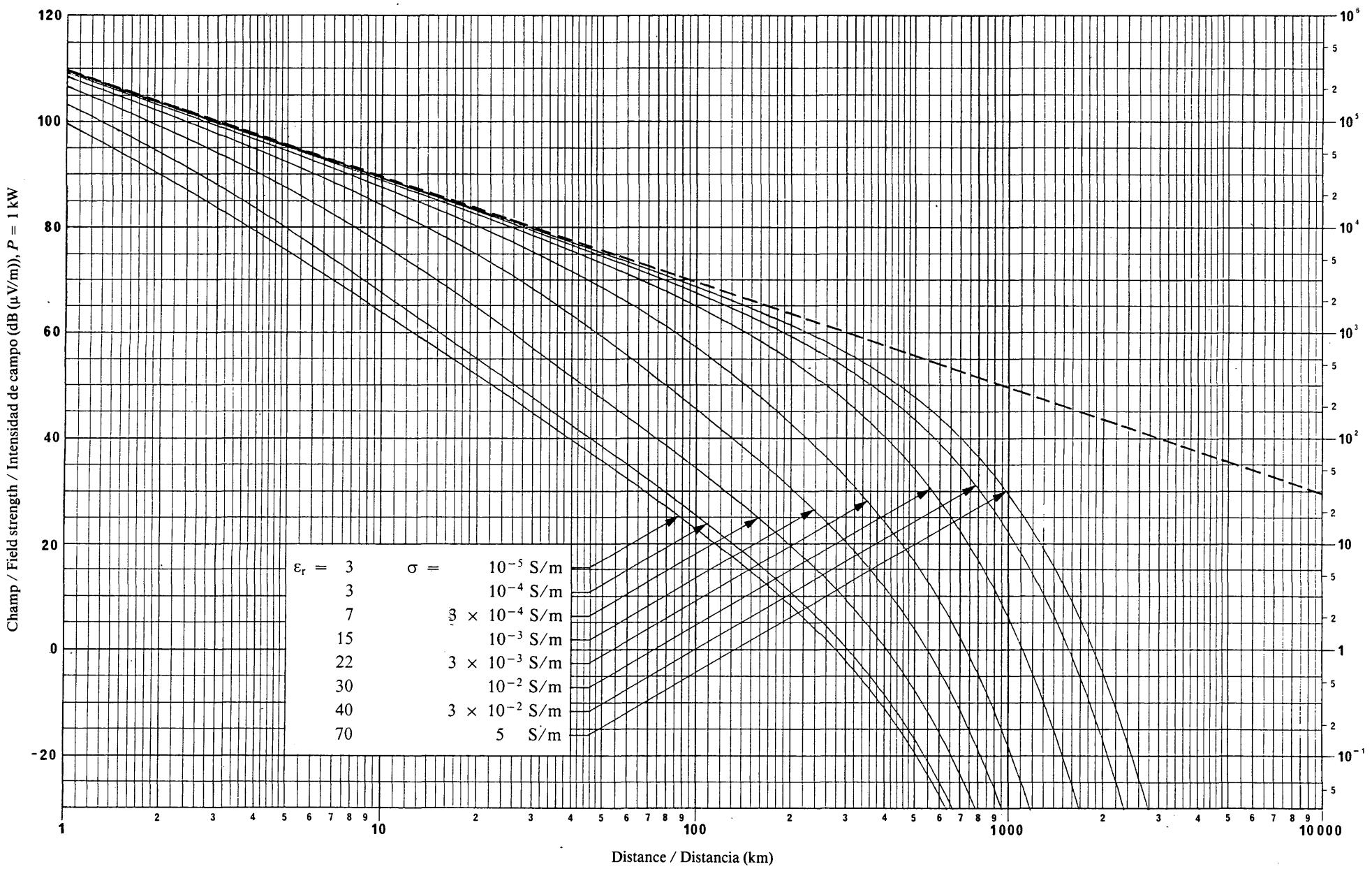
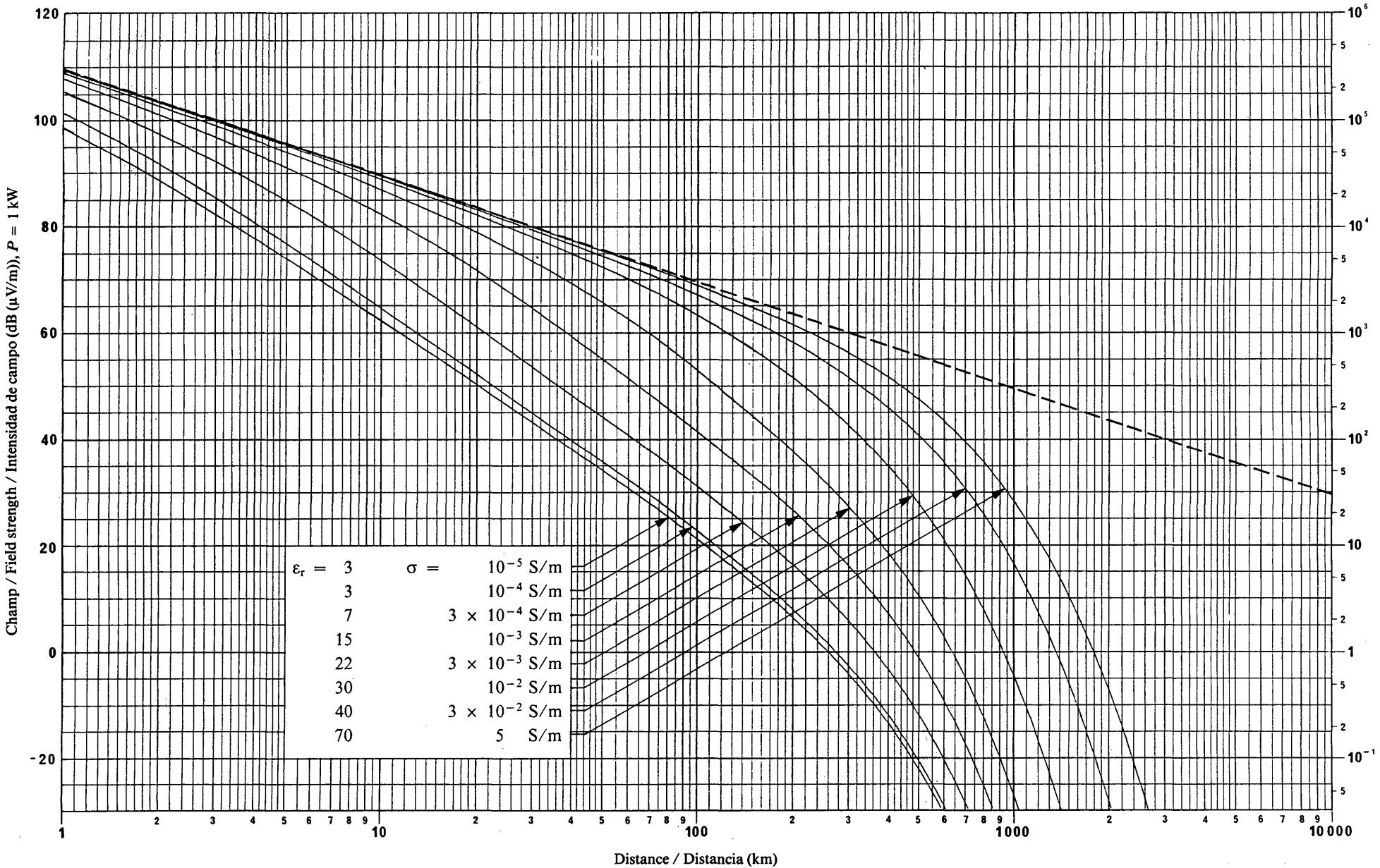


FIG. 15 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\varepsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\varepsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\varepsilon_r$

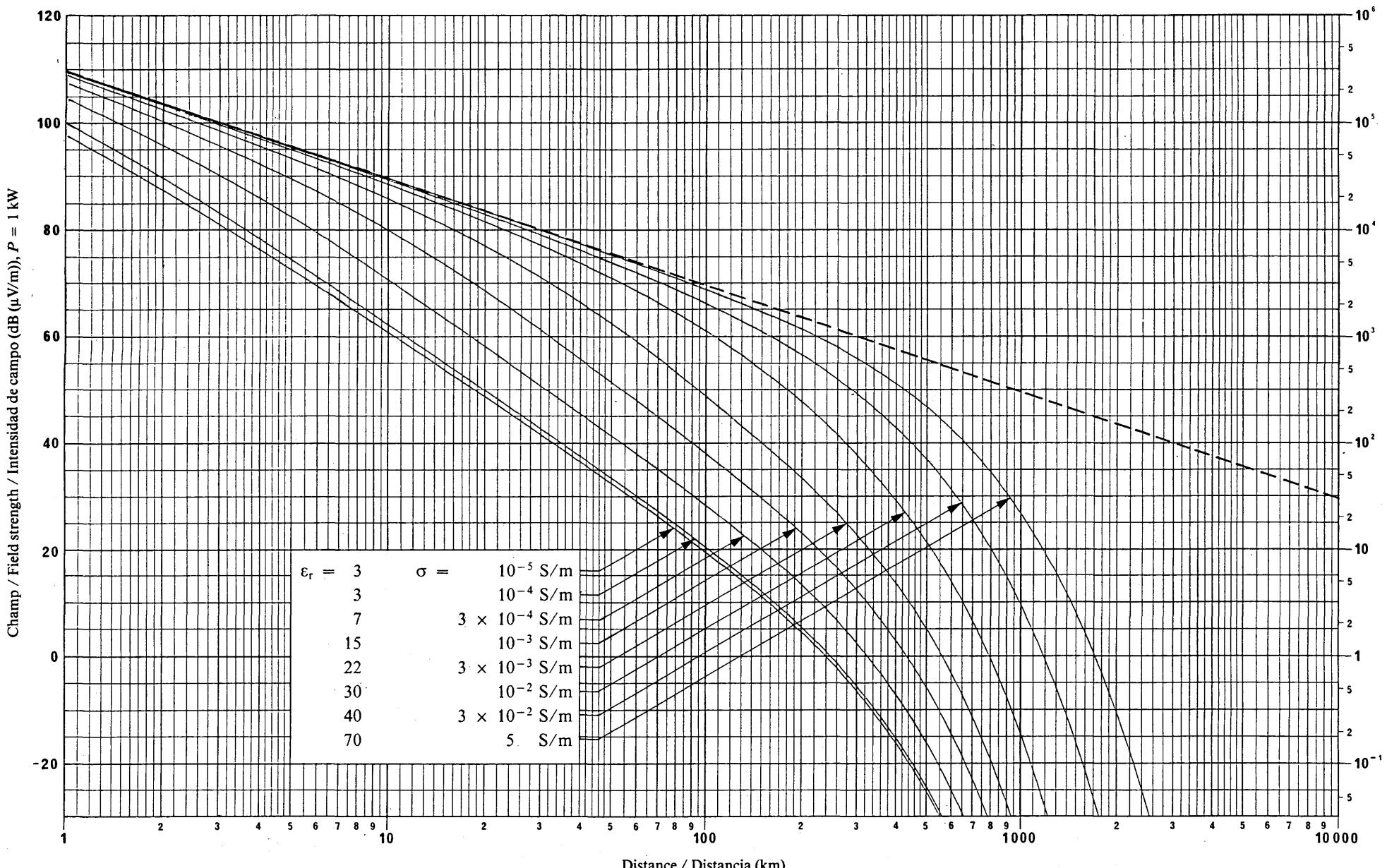
Fréquence / Frequency / Frecuencia: 400 kHz

— Inverse de la distancia / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

Champ / Field strength / Intensidad de campo ( $\mu\text{V/m}$ )FIG. 16 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$ 

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 500 kHz

— Inverse de la distancia / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

FIG. 17 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

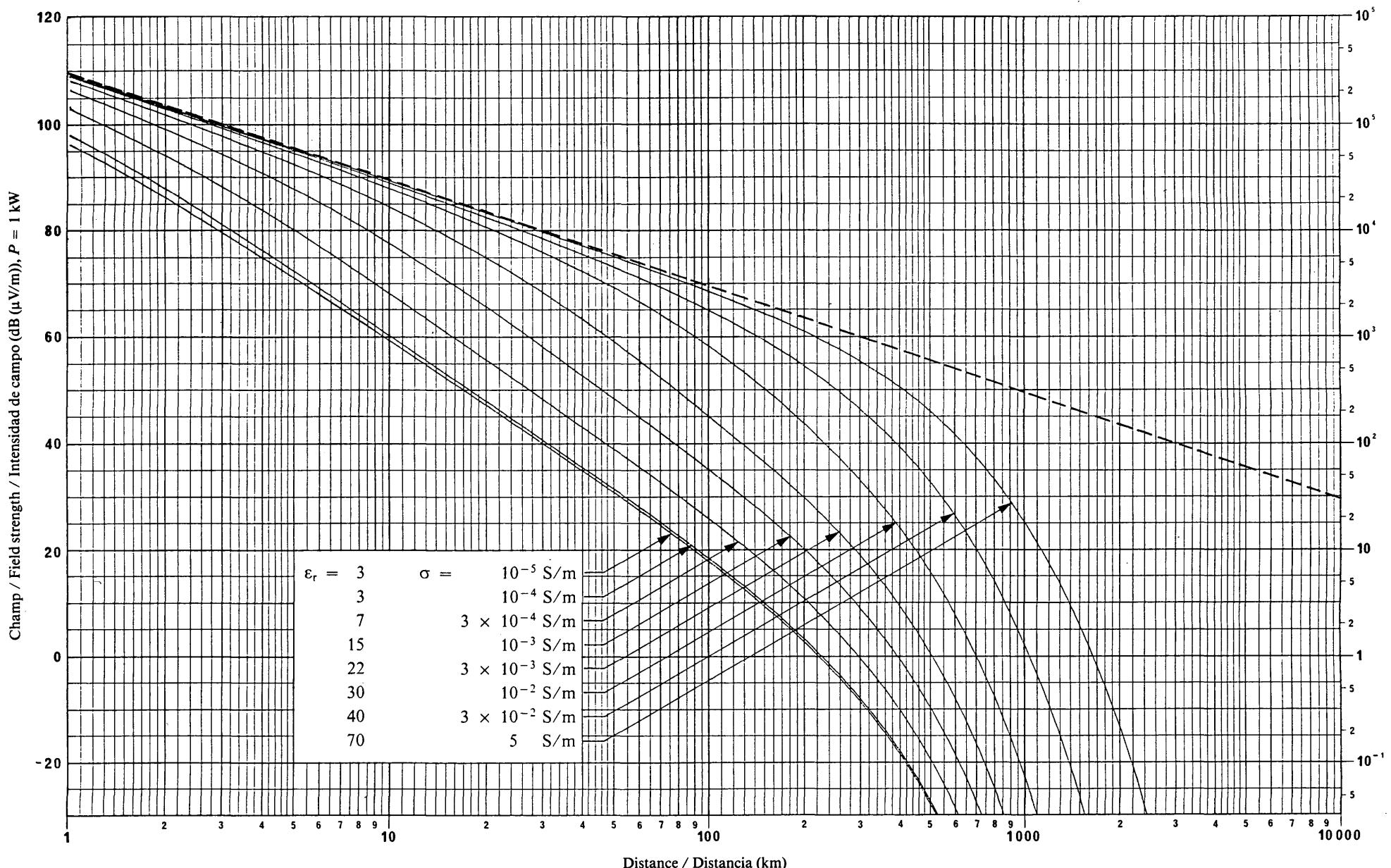


FIG. 18 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 700 kHz

— Inverse de la distancia / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

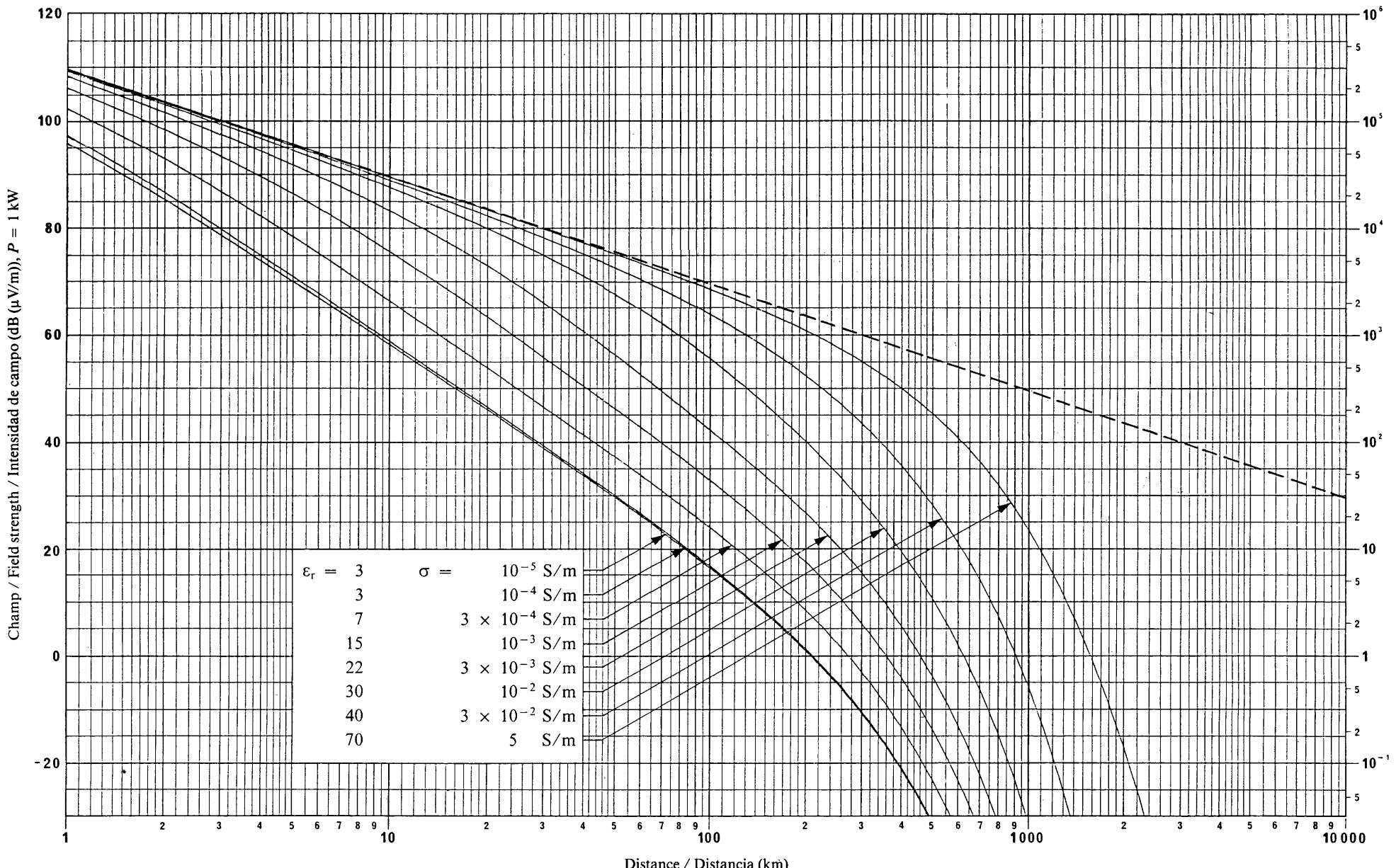
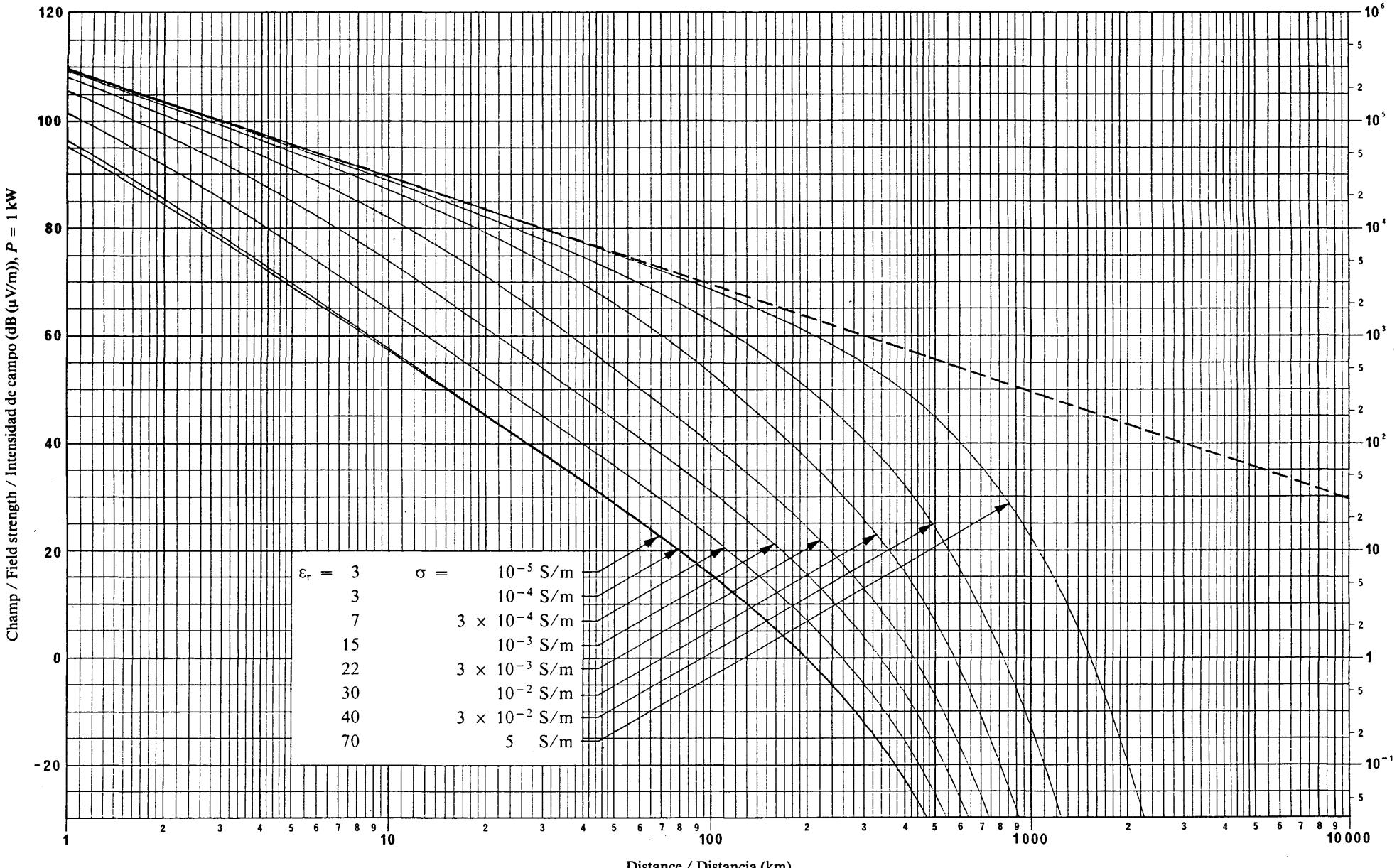
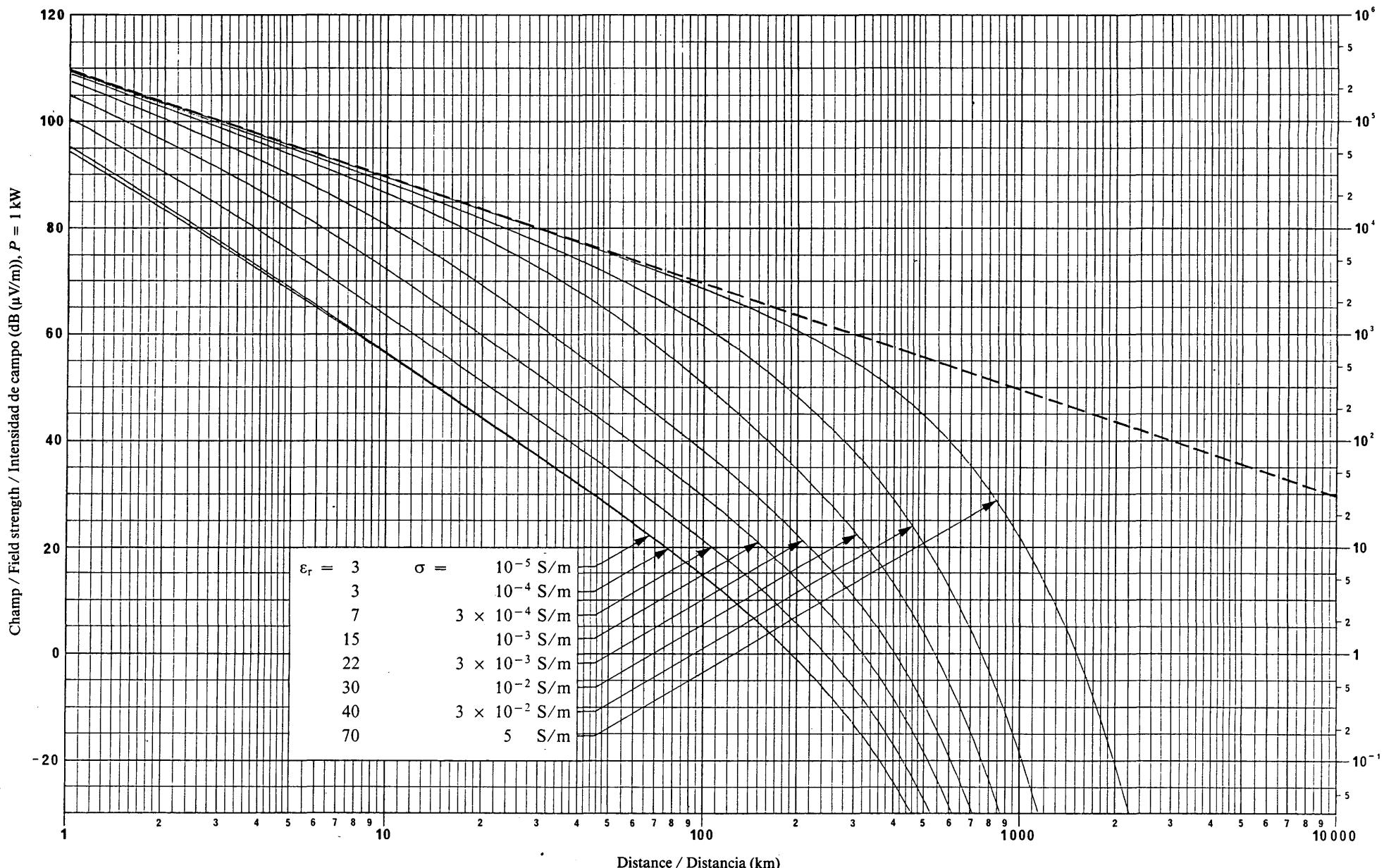


FIG. 19 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 800 kHz

— Inverse de la distancia / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

Champ / Field strength / Intensidad de campo ( $\mu\text{V/m}$ )FIG. 20. – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

FIG. 21 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\varepsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\varepsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\varepsilon_r$

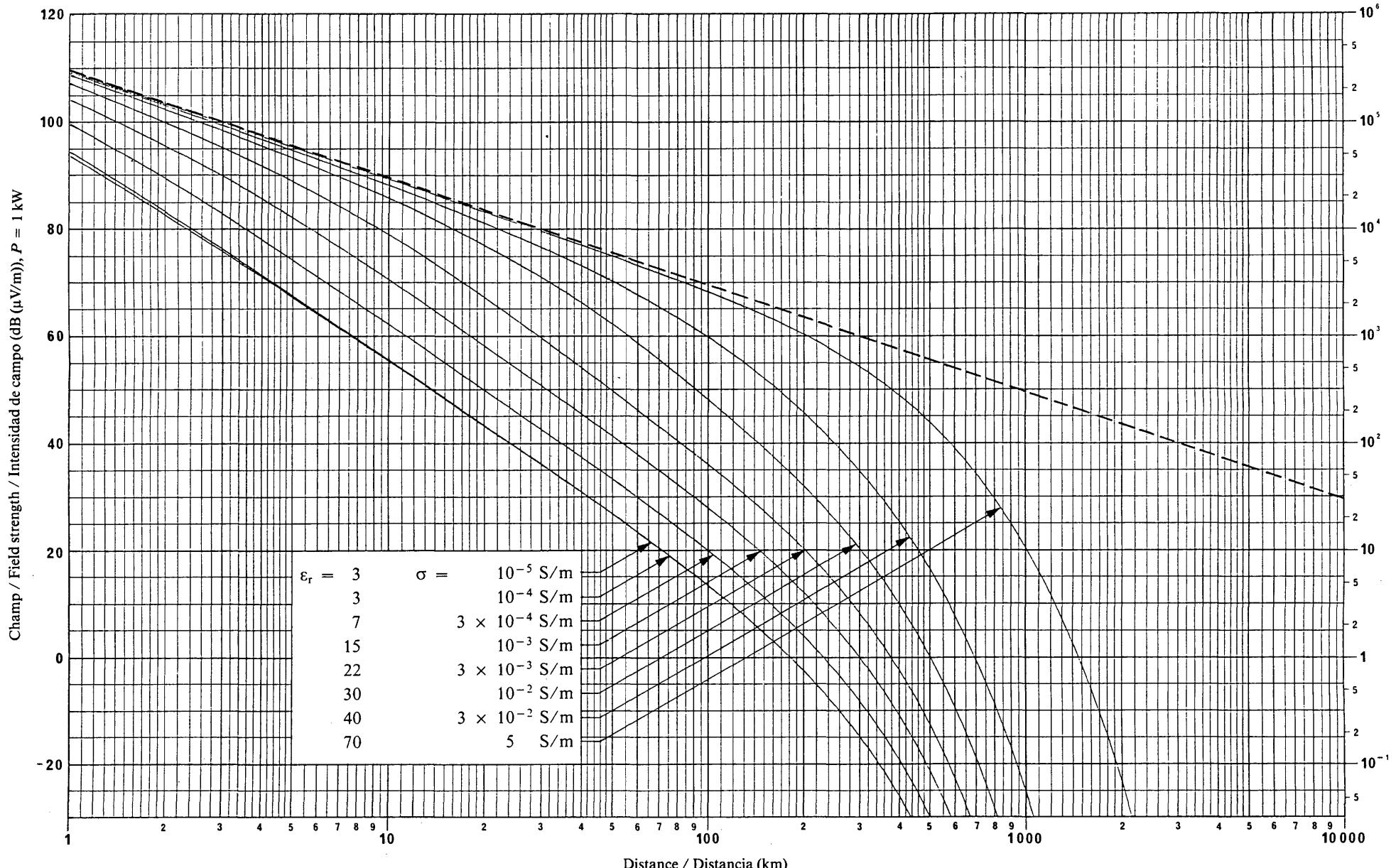


FIG. 22 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\varepsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\varepsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\varepsilon_r$

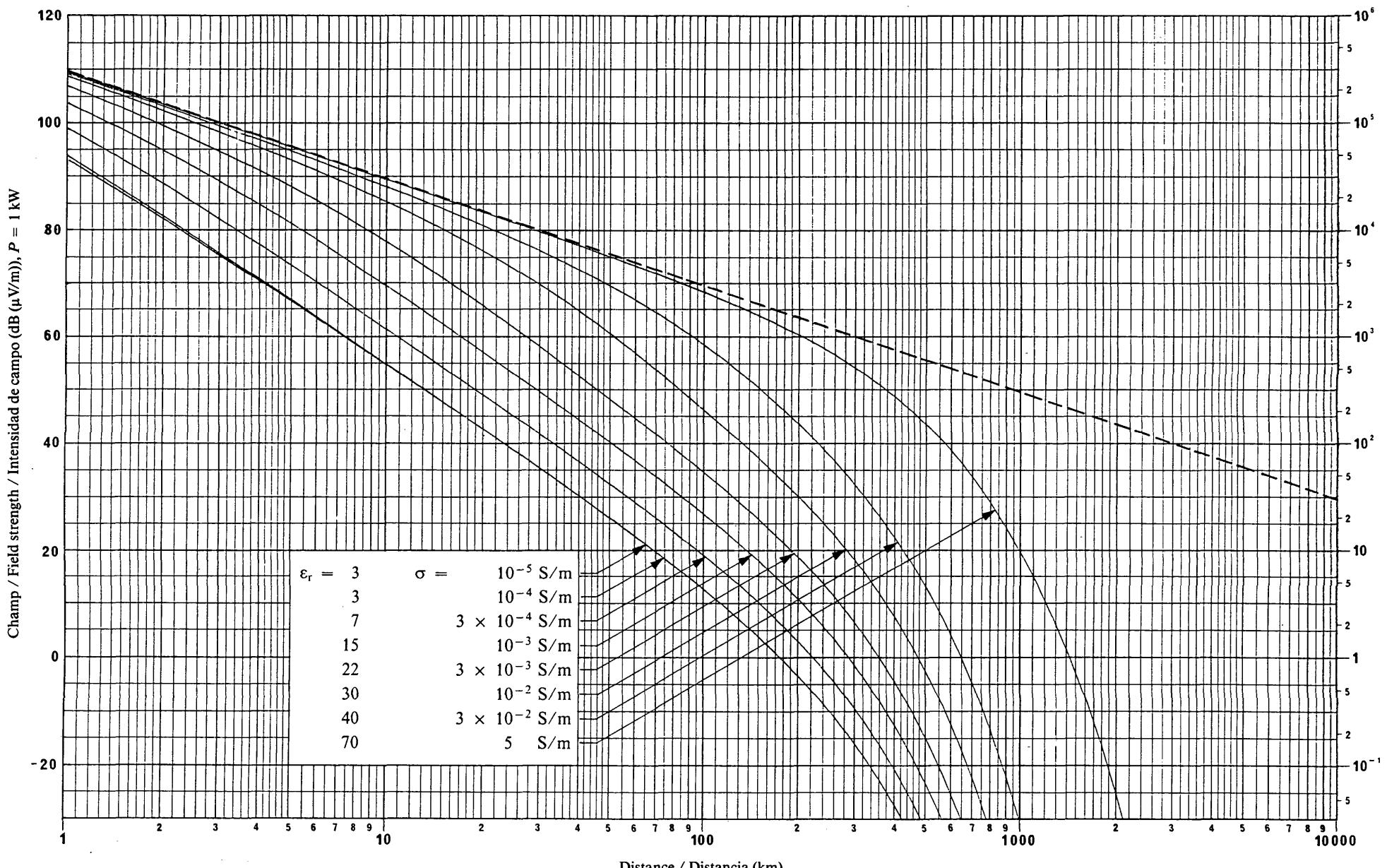


FIG. 23 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 1200 kHz

— Inverse de la distancia / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

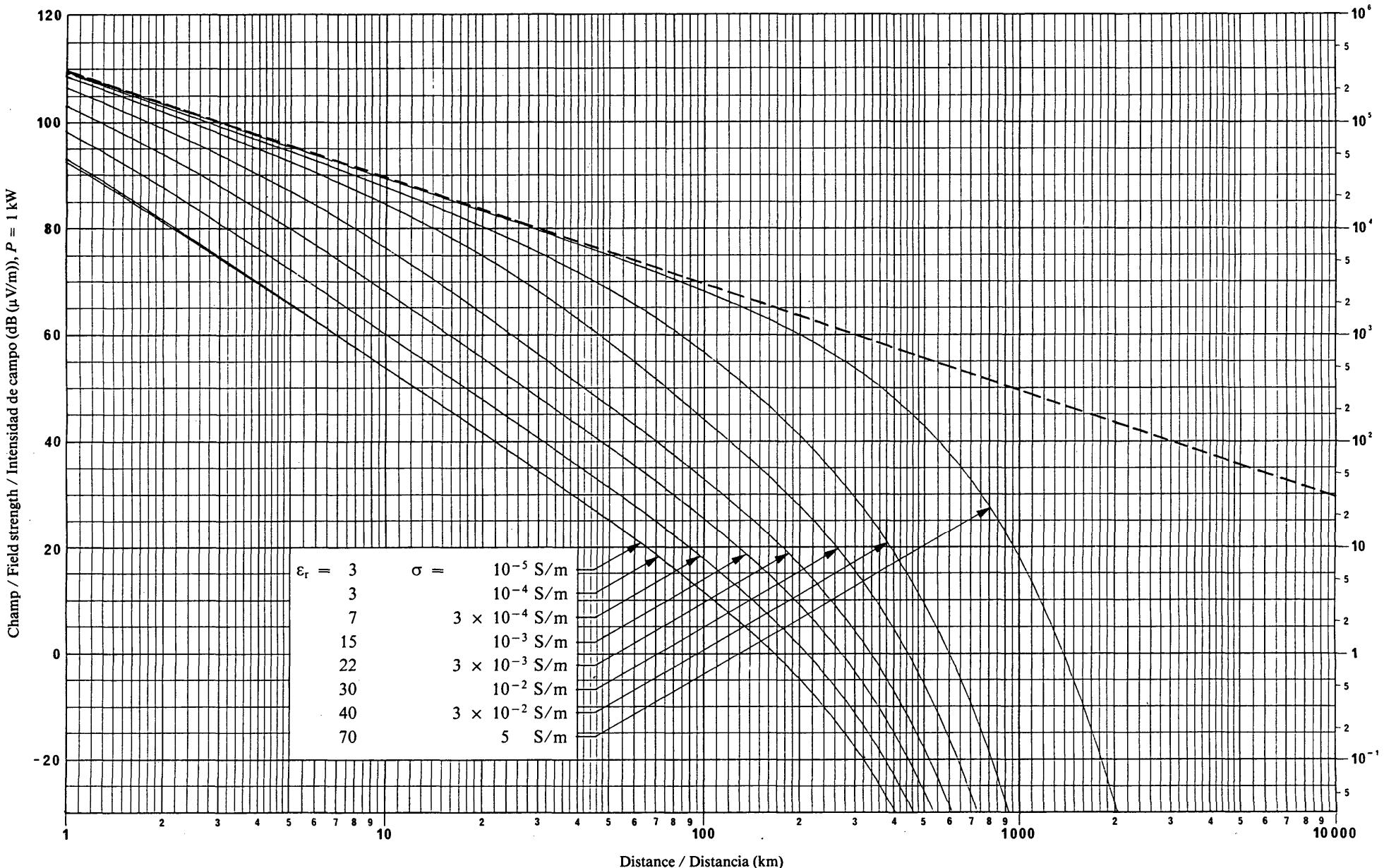


FIG. 24 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 1300 kHz

— Inverse de la distance / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

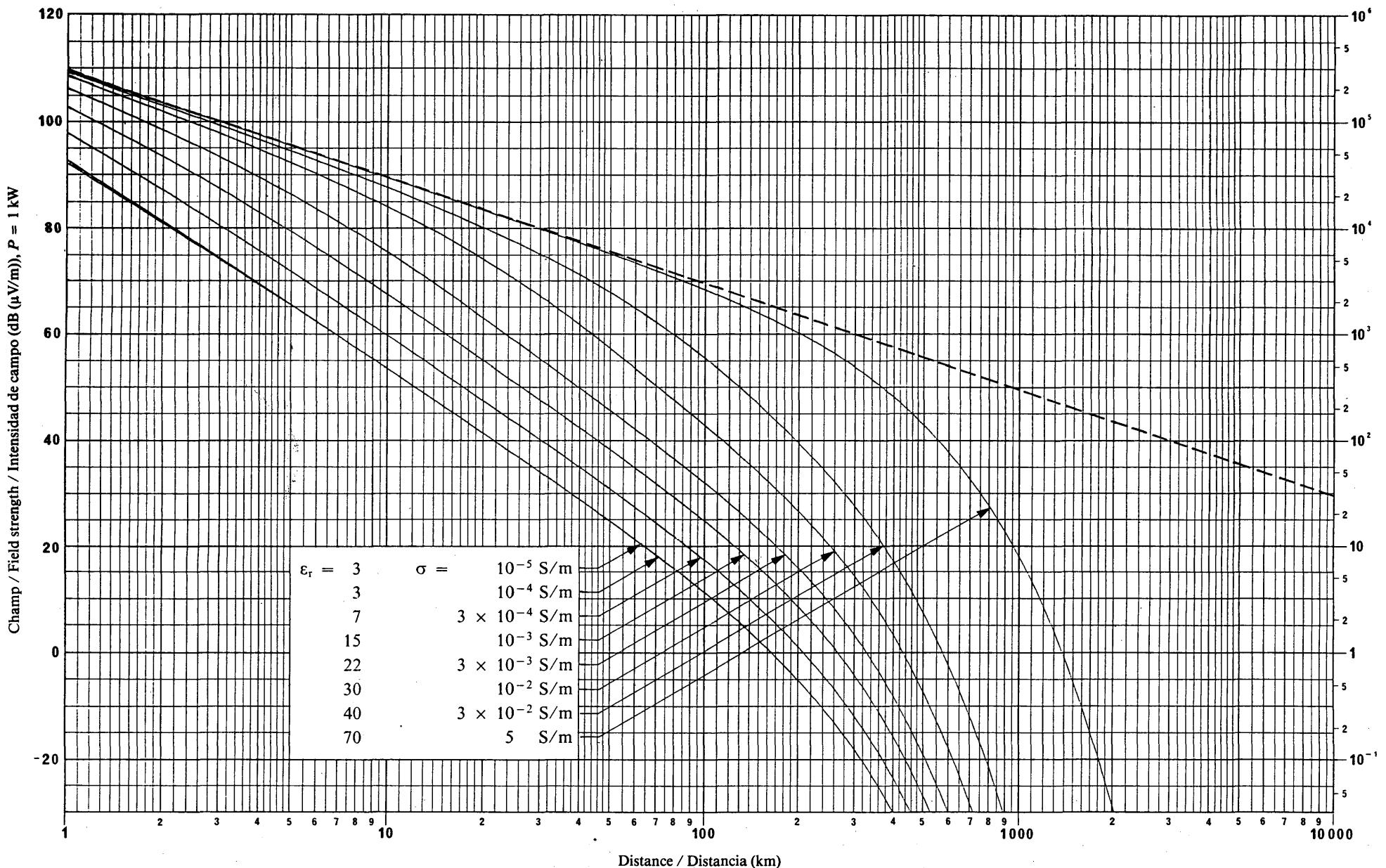
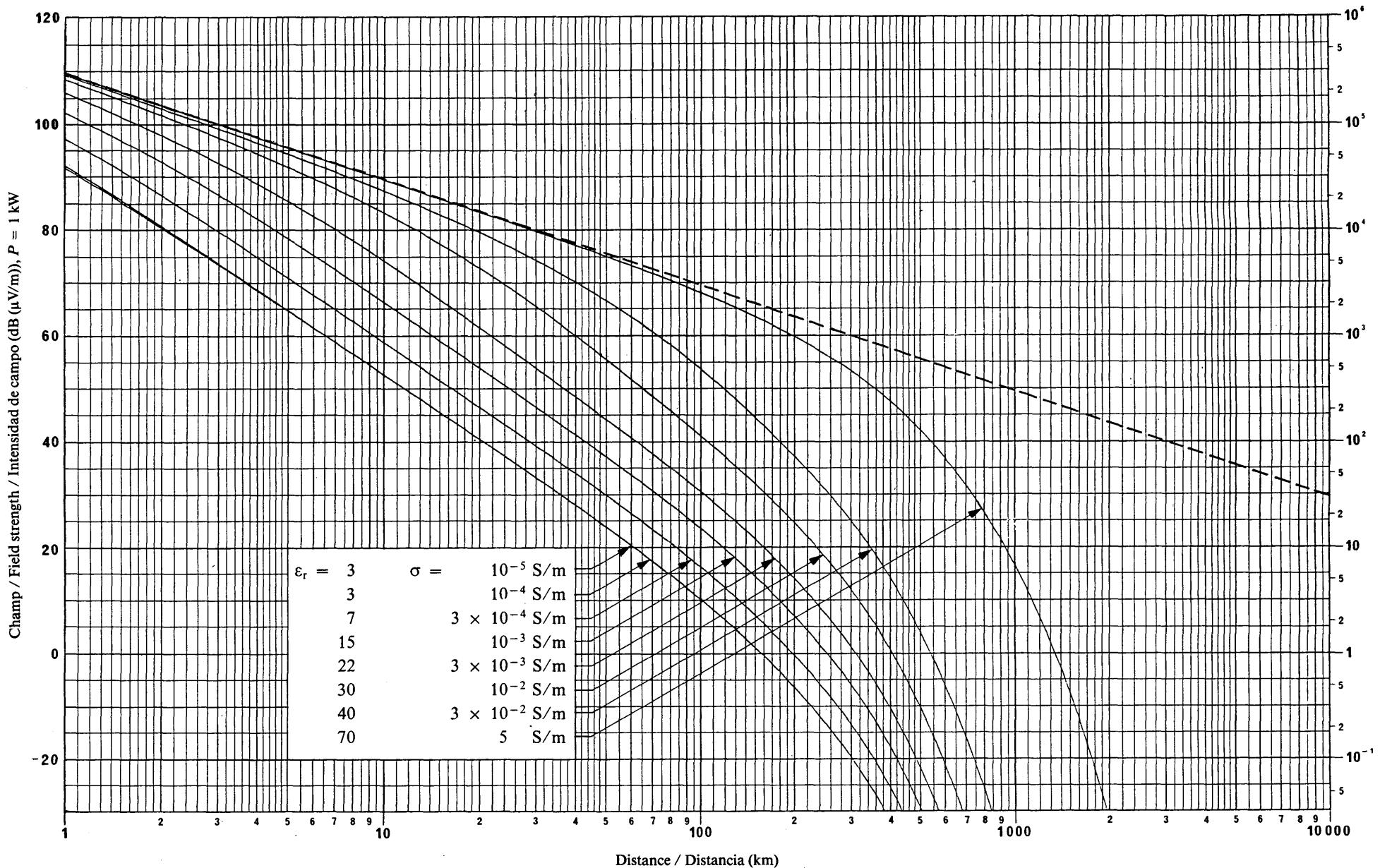


FIG. 25 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

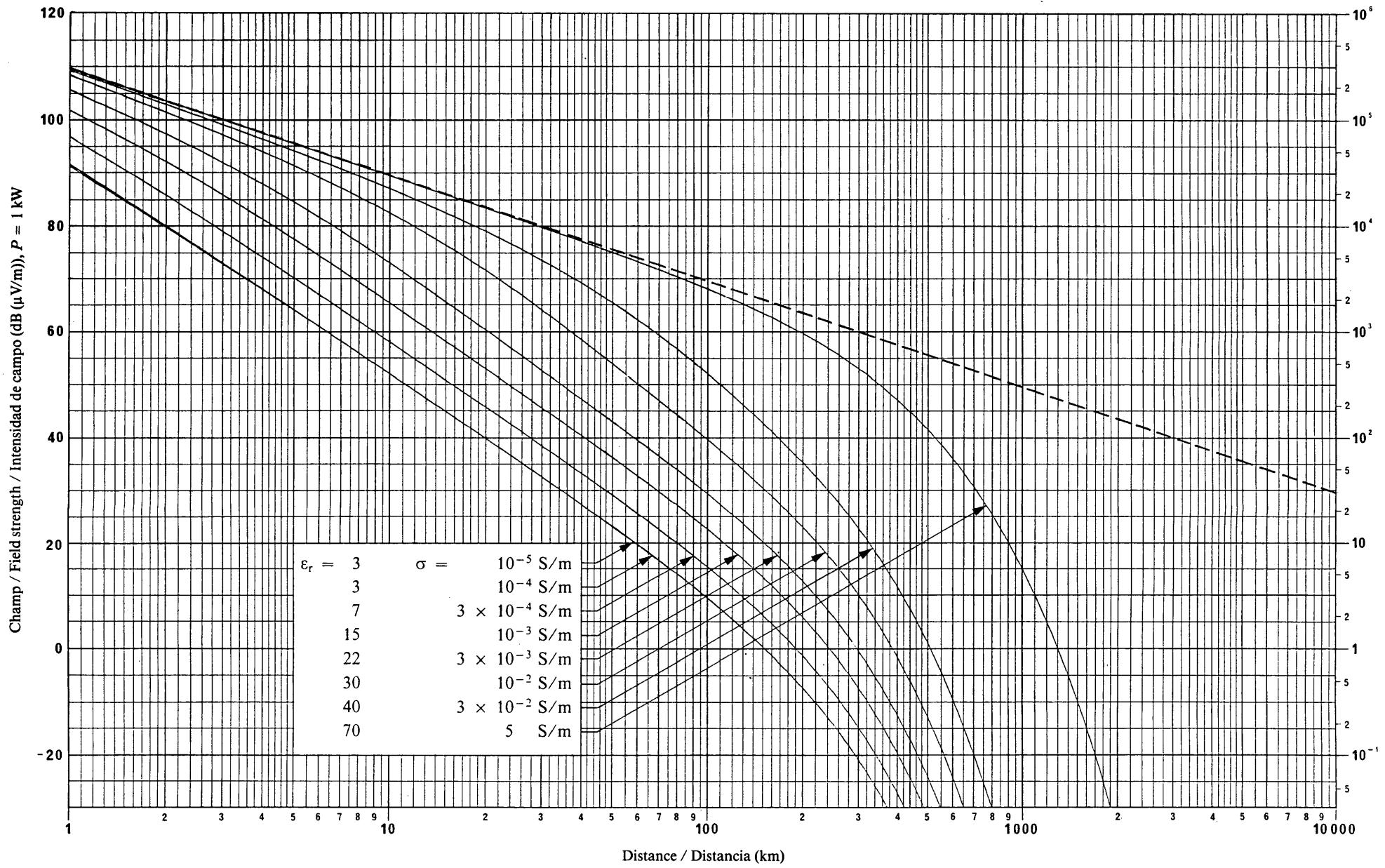
Fréquence / Frequency / Frecuencia: 1400 kHz

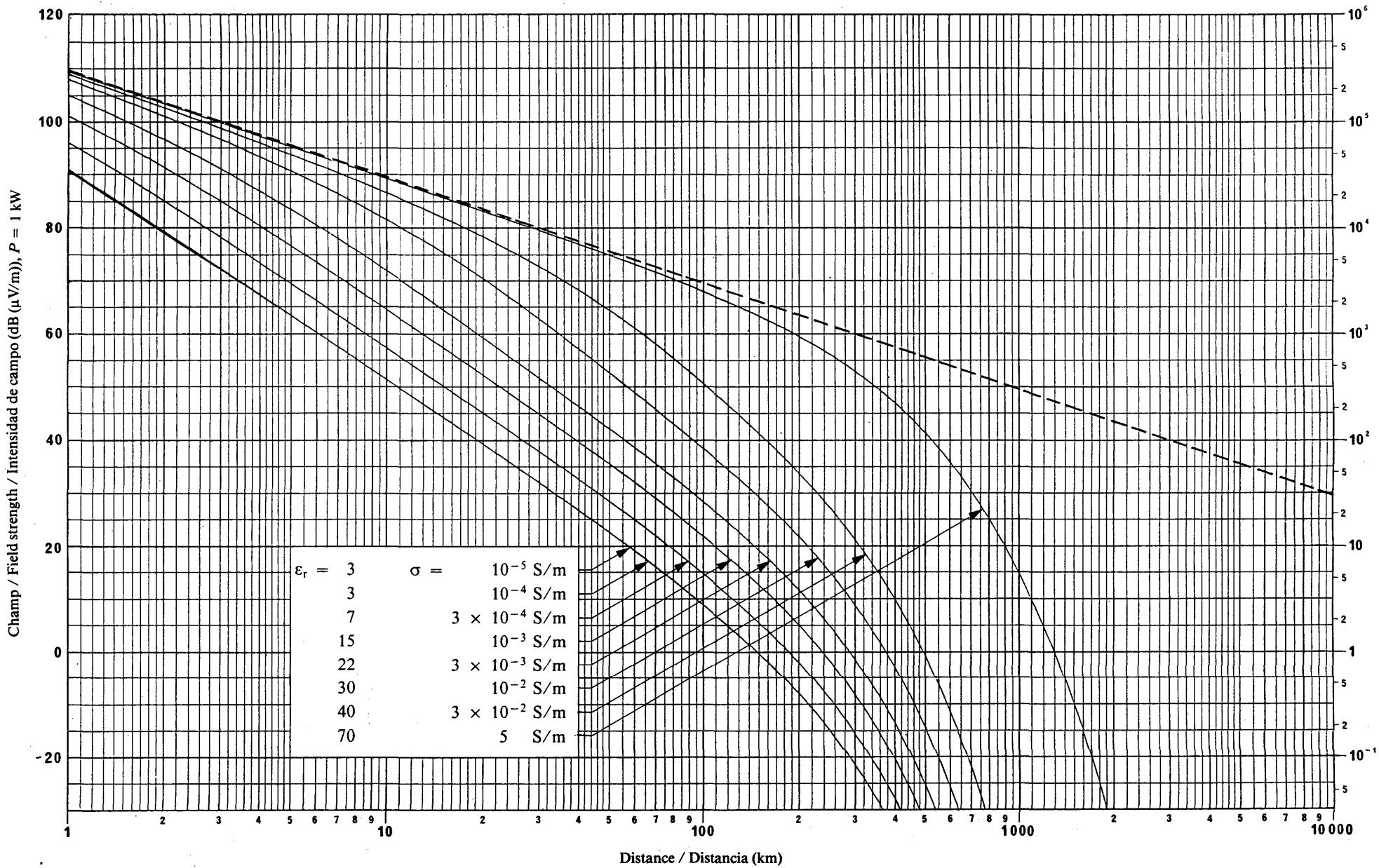
— — — Inverse de la distancia / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

Champ / Field strength / Intensidad de campo ( $\mu$ V/m)FIG. 26 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$ 

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 1500 kHz

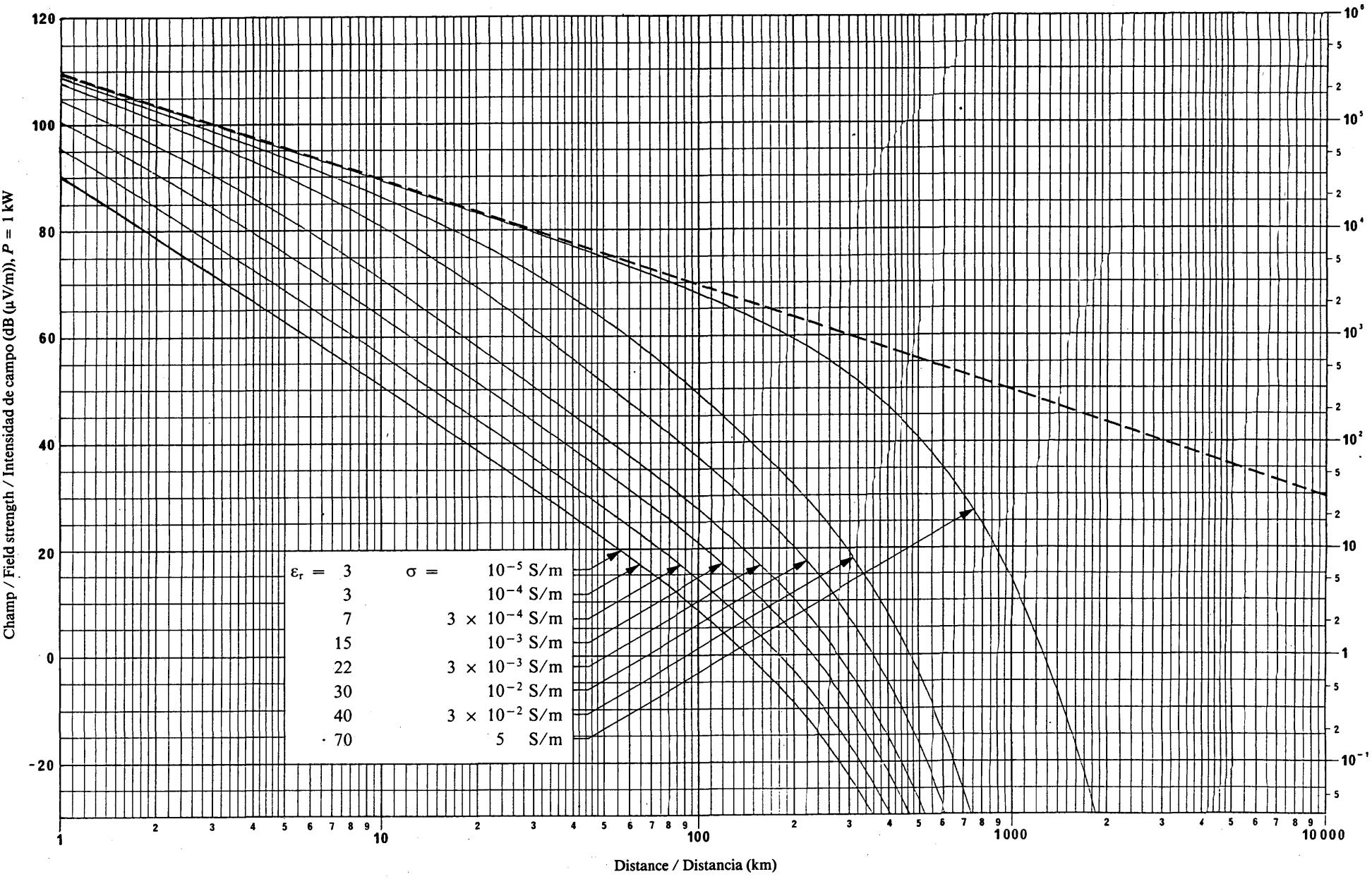
— Inverse de la distance / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

FIG. 27 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

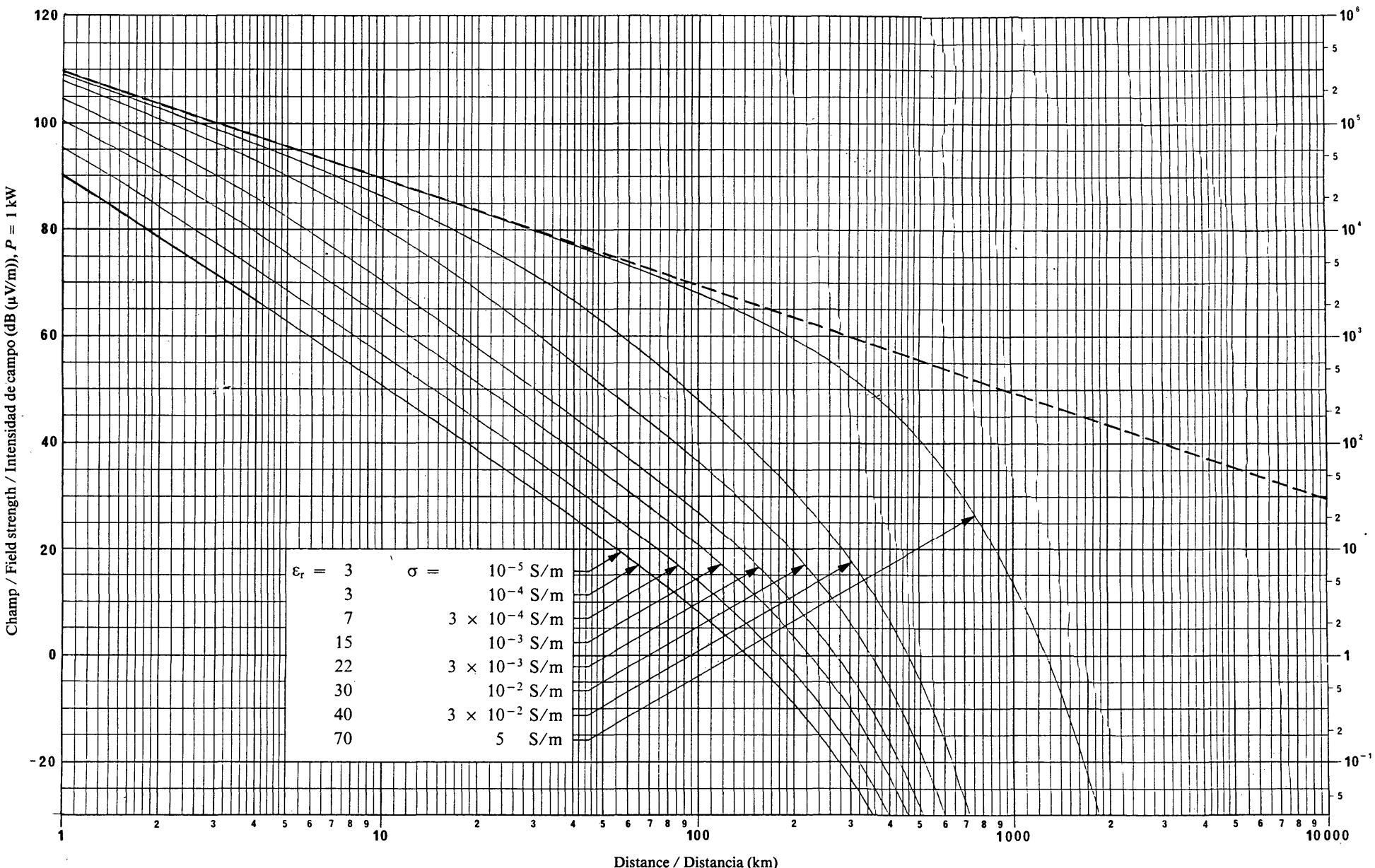
Champ / Field strength / Intensidad de campo ( $\mu\text{V/m}$ )FIG. 28 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$ 

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 1700 kHz

— — — Inverse de la distancia / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

Champ / Field strength / Intensidad de campo ( $\mu\text{V/m}$ )FIG. 29 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$ .

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 1800 kHz

Champ / Field strength / Intensidad de campo ( $\mu$ V/m)FIG. 30 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$ 

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 1900 kHz

— — — Inverse de la distancia / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

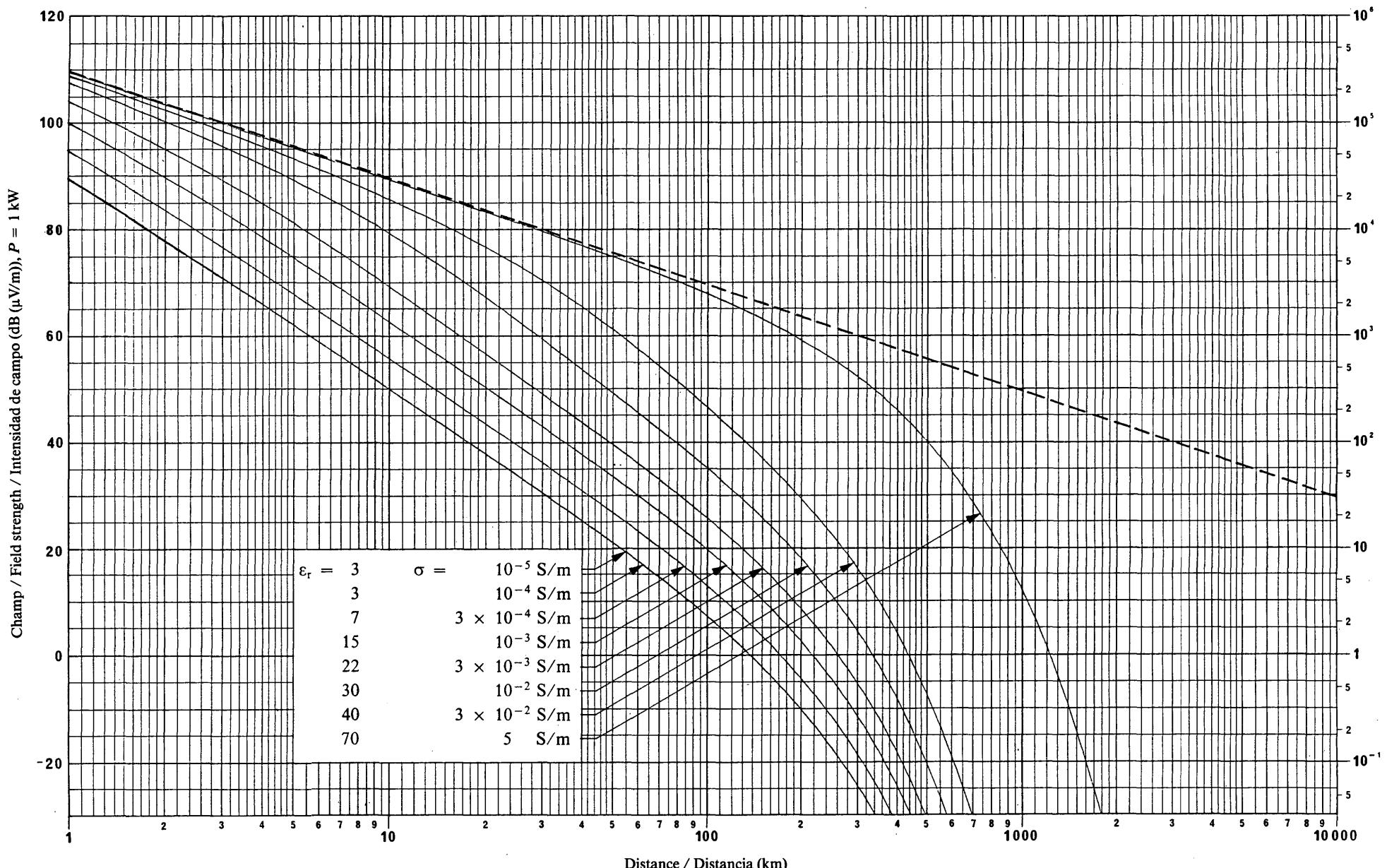


FIG. 31 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\varepsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\varepsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\varepsilon_r$

Champ / Field strength / Intensidad de campo ( $\mu\text{V/m}$ )

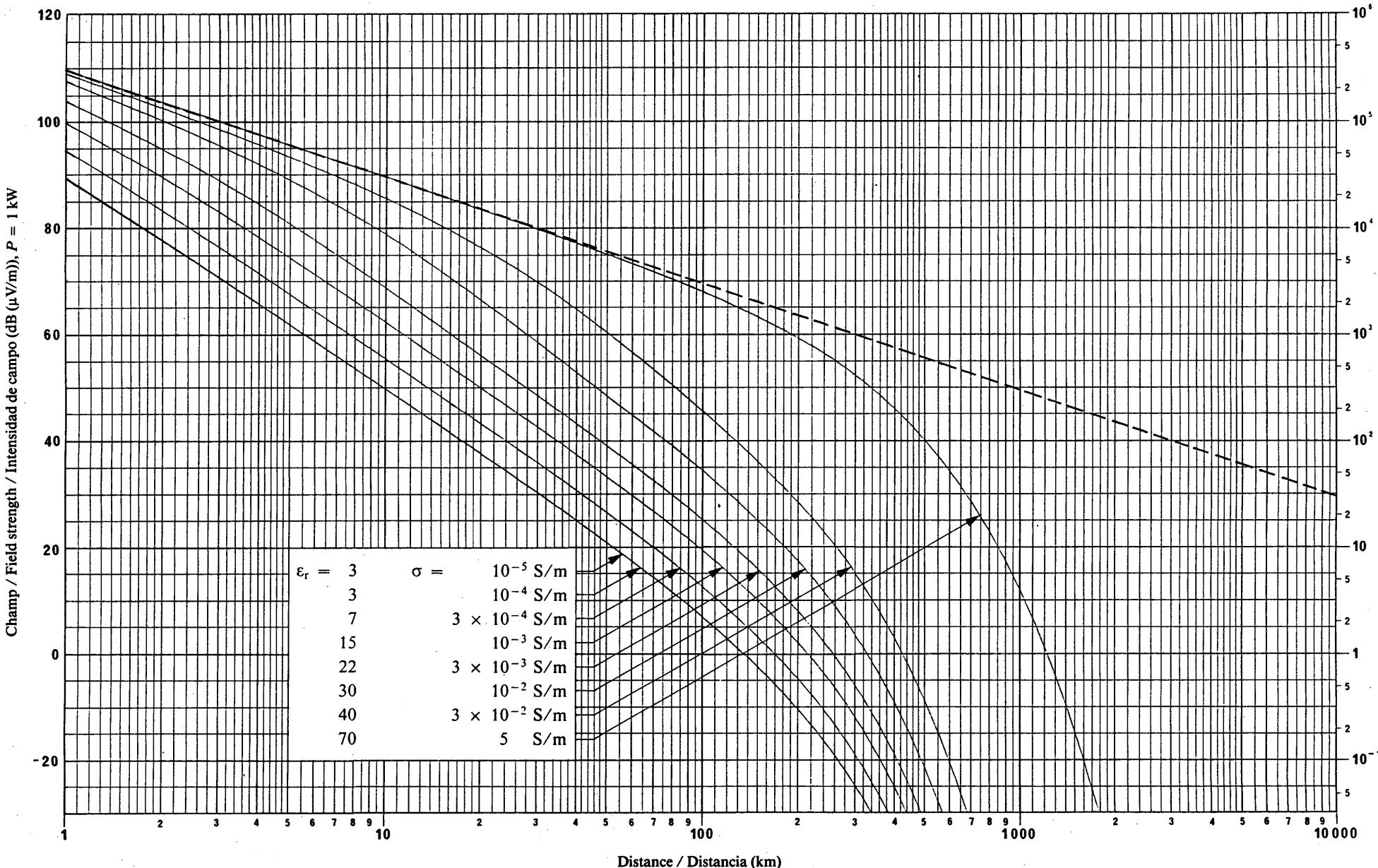


FIG. 32 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 2100 kHz

— — — Inverse de la distance / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

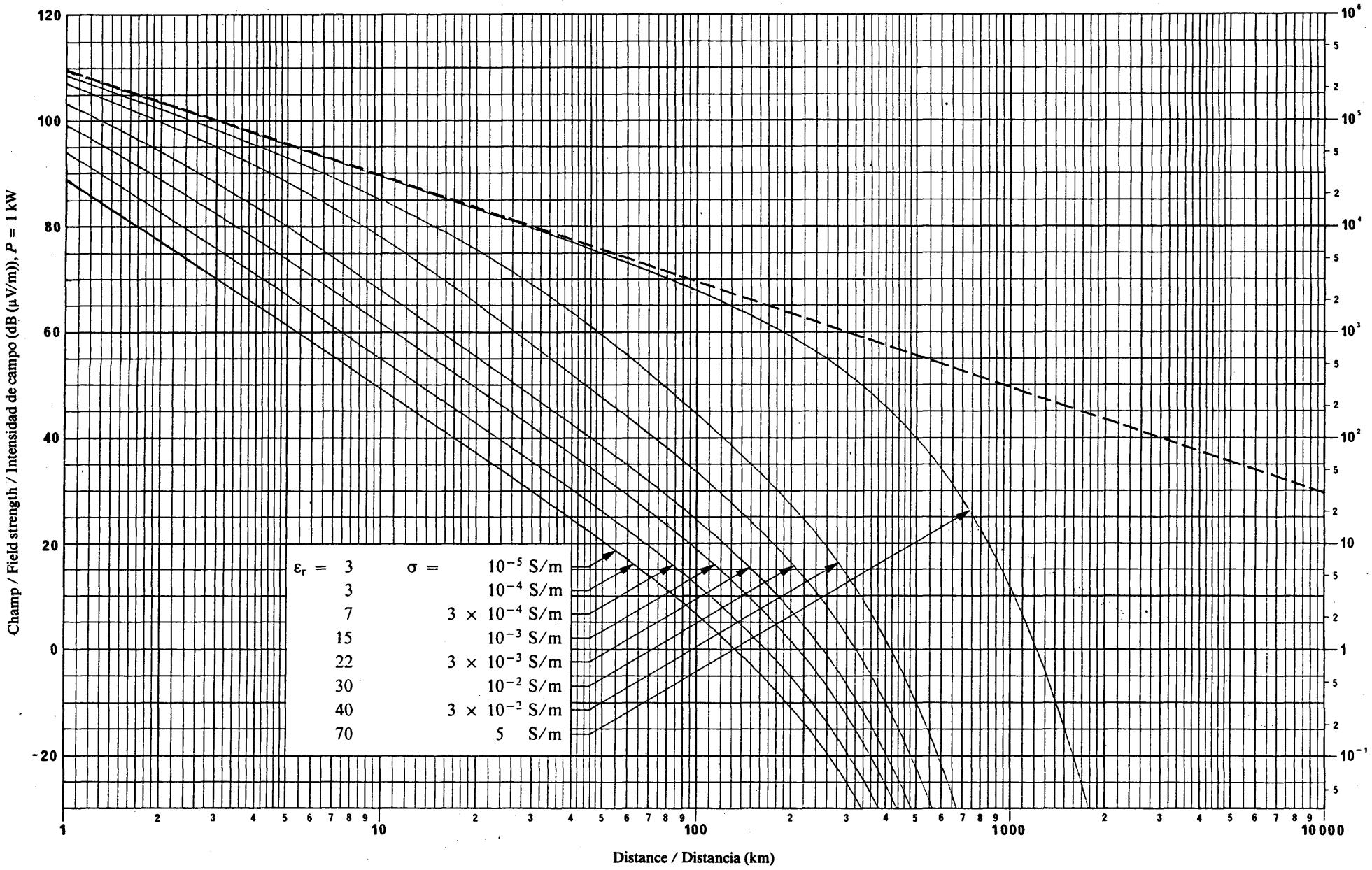


FIG. 33 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\varepsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\varepsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\varepsilon_r$

Champ / Field strength / Intensidad de campo (dB ( $\mu$ V/m)),  $P = 1 \text{ kW}$

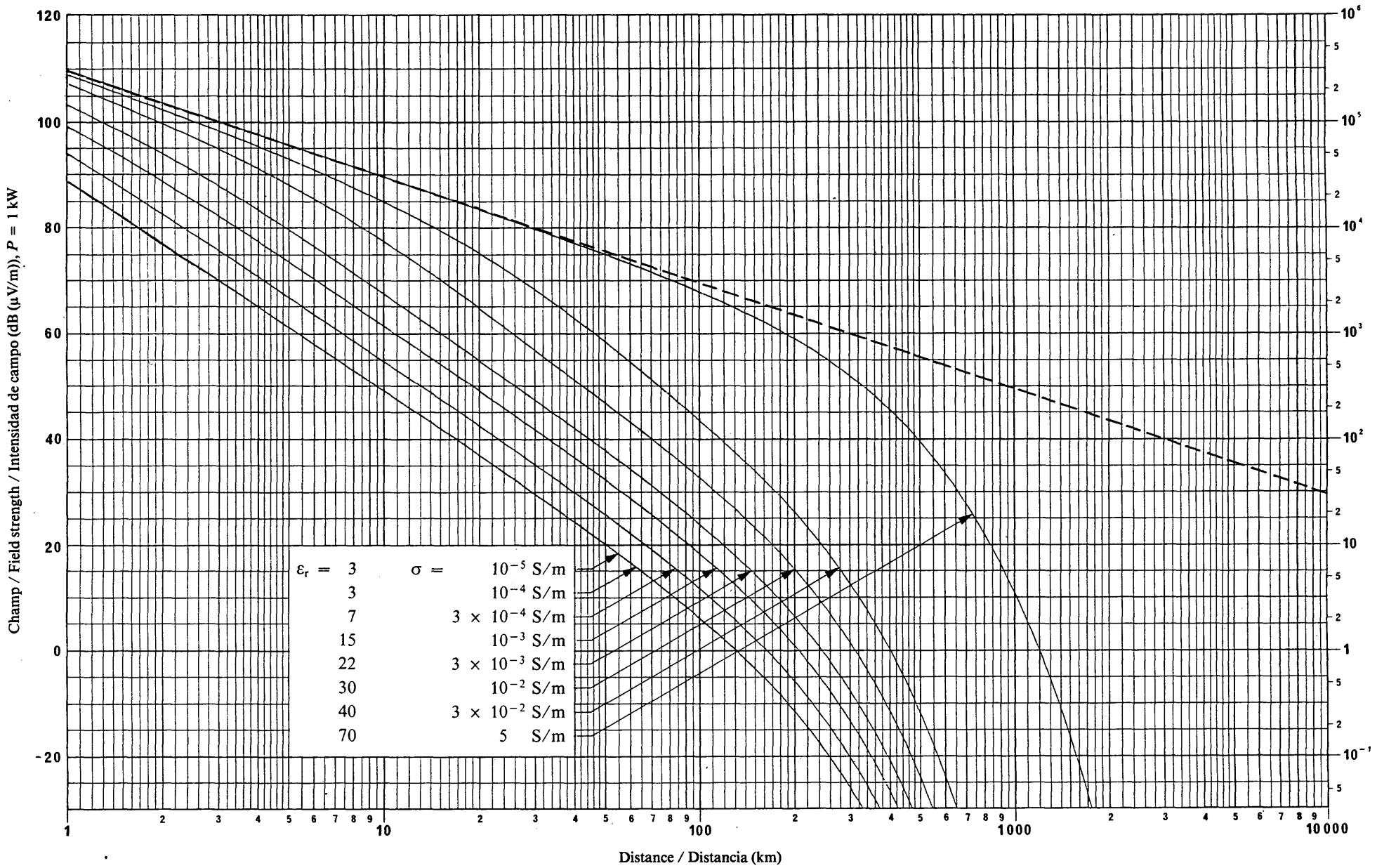


FIG. 34 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 2300 kHz

———— Inverse de la distancia / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

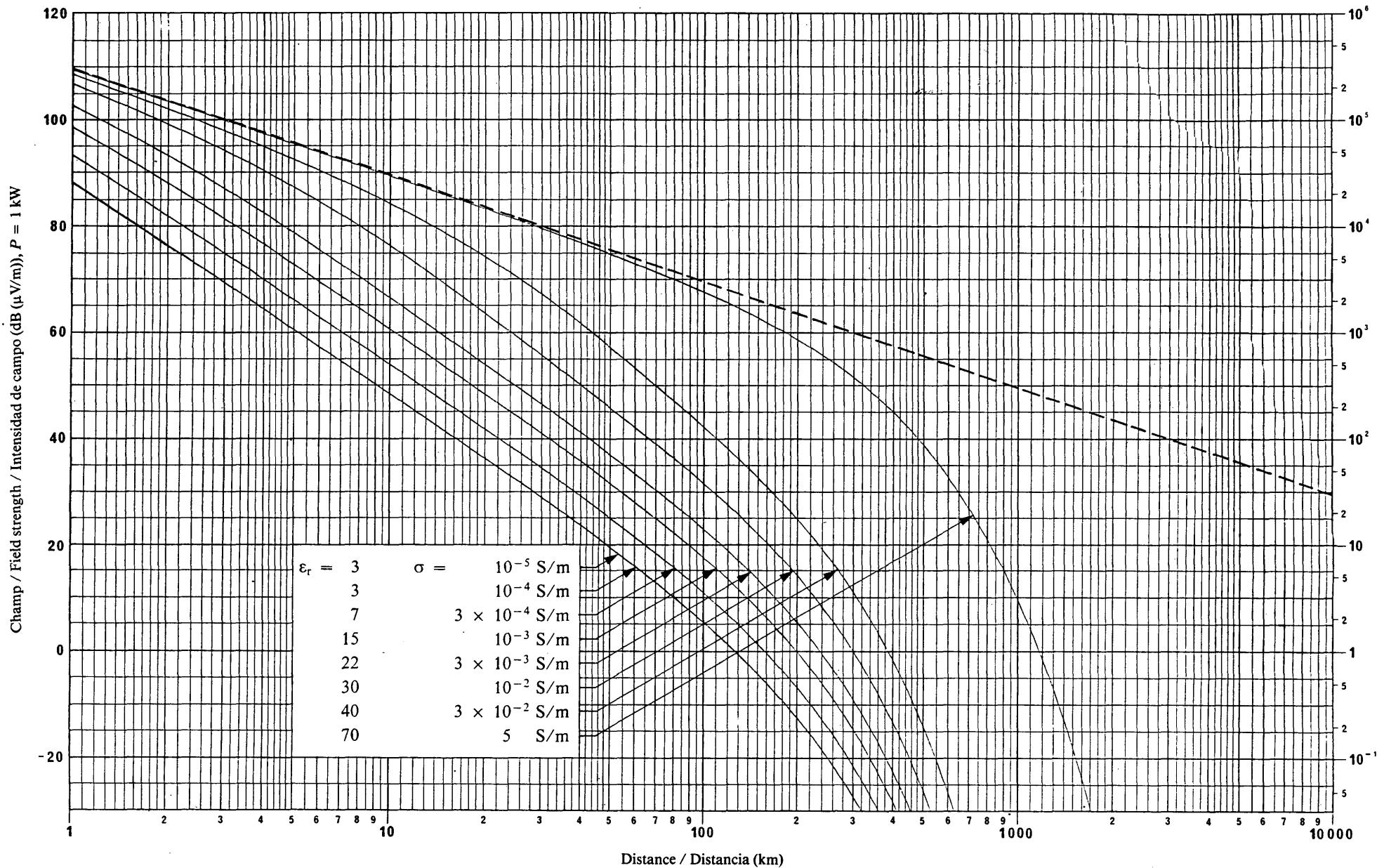


FIG. 35 – Propagation de l’onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 2400 kHz

— Inverse de la distancia / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

Champ / Field strength / Intensidad de campo (dB ( $\mu$ V/m)),  $P = 1 \text{ kW}$

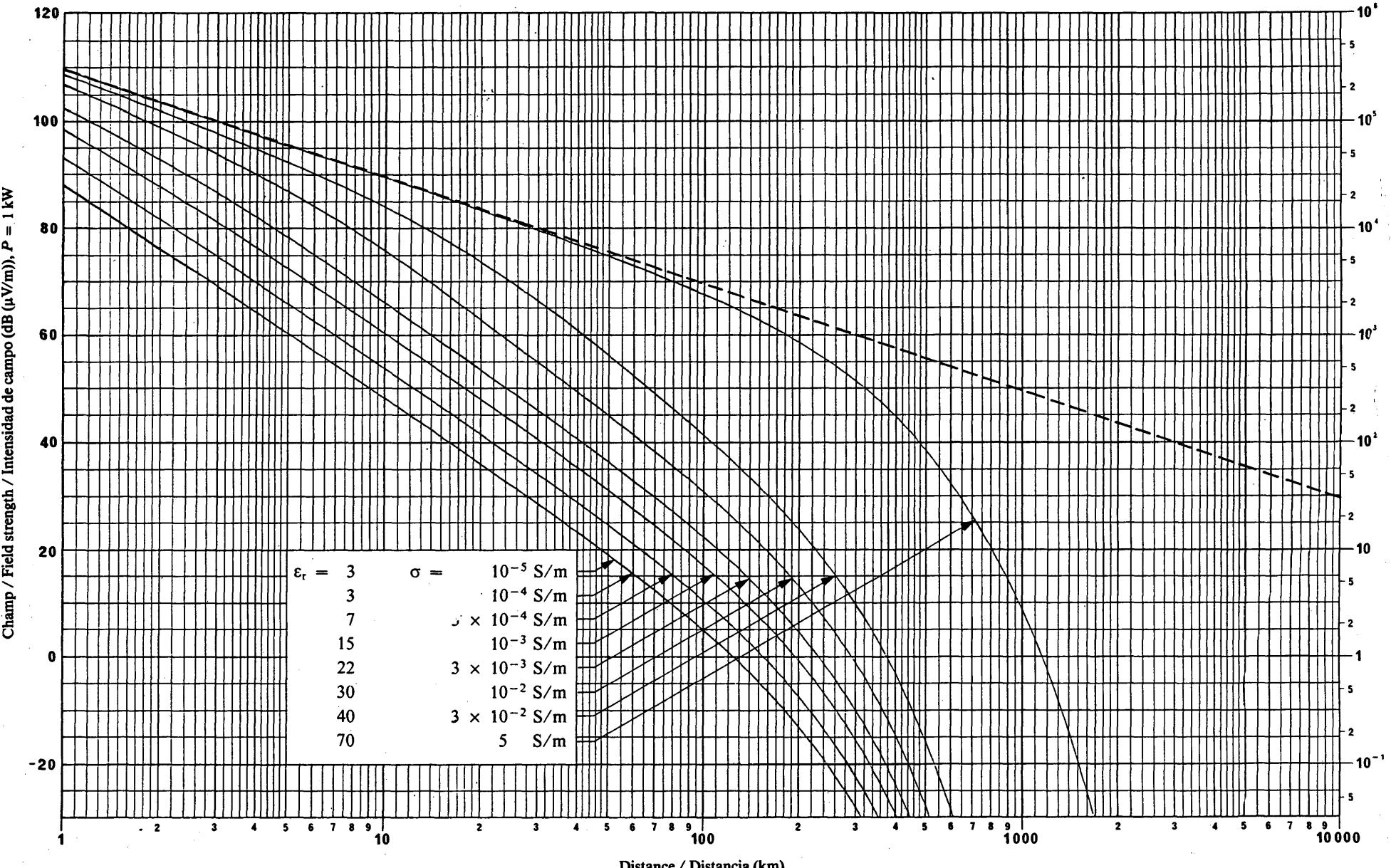
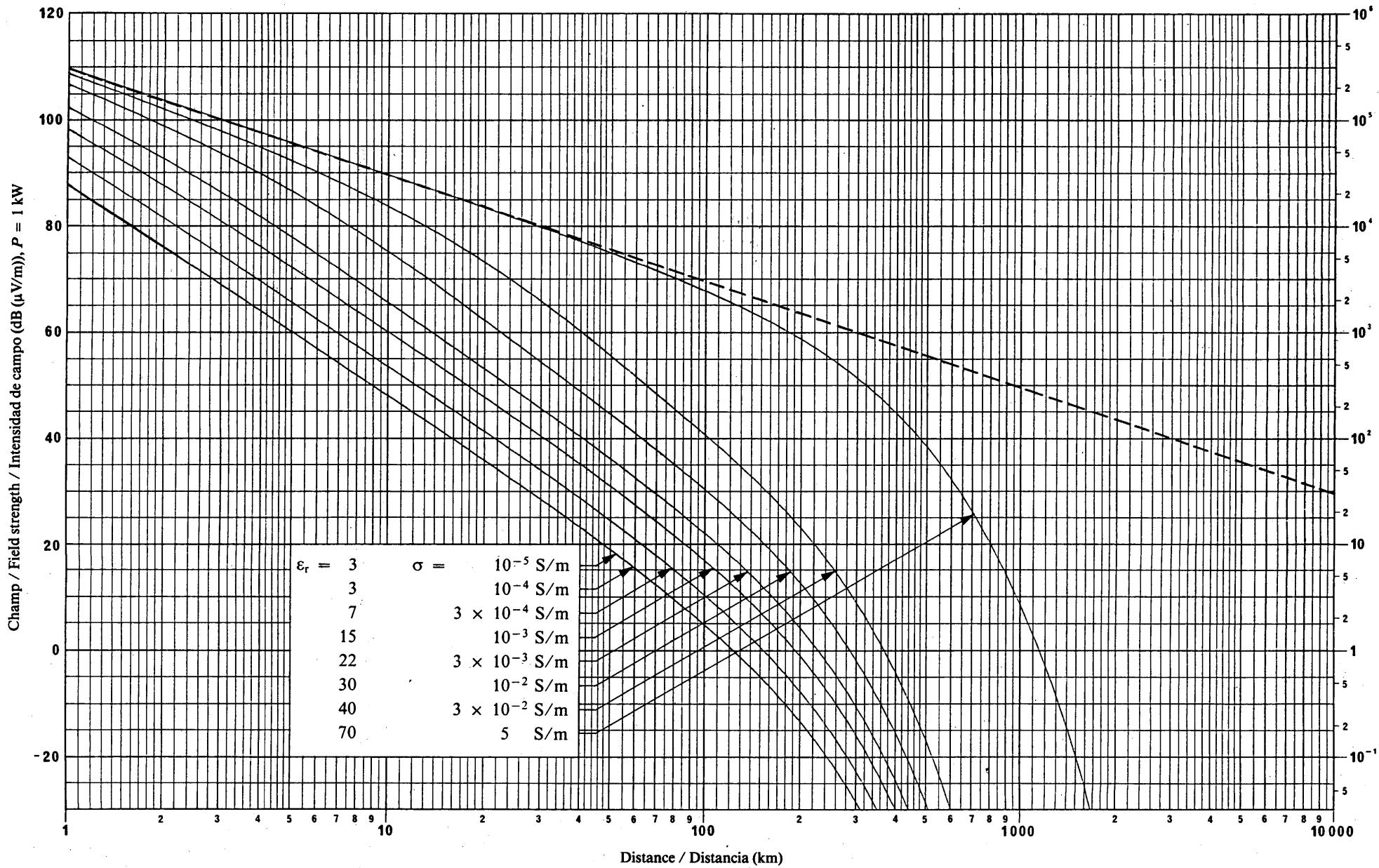


FIG. 36 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 2500 kHz

— — — Inverse de la distance / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

FIG. 37 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

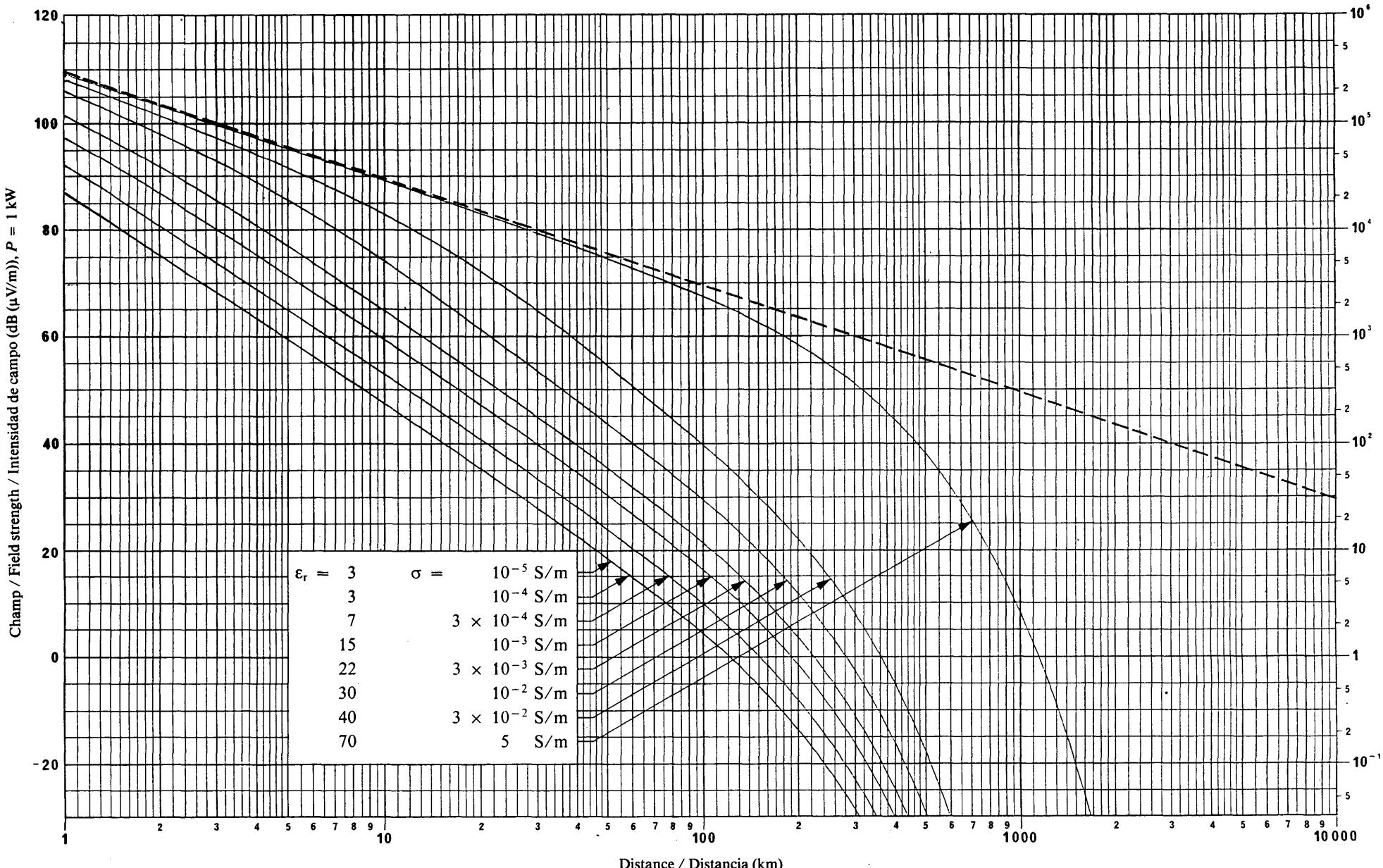


FIG. 38 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 2700 kHz

— Inverse de la distancia / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

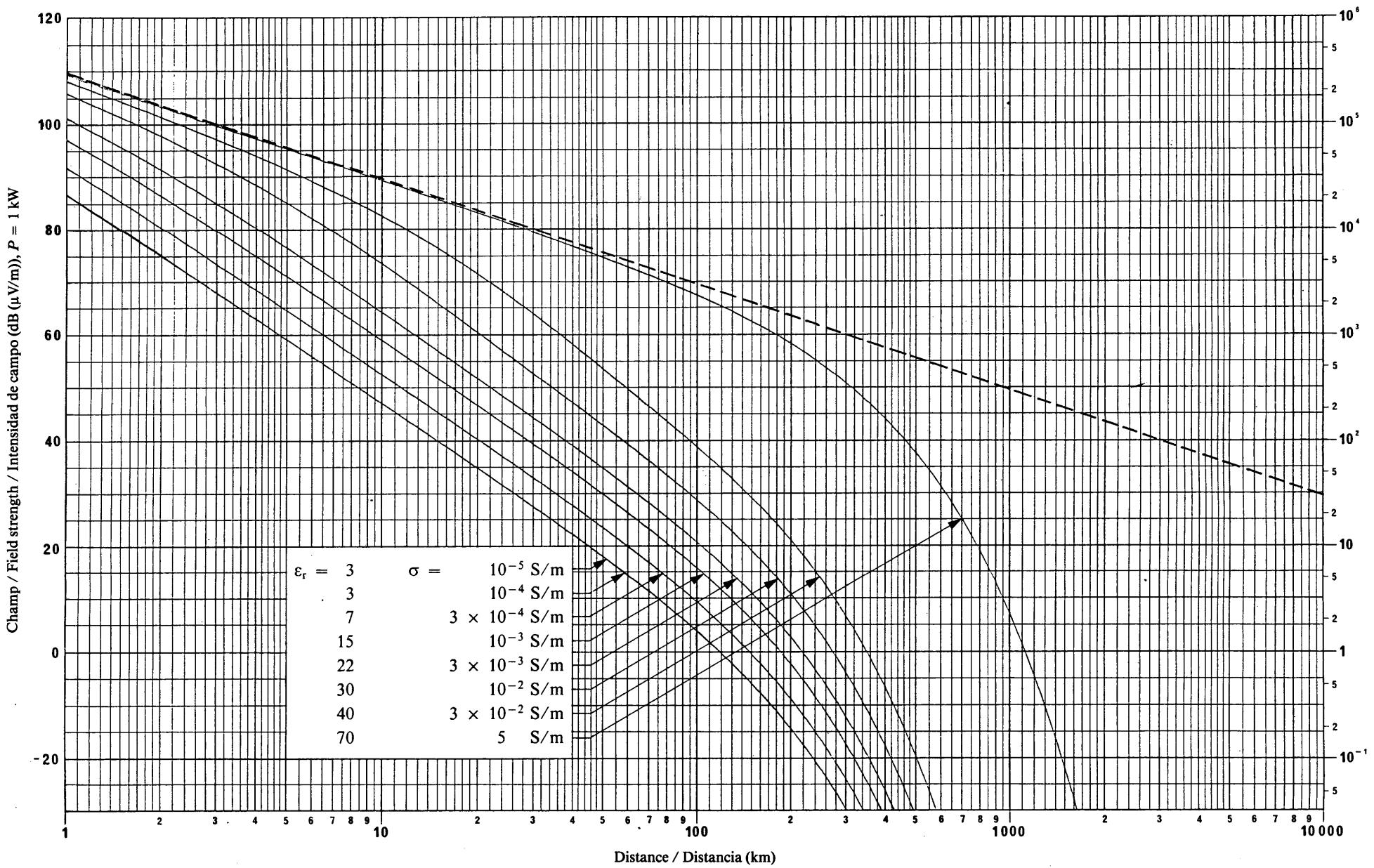
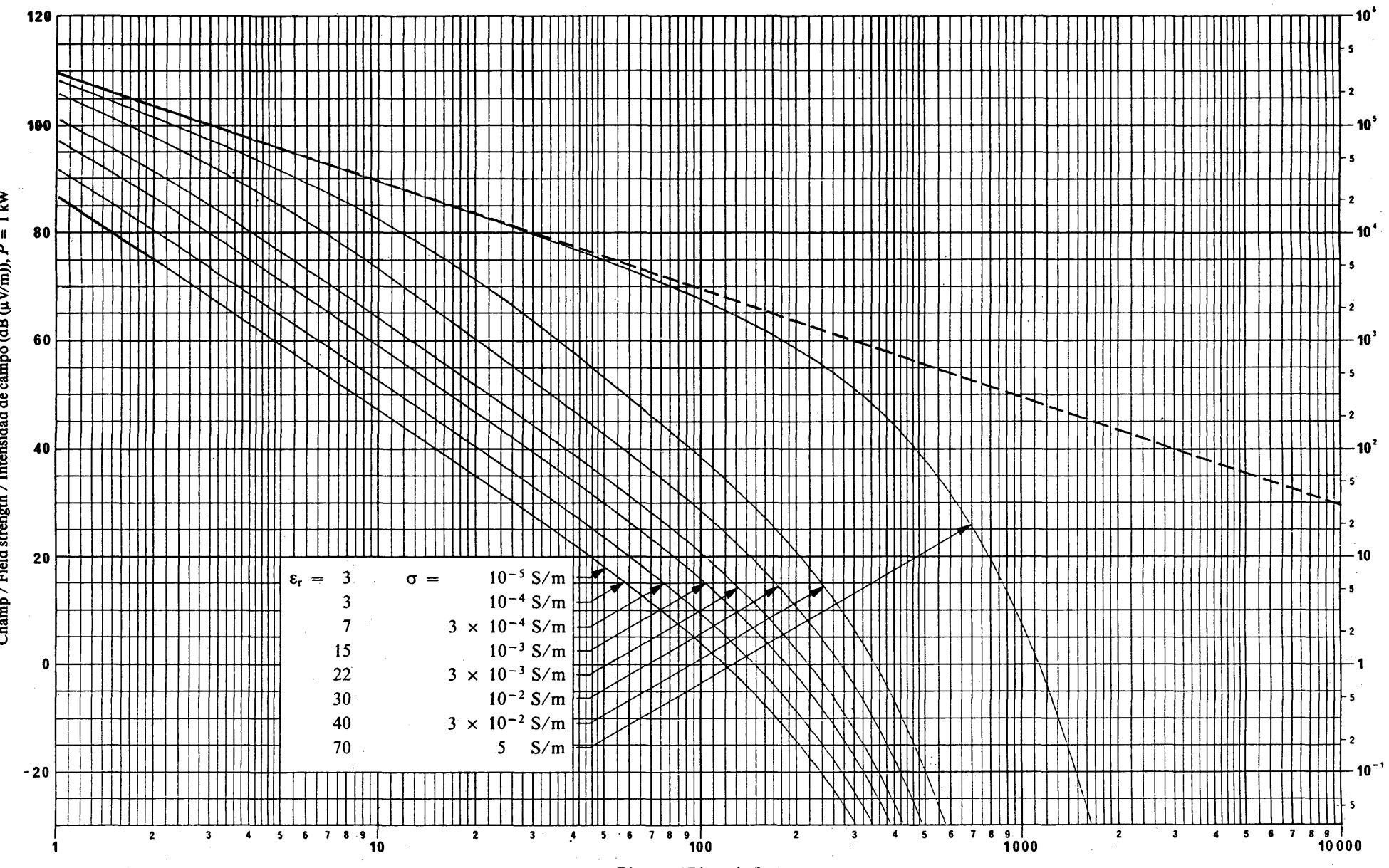


FIG. 39 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

Champ / Field strength / Intensidad de campo ( $\mu\text{V/m}$ )FIG. 40 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$ 

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 2900 kHz

— — — Inverse de la distance / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

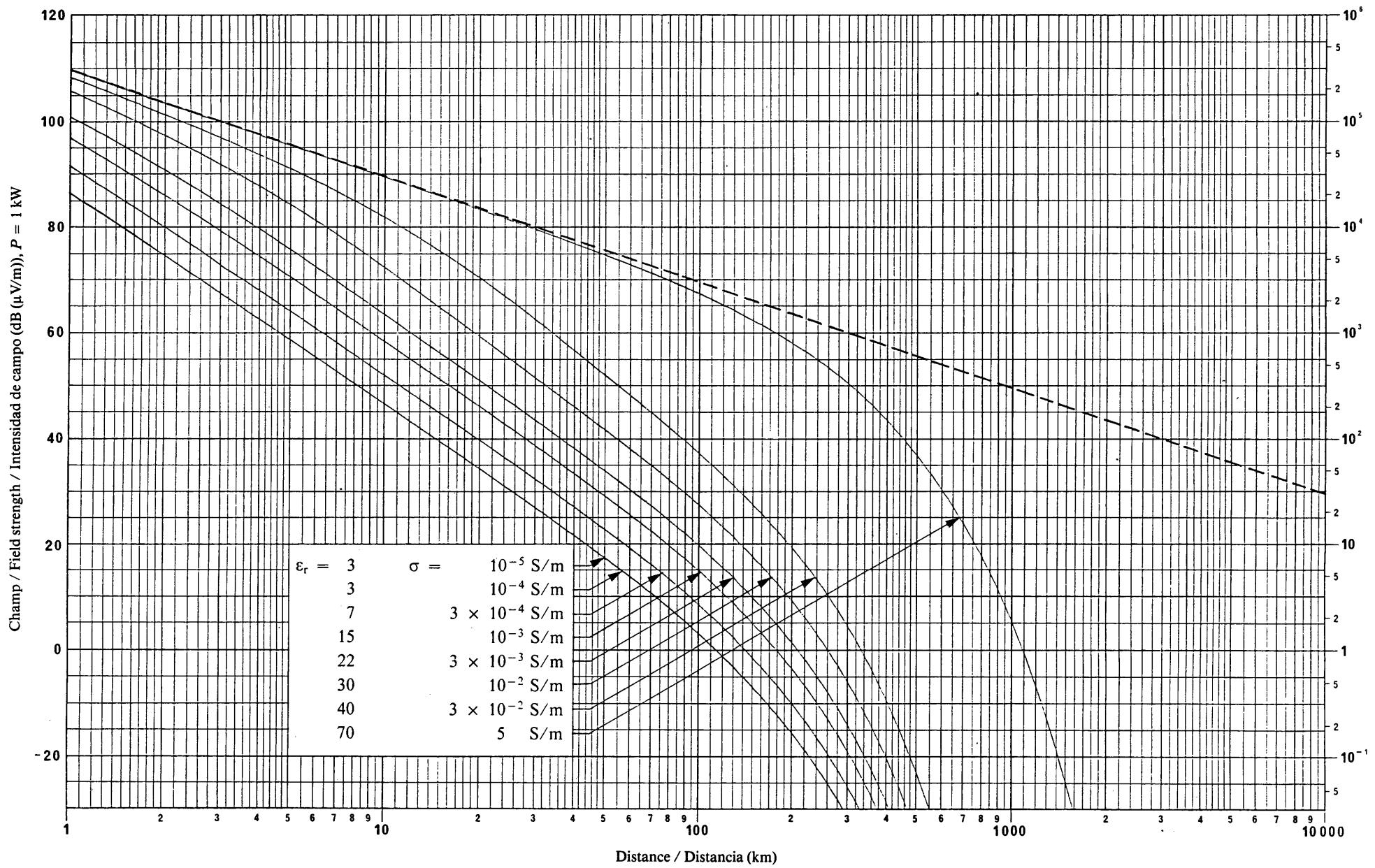


FIG. 41 – Propagation de l'onde de sol pour différentes valeurs de  $\sigma$  et  $\epsilon_r$  / Ground-wave propagation for different values of  $\sigma$  and  $\epsilon_r$  / Propagación de la onda de superficie para distintos valores de  $\sigma$  y  $\epsilon_r$

Fréquence / Frequency / Frecuencia: 3000 kHz

— Inverse de la distance / Inverse distance curve / Inversa de la distancia

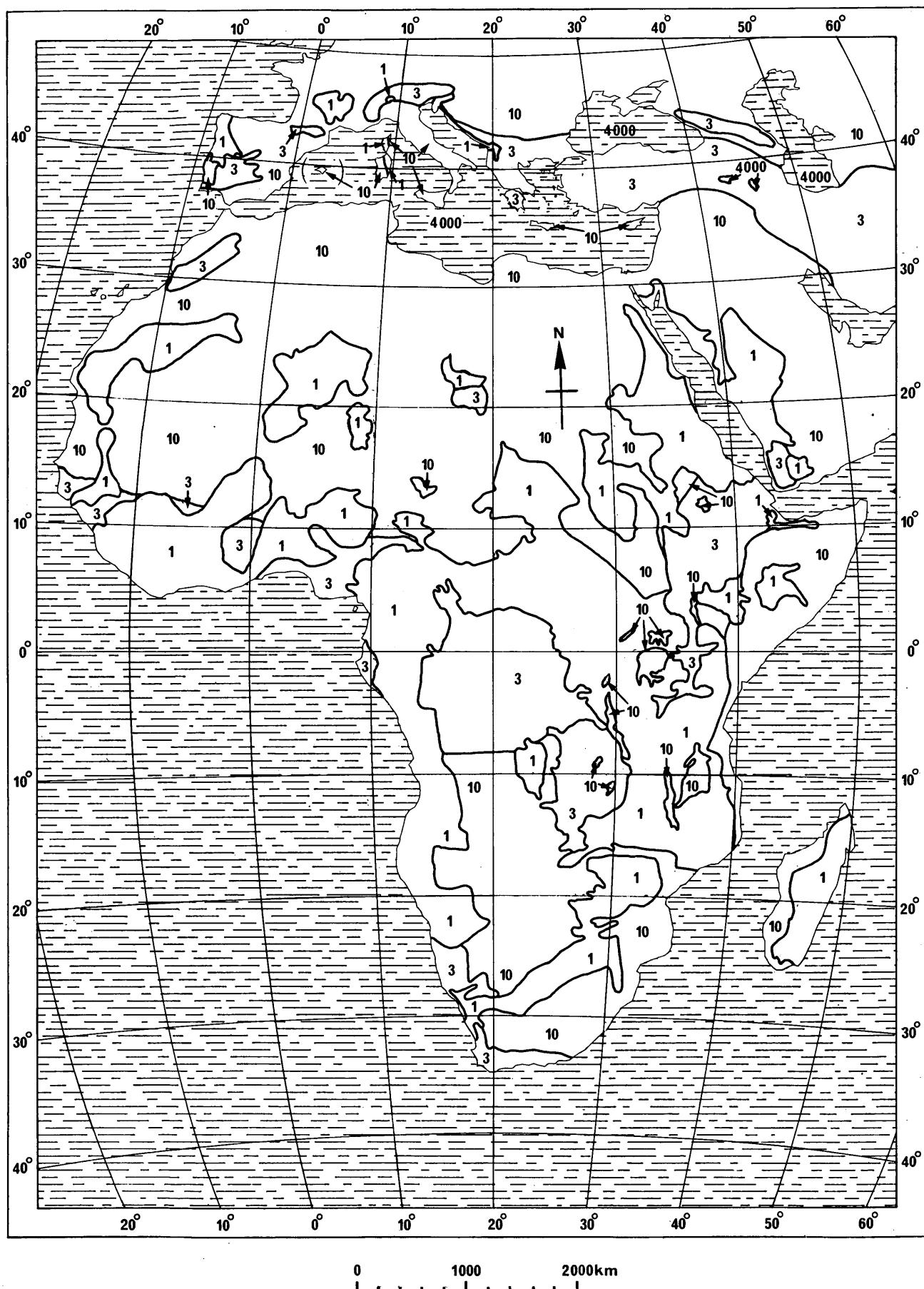


FIGURE 42 / FIGURA 42 – Afrique / Africa / África

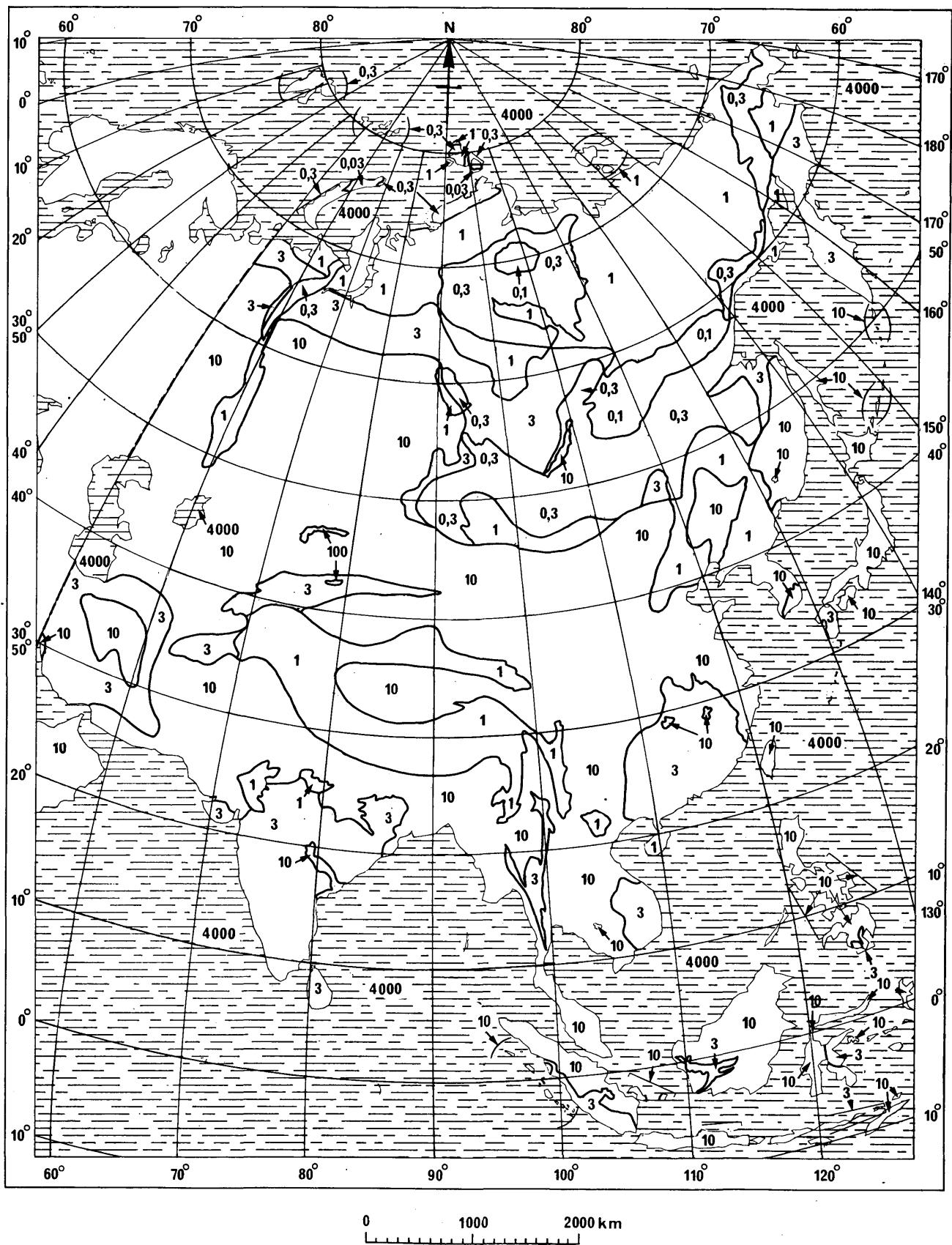


FIGURE 43 / FIGURA 43 – Asie / Asia

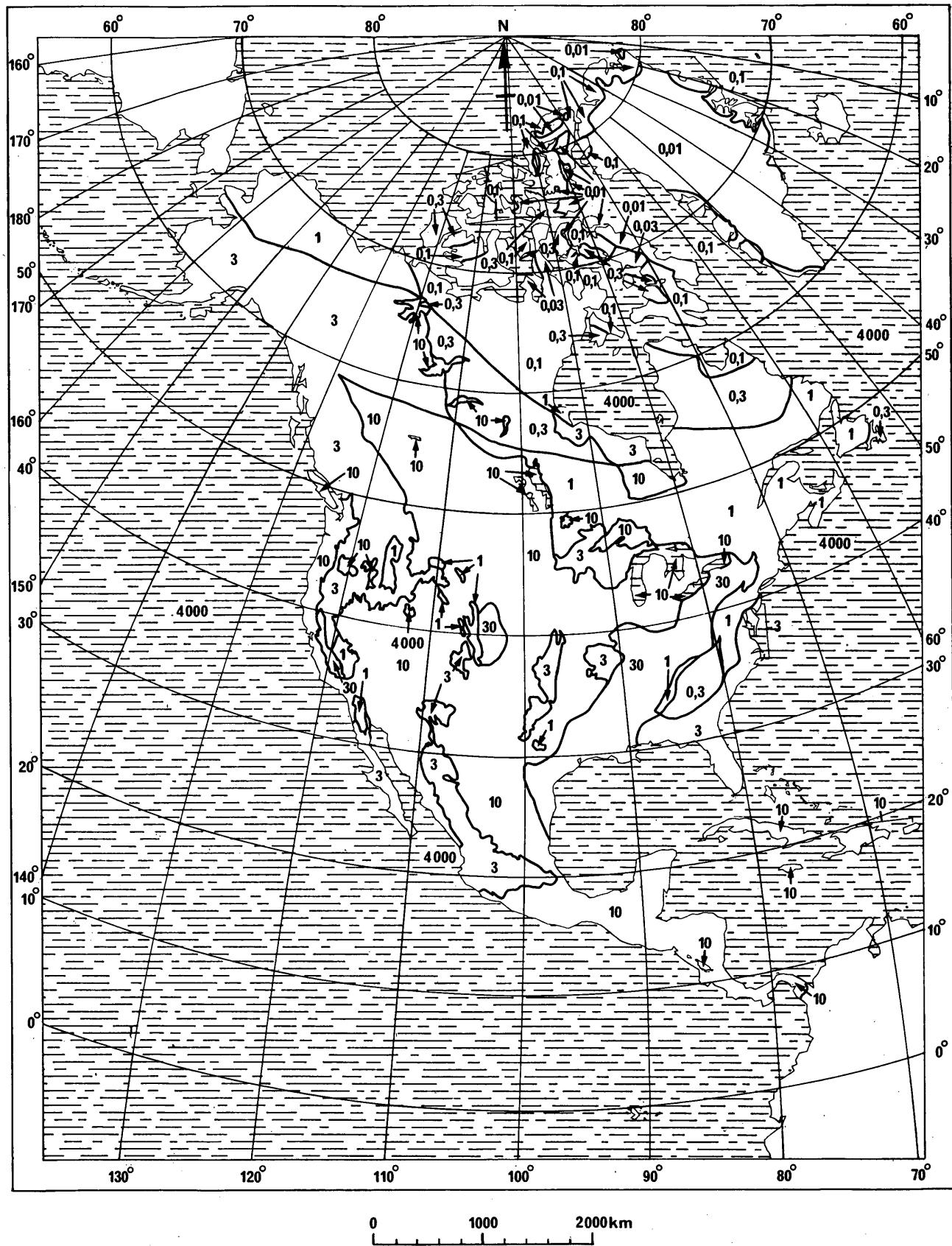


FIGURE 44 / FIGURA 44 – Amérique du Nord / North America / América del Norte

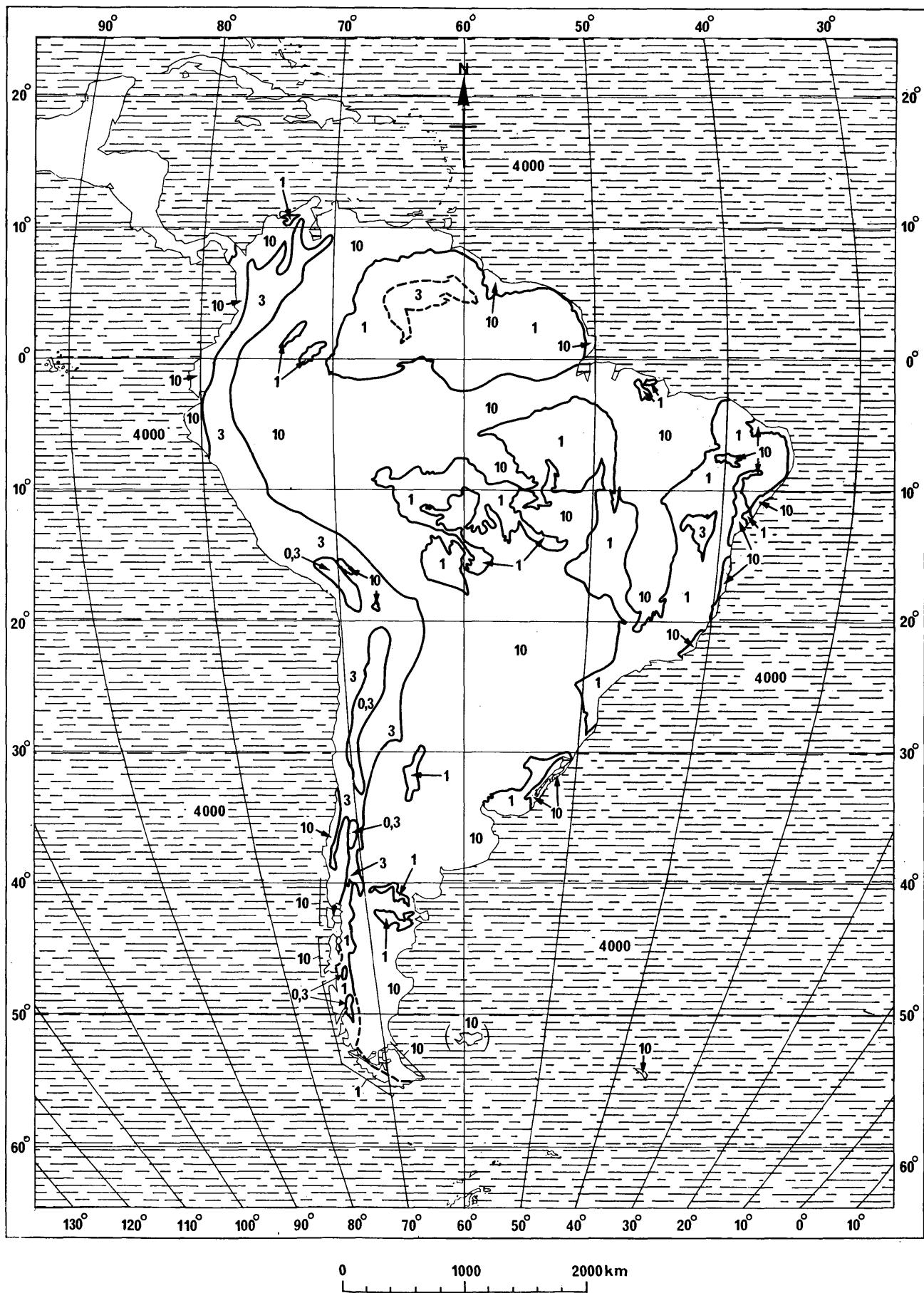


FIGURE 45 / FIGURA 45 – Amérique du Sud / South America / América del Sur

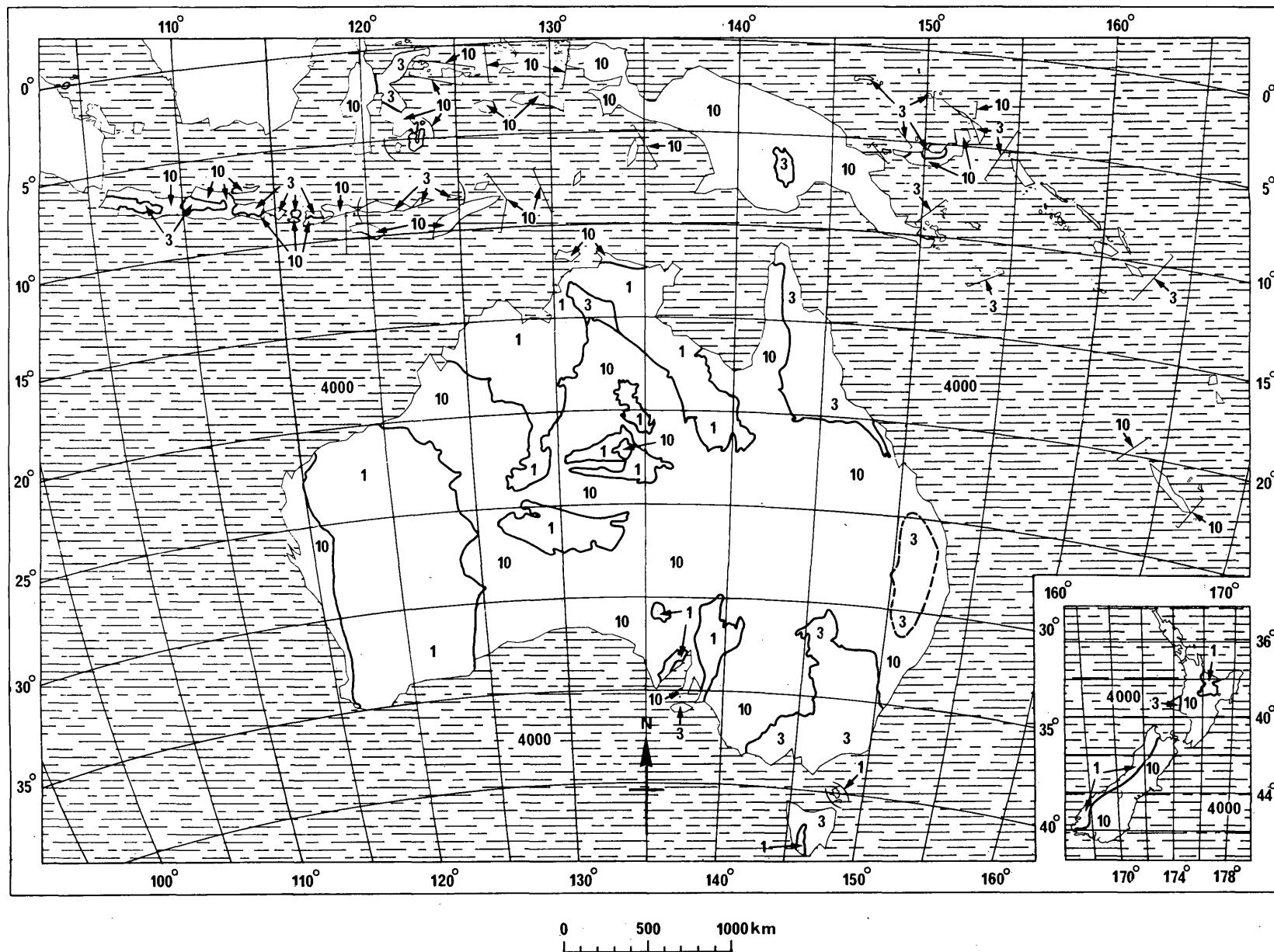


FIGURE 46 / FIGURA 46 – Australie / Australia

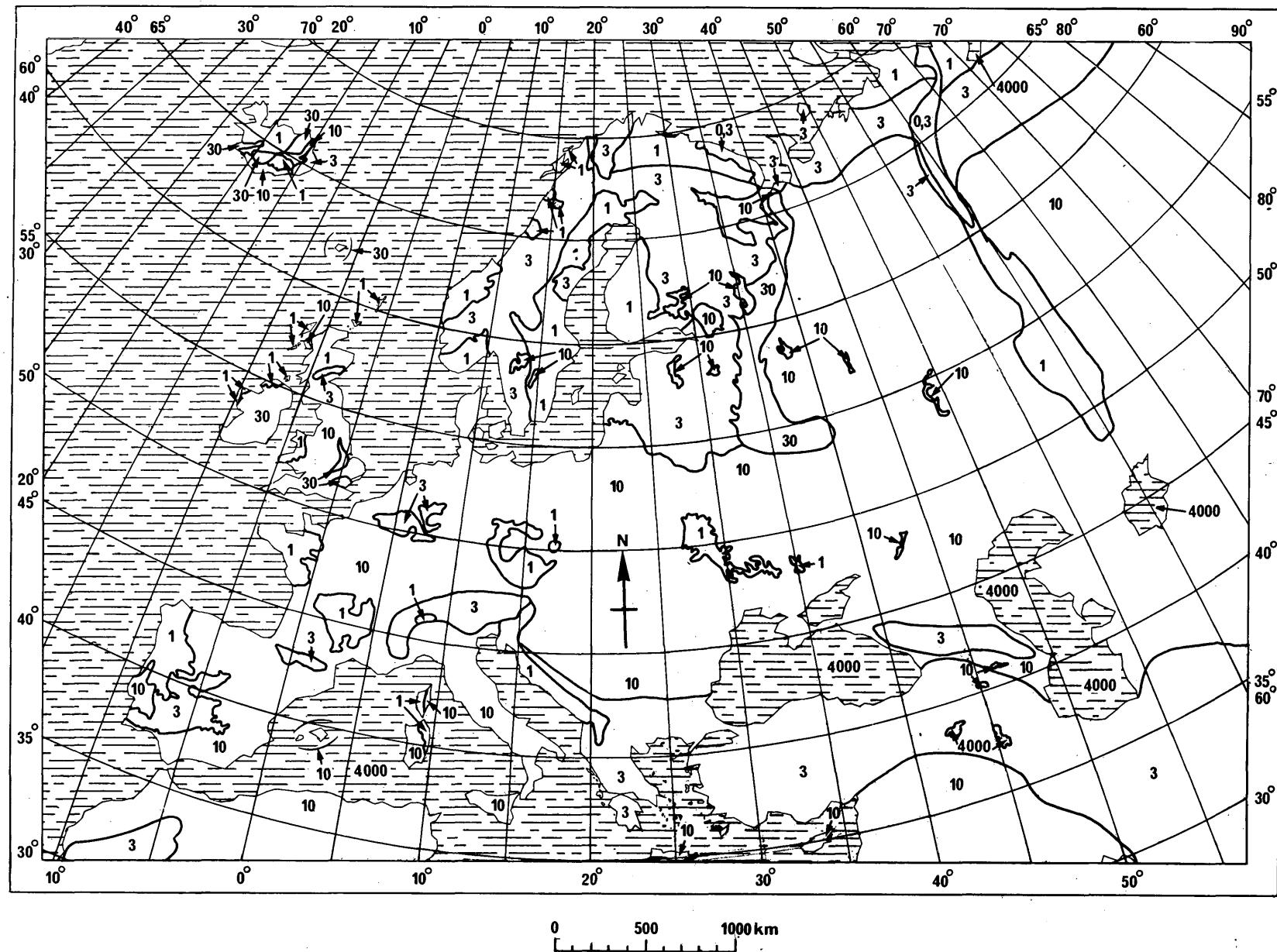


FIGURE 47 / FIGURA 47 – Europe / Europa

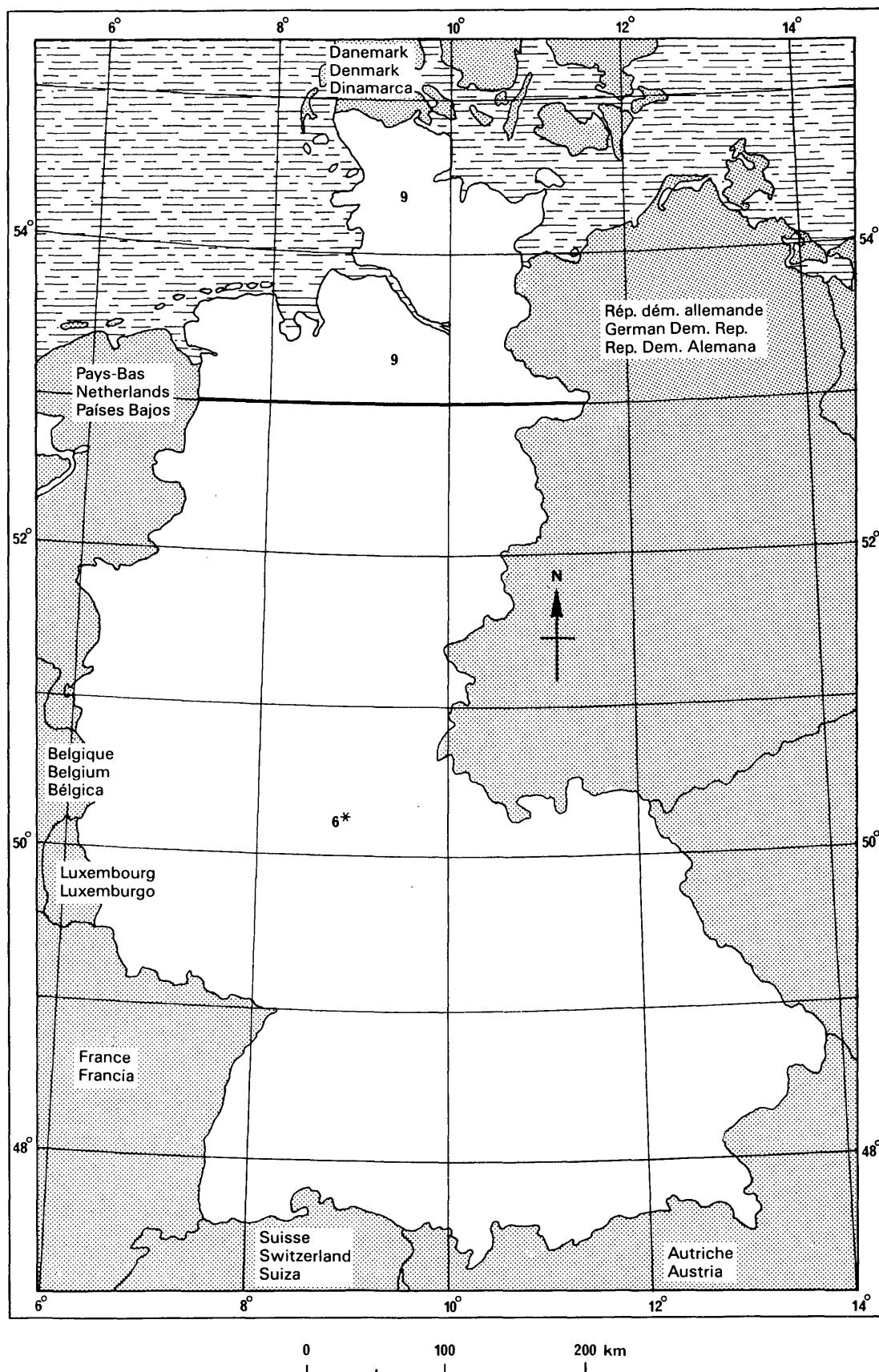


FIGURE 48 / FIGURA 48 – Allemagne (République fédérale d') / Germany (Federal Republic of) / Alemania (República Federal de)

\* Dans les régions particulièrement montagneuses, bien au-dessous de 1 mS/m. / In particularly mountainous regions, well below 1 mS/m. / En regiones particularmente montañosas, bastante inferiores a 1 mS/m.

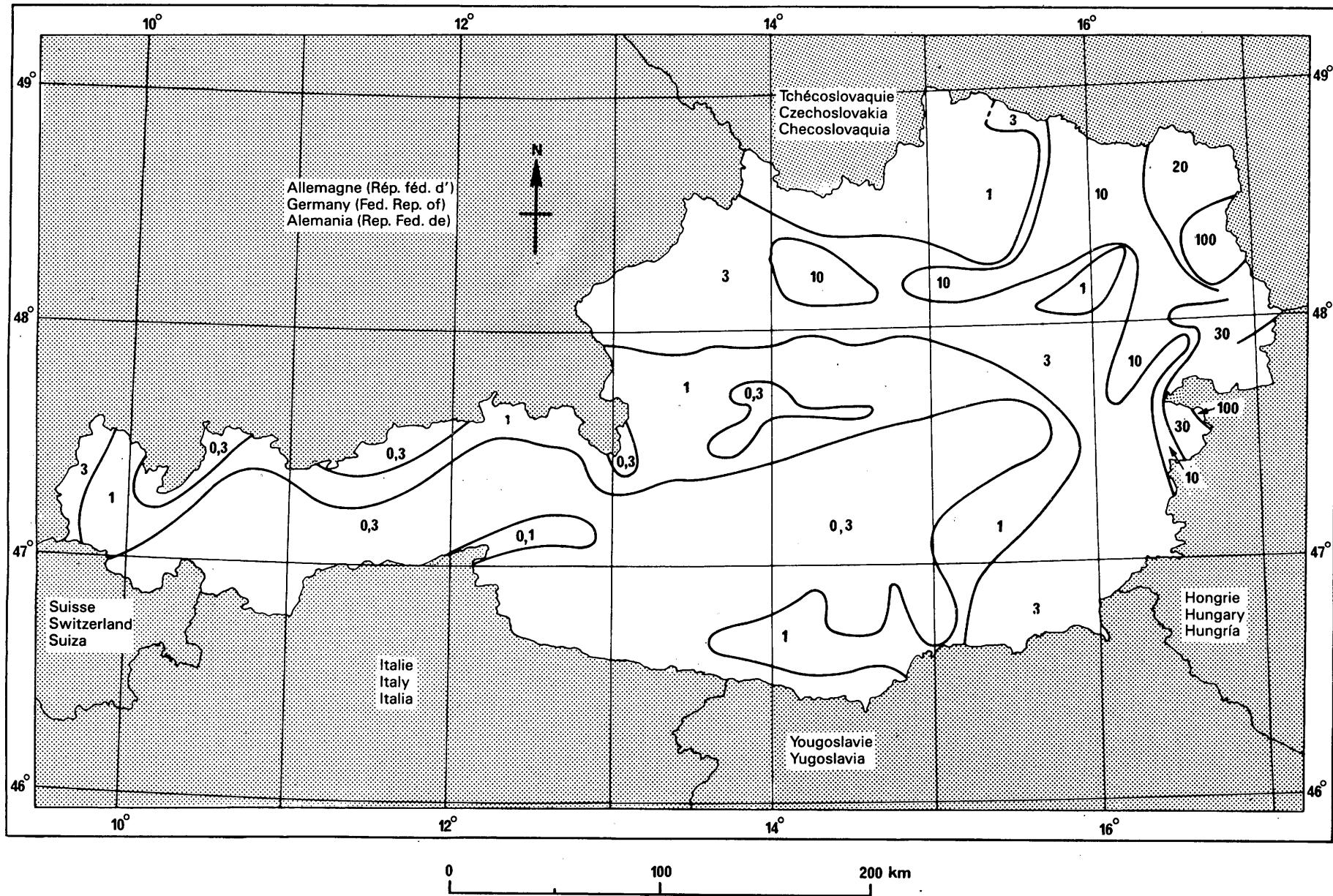


FIGURE 49 / FIGURA 49 – Autriche / Austria

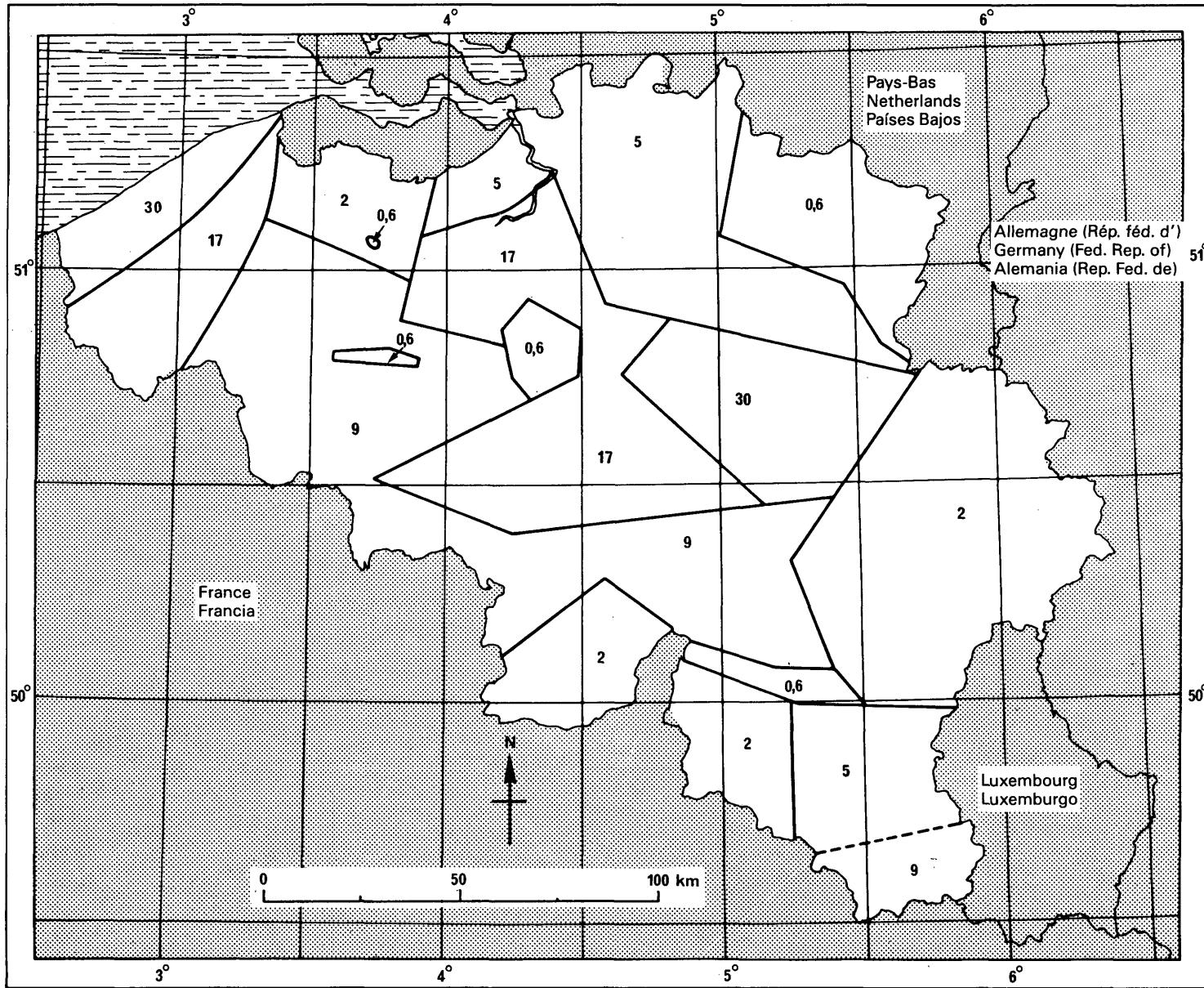


FIGURE 50 / FIGURA 50 – Belgique / Belgium / Bélgica

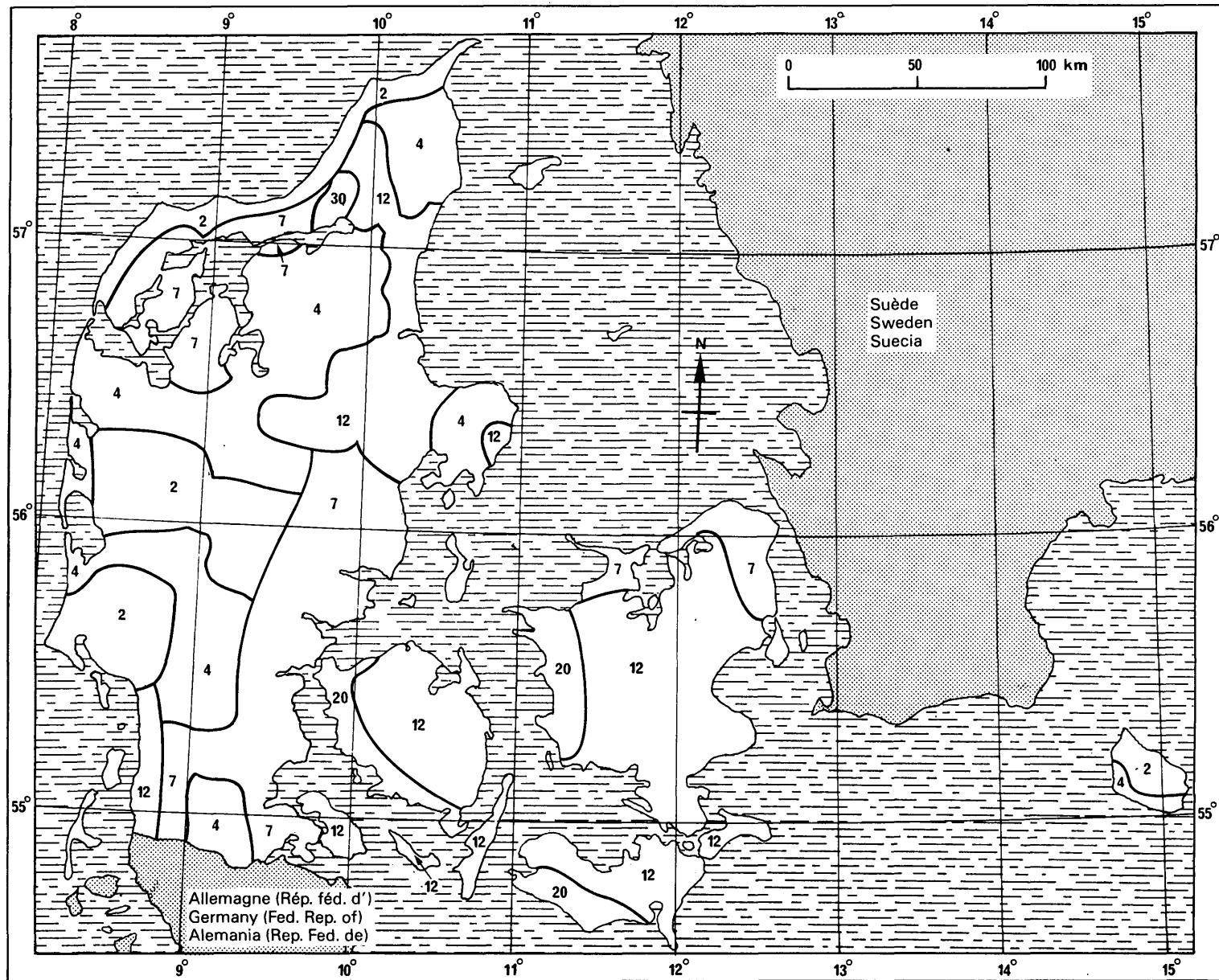


FIGURE 51 / FIGURA 51 – Danemark / Denmark / Dinamarca

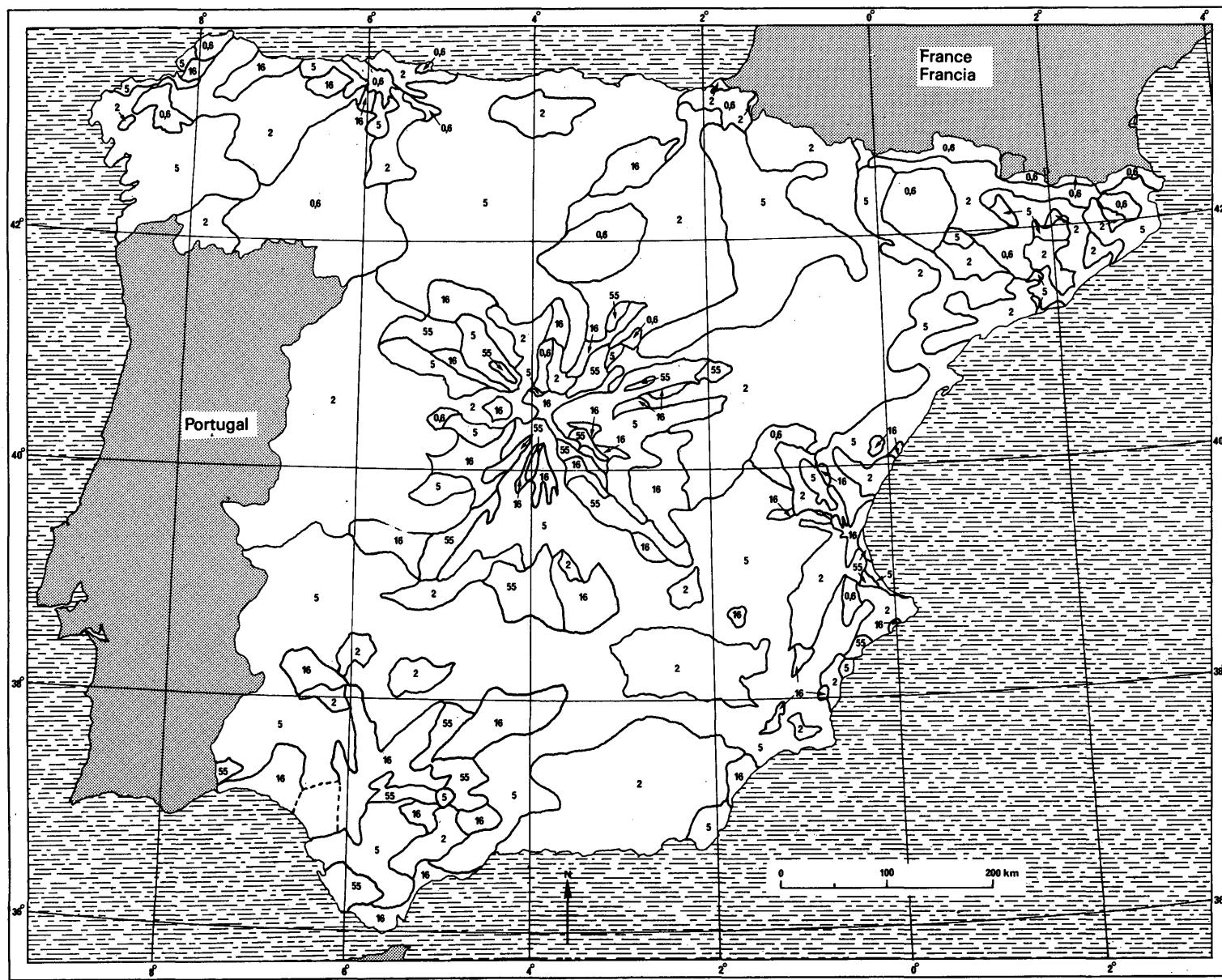


FIGURE 52 / FIGURA 52 – Espagne / Spain / España

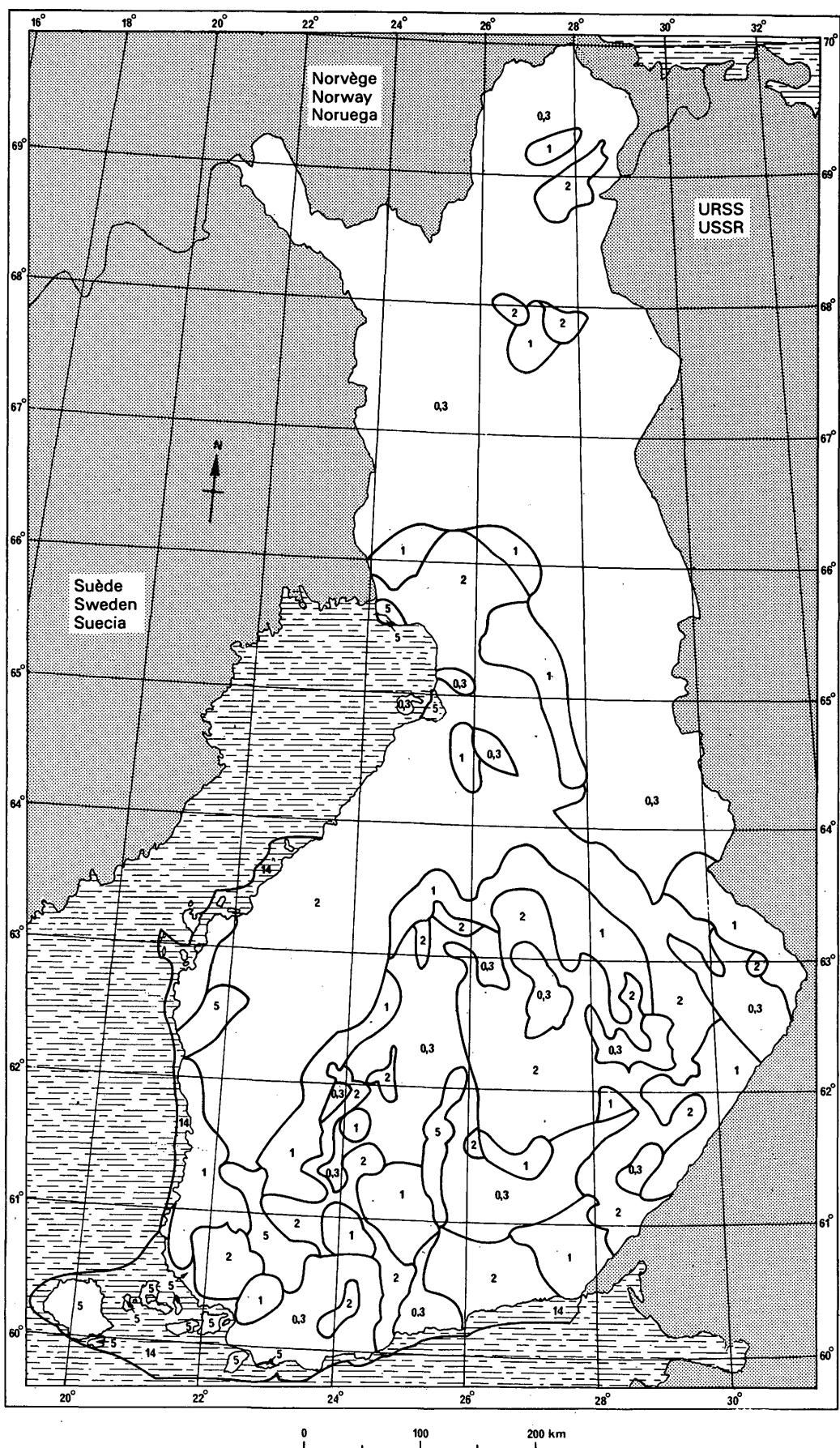


FIGURE 53 / FIGURA 53 – Finlands / Finland / Finlandia

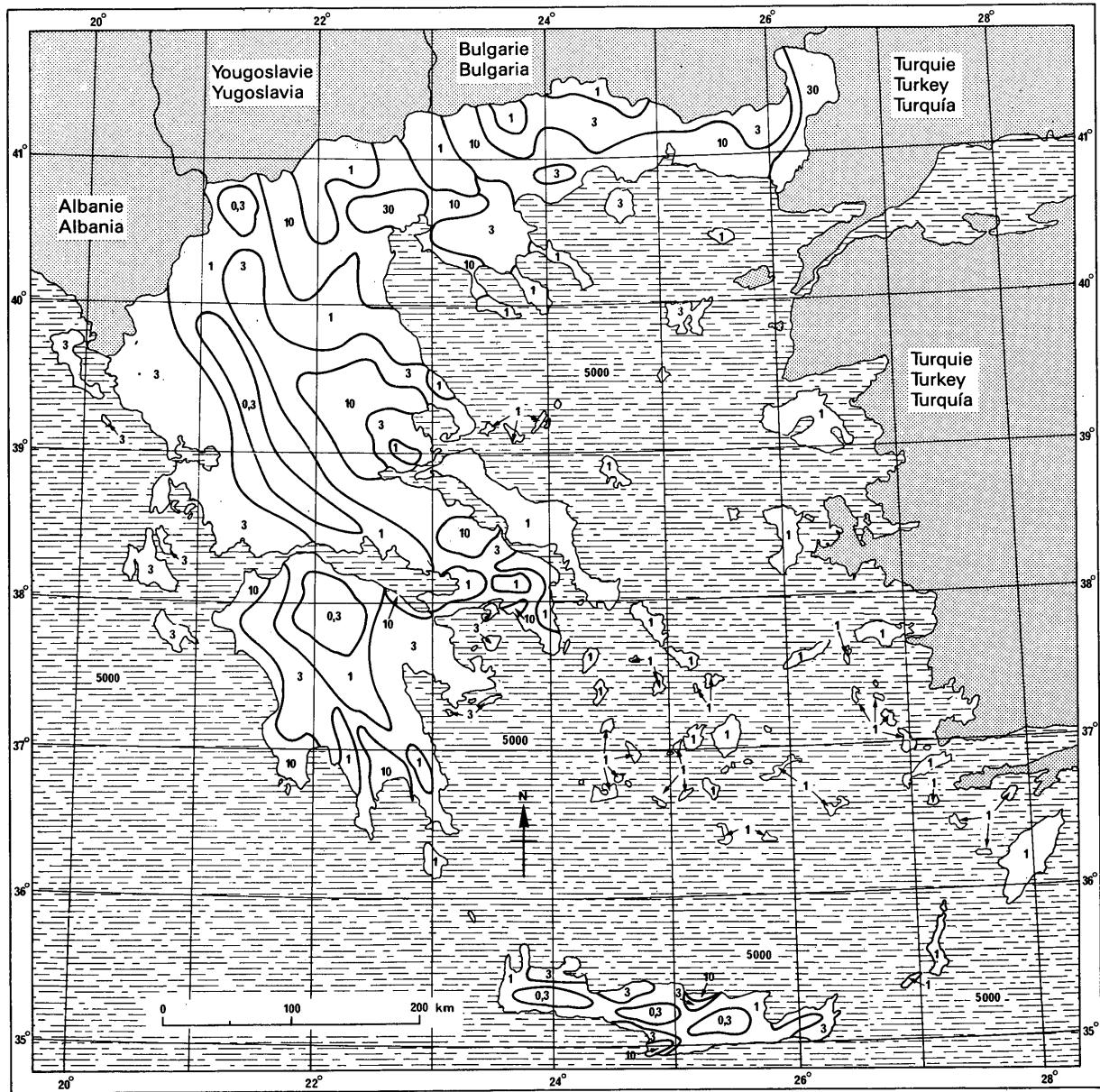


FIGURE 54 / FIGURA 54 – Grèce / Greece / Grecia

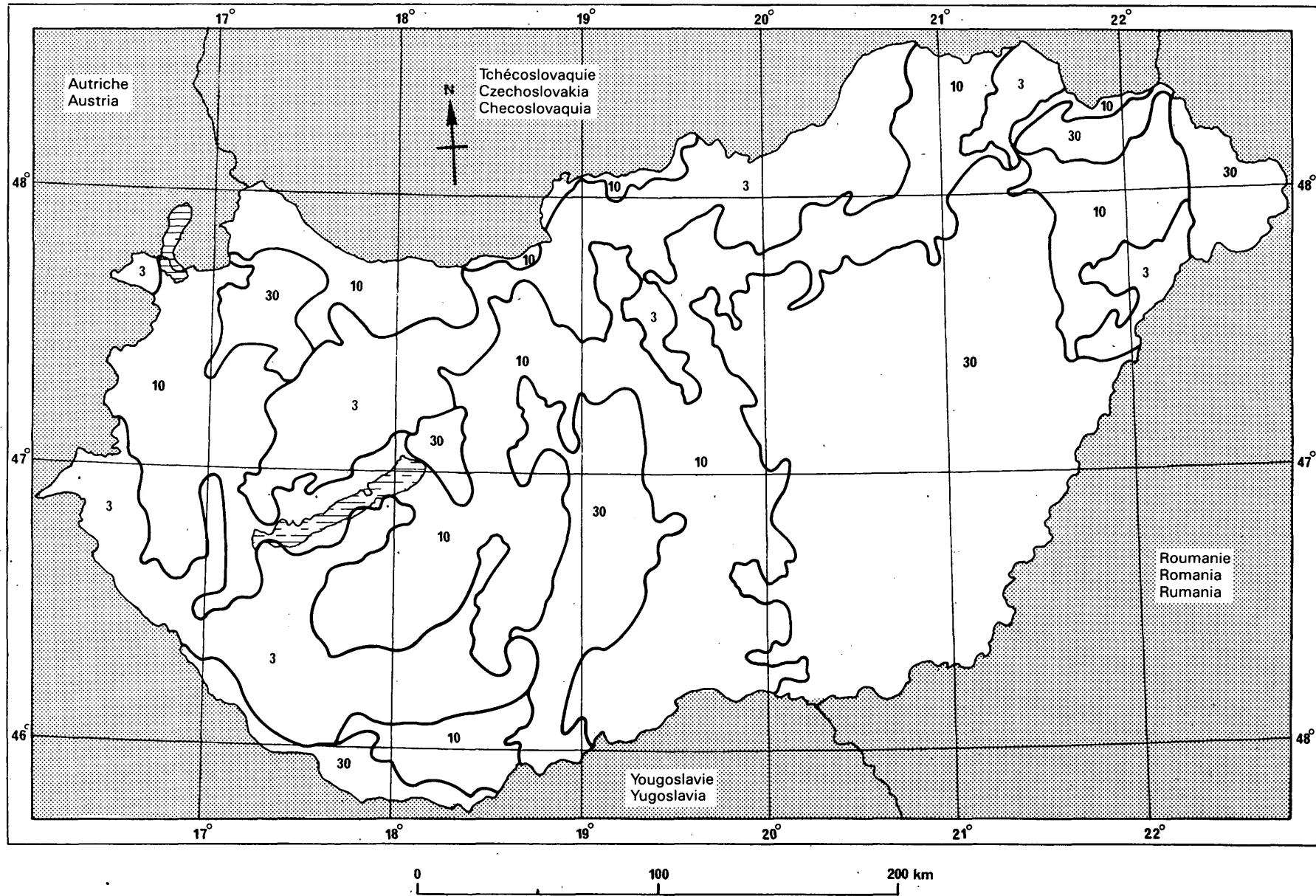


FIGURE 55 / FIGURA 55 – Hongroise (République populaire) / Hungarian People's Republic / Húngara (República Popular)

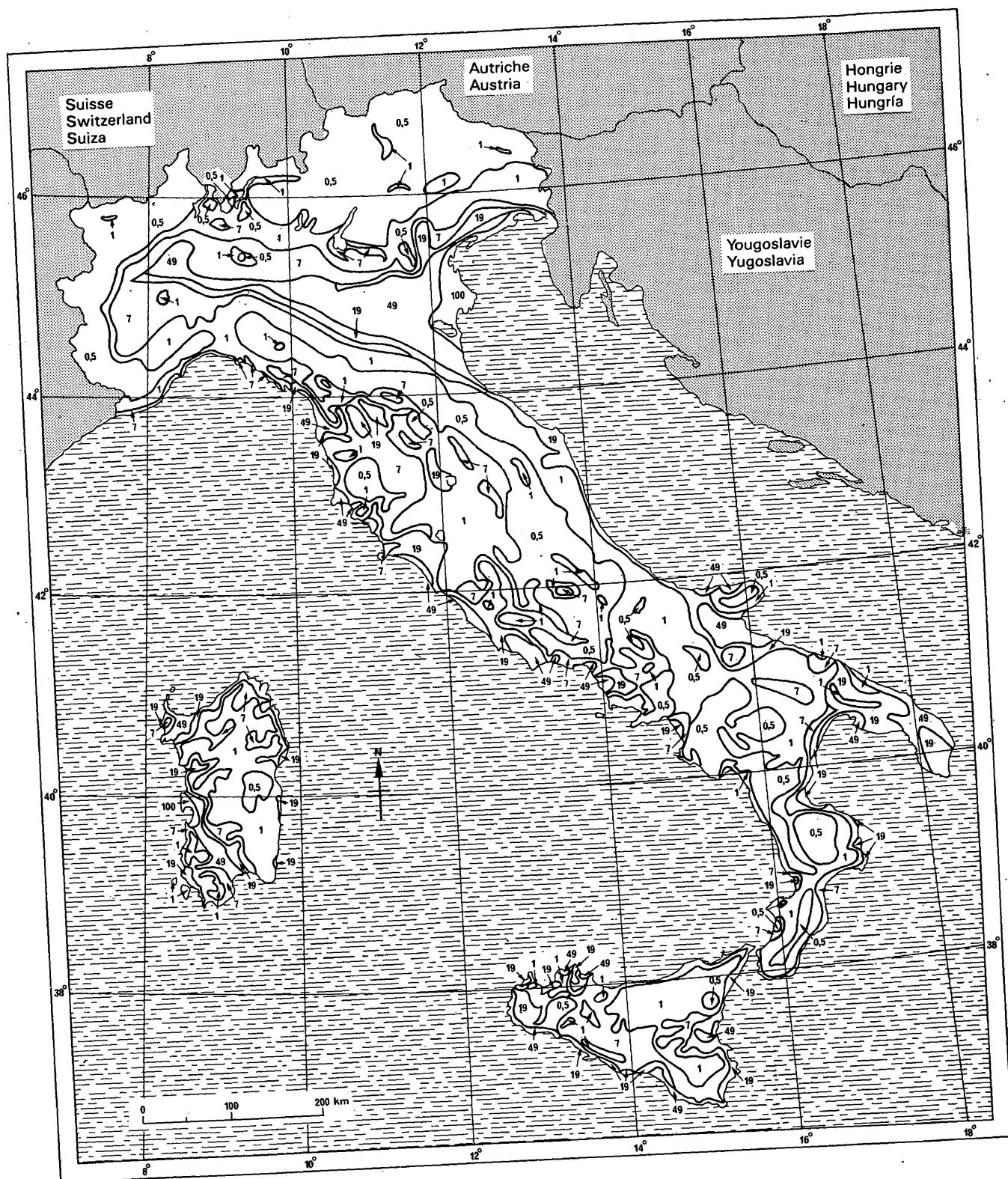


FIGURE 56 / FIGURA 56 – Italie / Italy / Italia

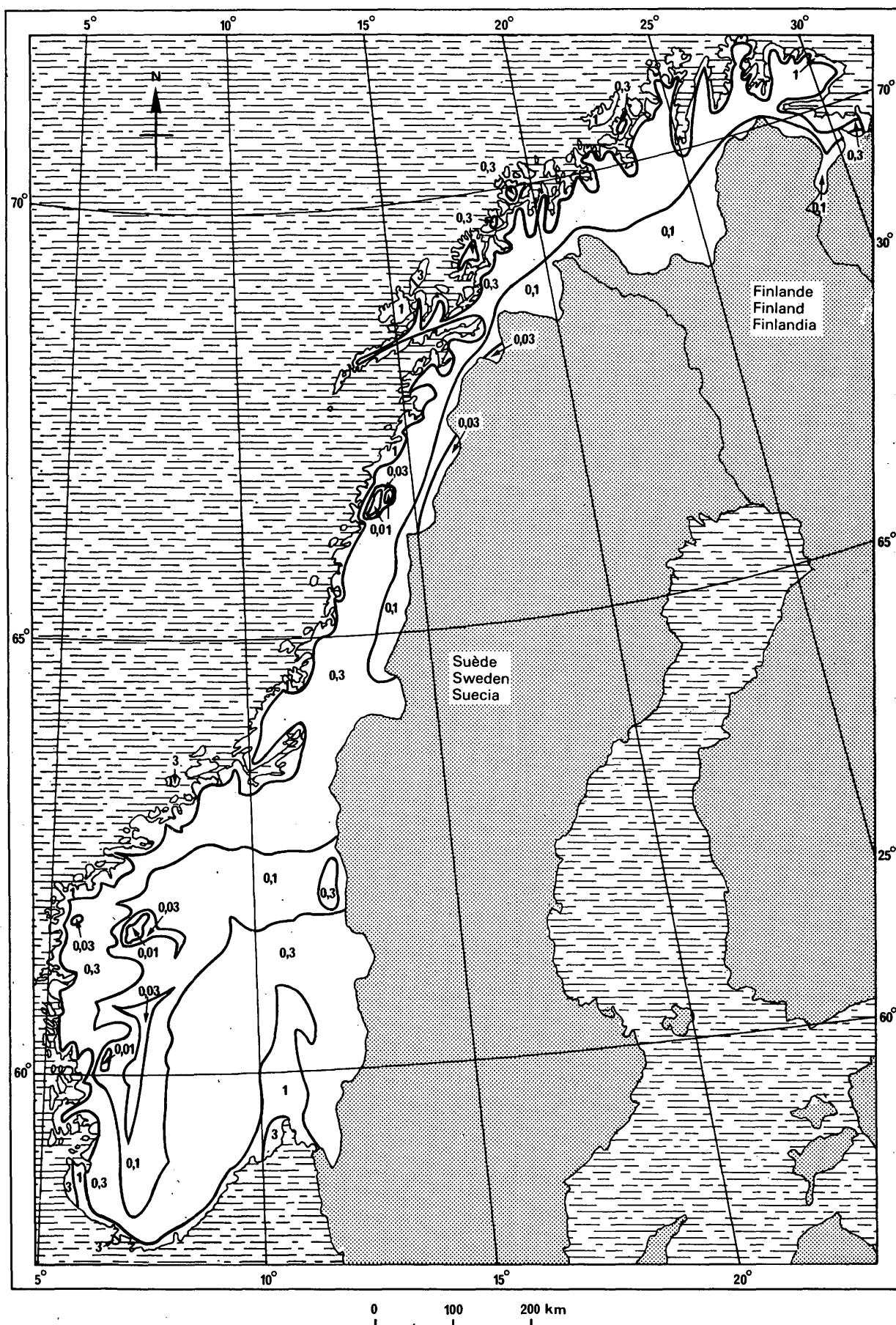


FIGURE 57 / FIGURA 57 – Norvège / Norway / Noruega

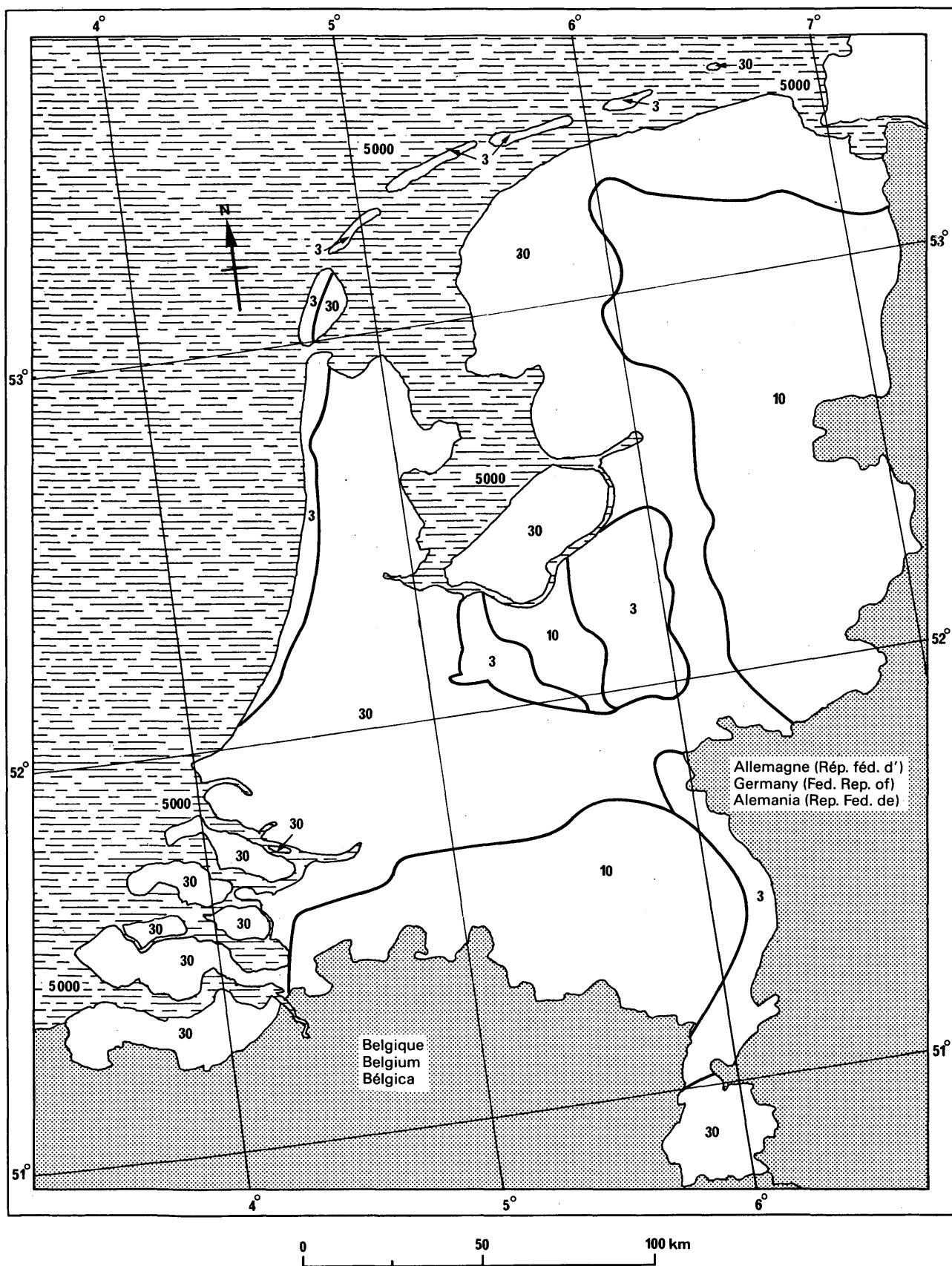


FIGURE 58 / FIGURA 58 – Pays-Bas (Royaume des) / Netherlands (Kingdom of the) / Países Bajos (Reino de los)

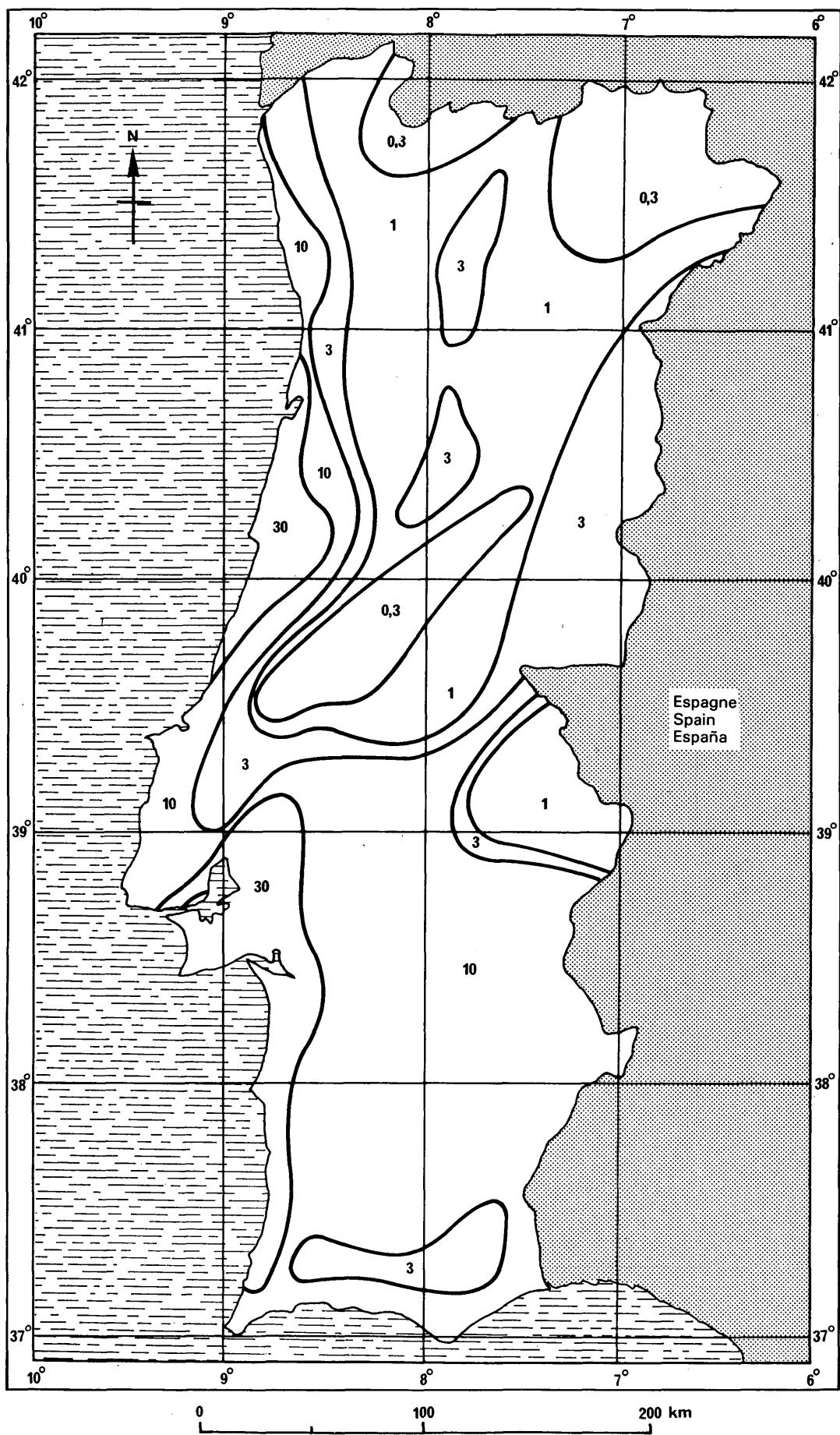


FIGURE 59 / FIGURA 59 – Portugal

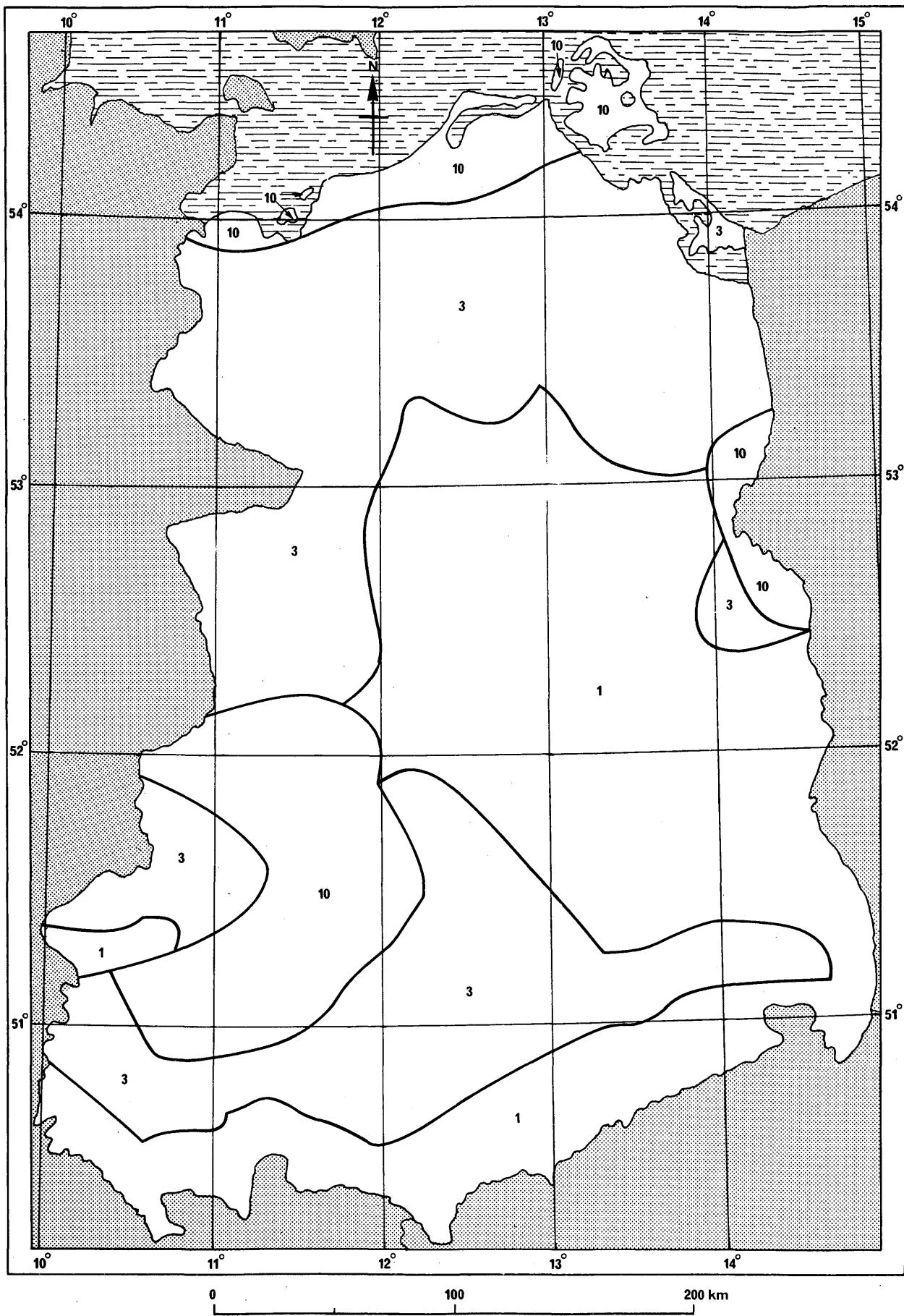


FIGURE 60 / FIGURA 60 – République démocratique allemande / German Democratic Republic / República Democrática Alemana

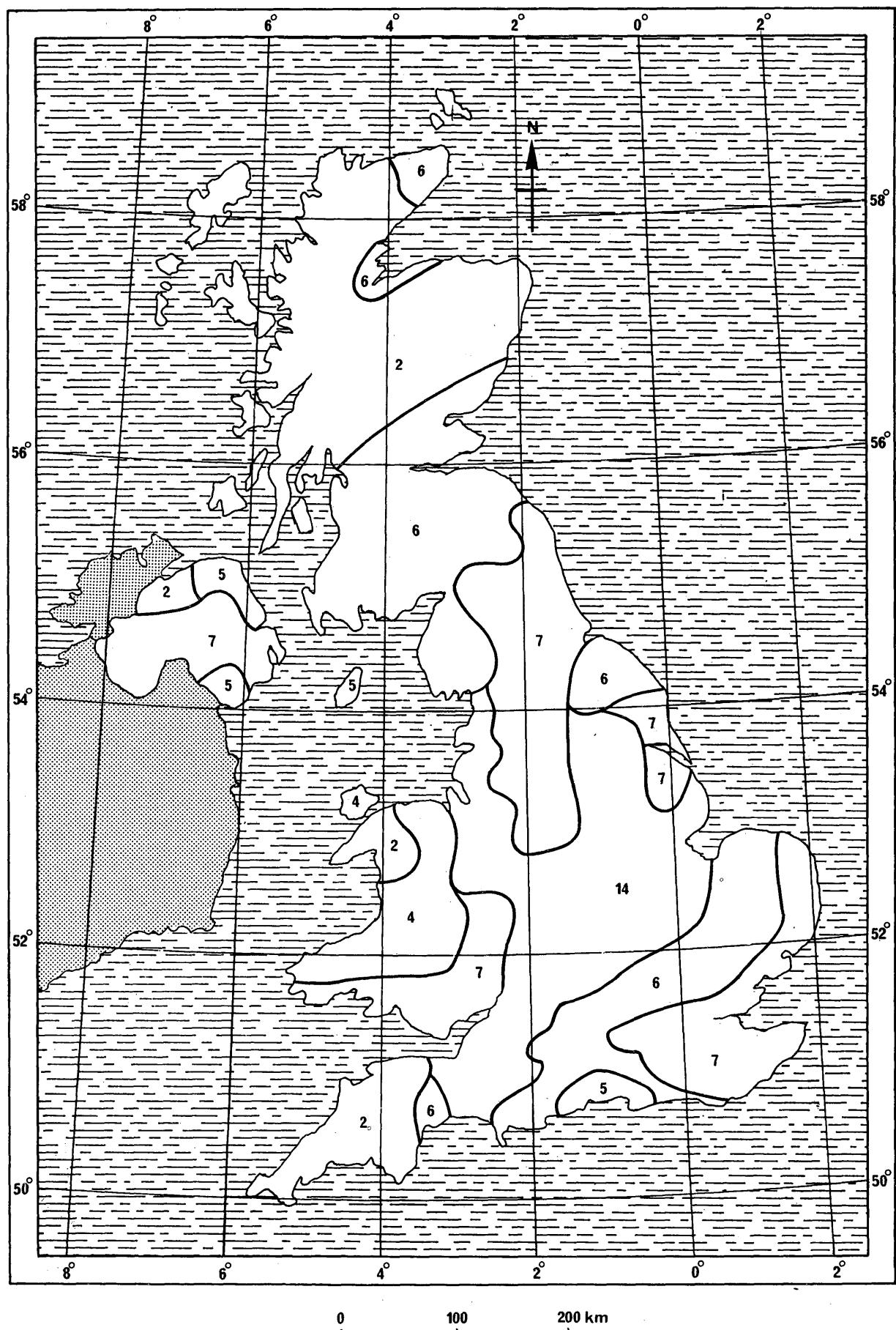


FIGURE 61 / FIGURA 61 – Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord /  
United Kingdom of Great Britain and Northern Ireland / Reino Unido de Gran Bretaña e Irlanda del Norte

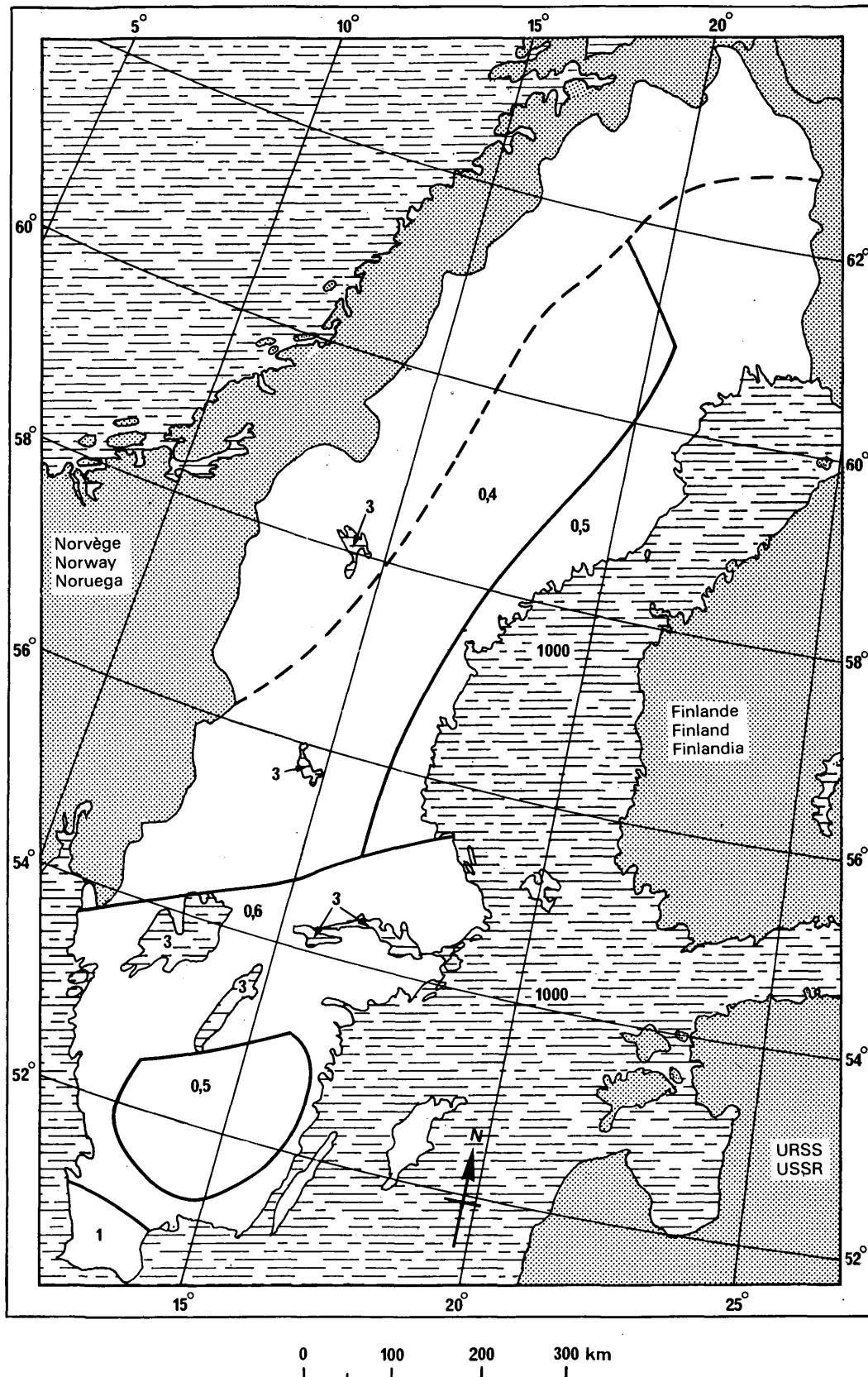


FIGURE 62 / FIGURA 62 – Suède / Sweden / Suecia

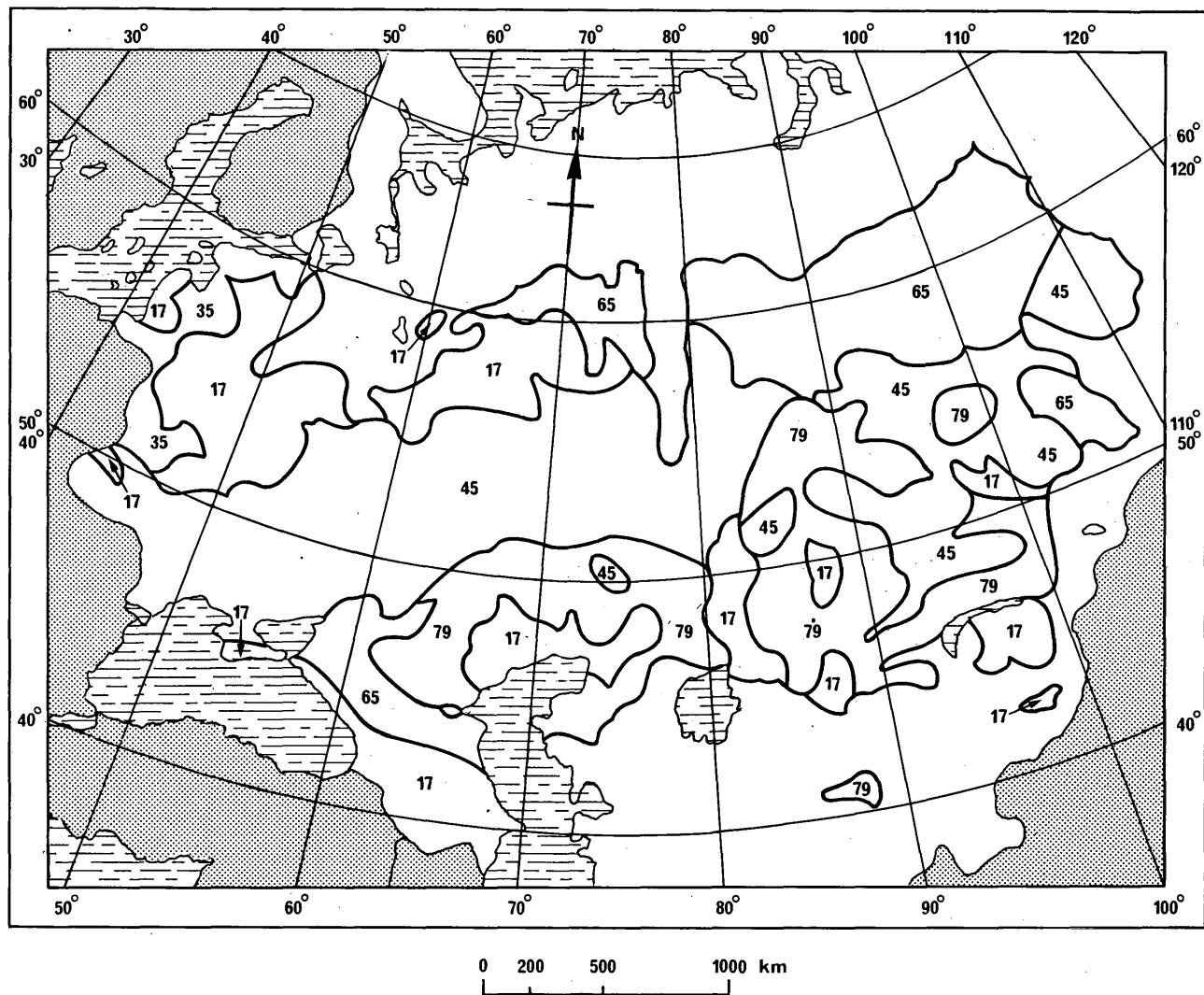


FIGURE 63 / FIGURA 63 – URSS / USSR

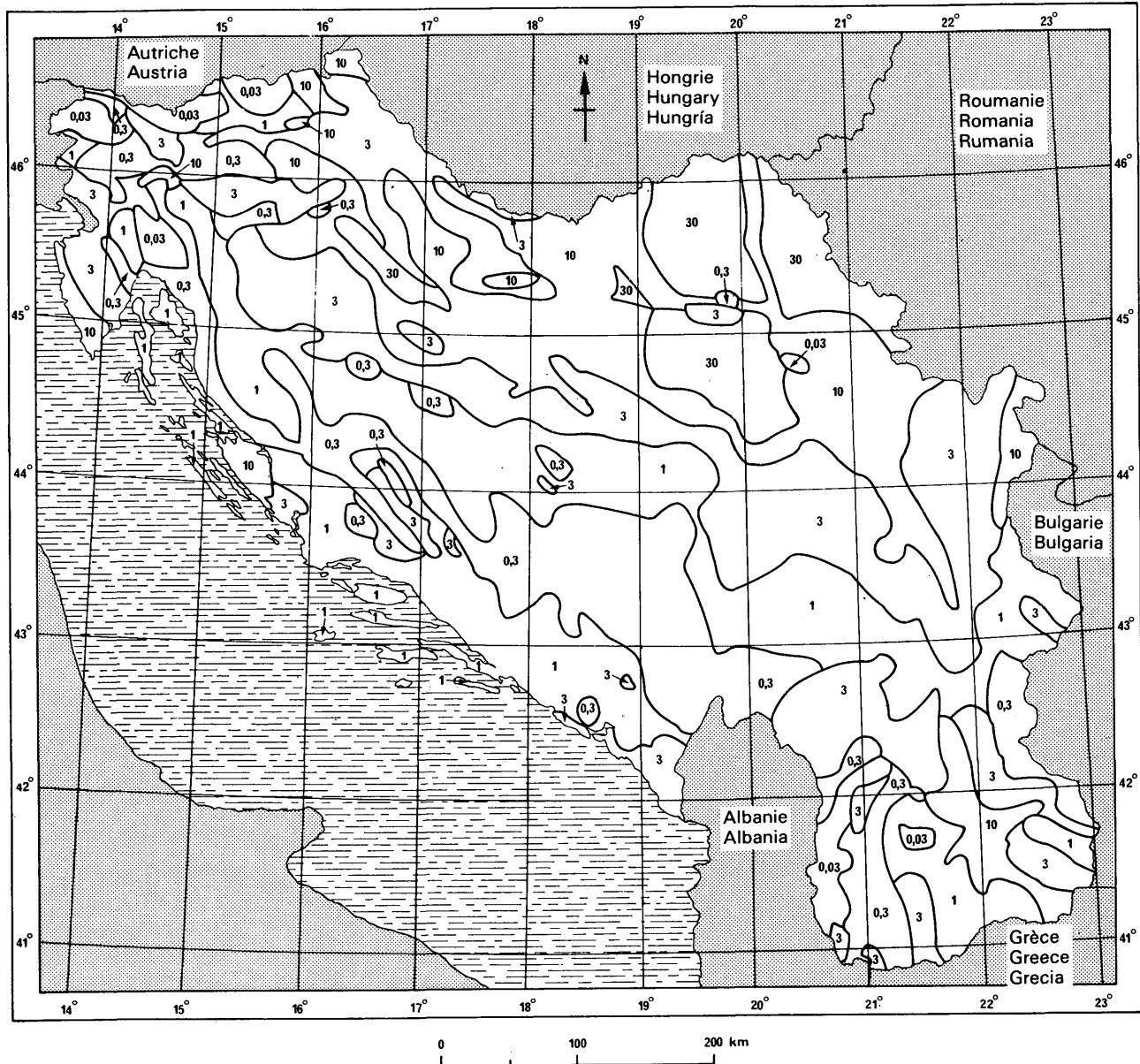


FIGURE 64 / FIGURA 64 – Yougoslavie (République socialiste fédérative de) / Yugoslavia (Socialist Federal Republic of) /  
Yugoslavia (República Socialista Federativa de)

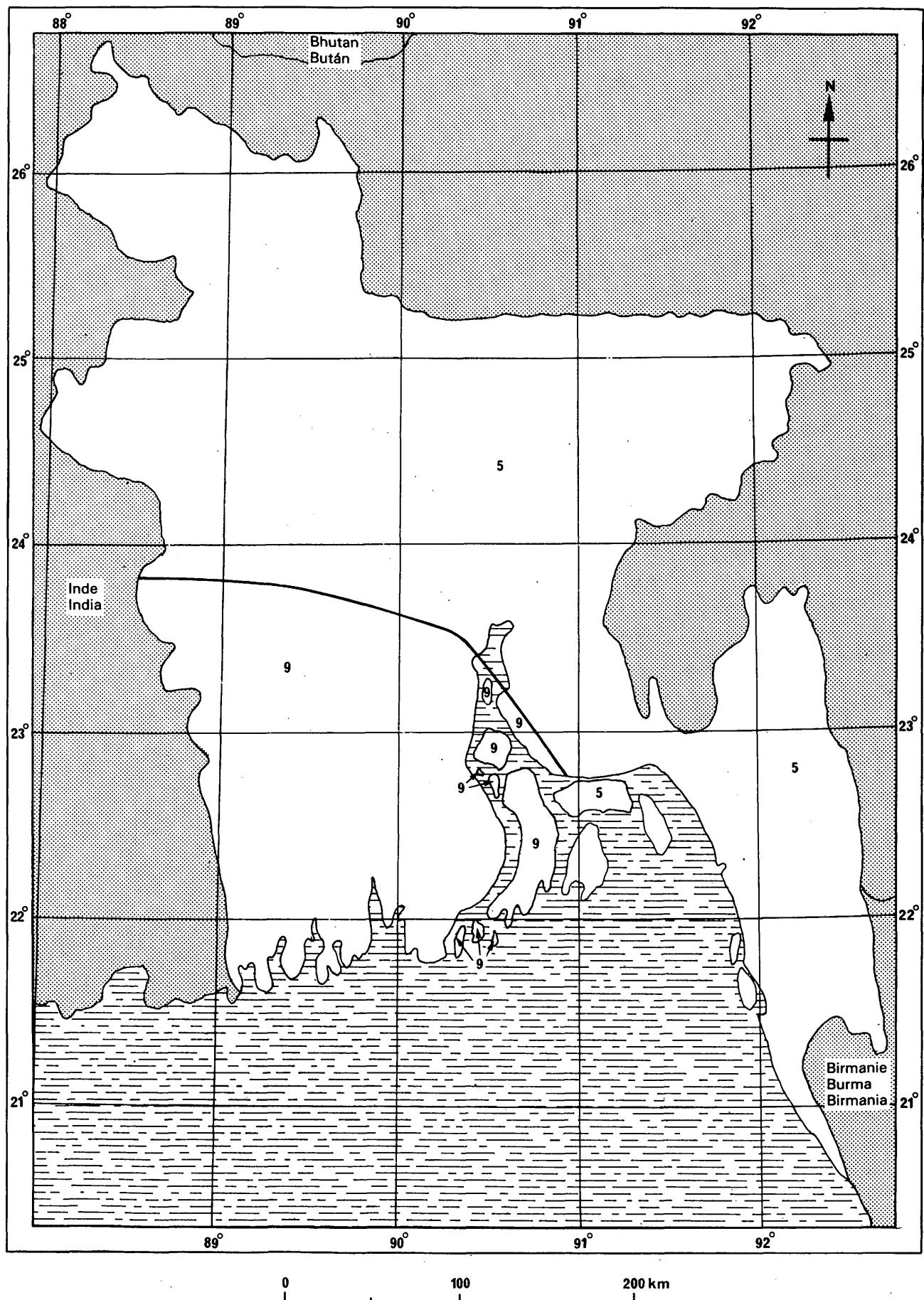


FIGURE 65 / FIGURA 65 – Bangladesh (République populaire du) / Bangladesh (People's Republic of) / Bangladesh (República Popular de)

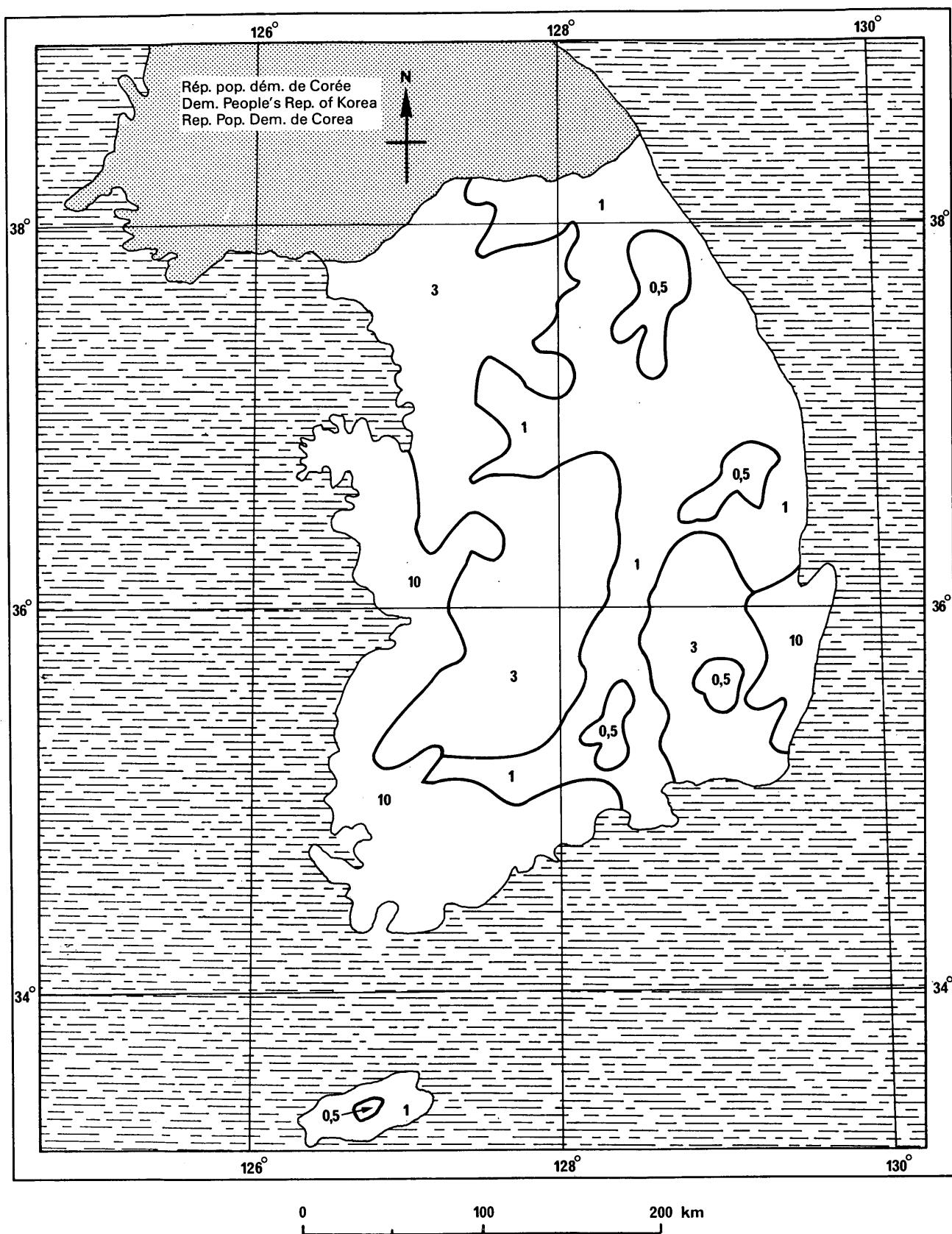


FIGURE 66 / FIGURA 66 – Corée (République de) / Korea (Republic of) / Corea (República de)

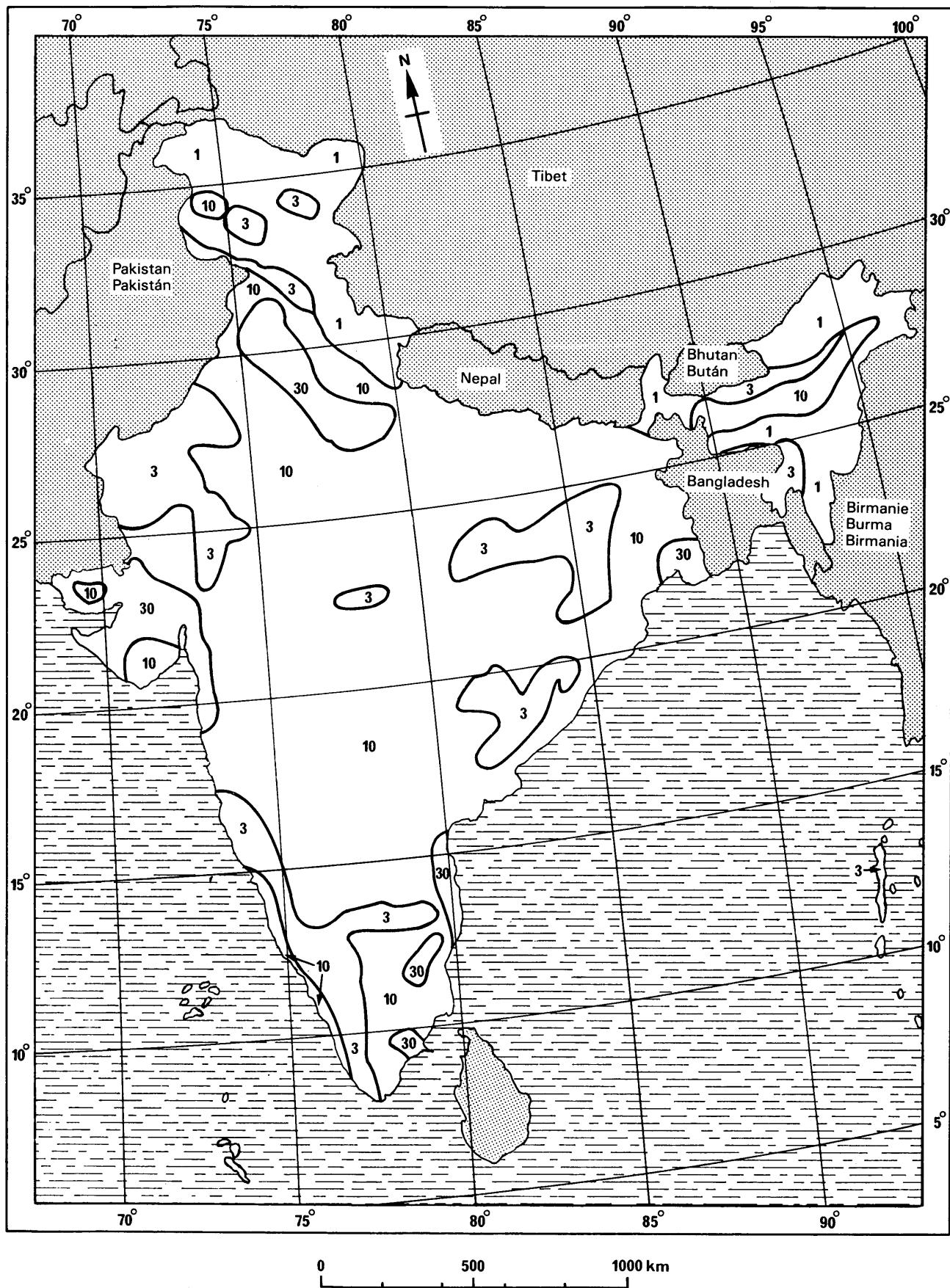


FIGURE 67 / FIGURA 67 – Inde (République de l') / India (Republic of) / India (República de la)

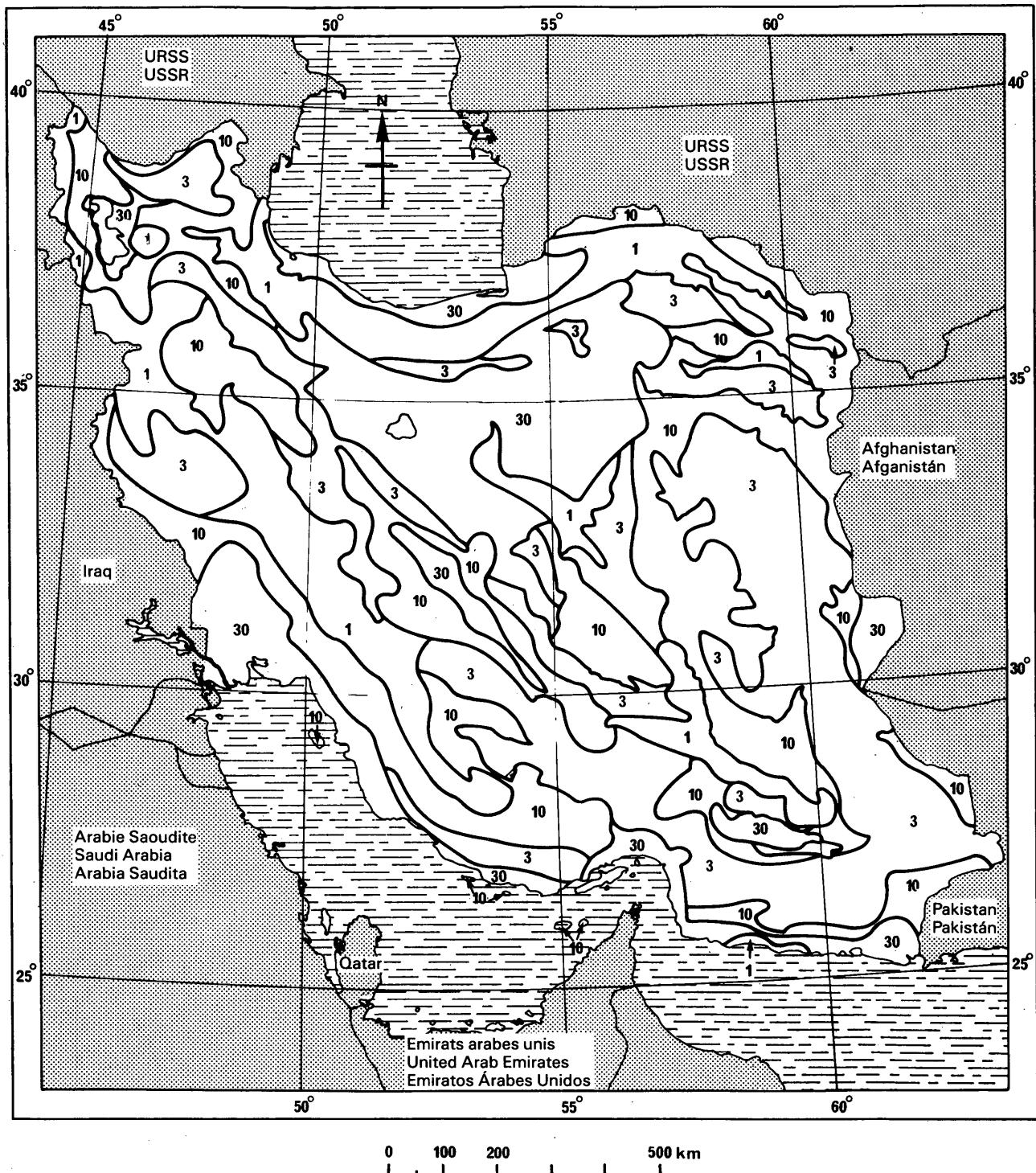


FIGURE 68 / FIGURA 68 – Iran (*République islamique d'*) / Iran (*Islamic Republic of*) / Irán (*República Islámica del*)

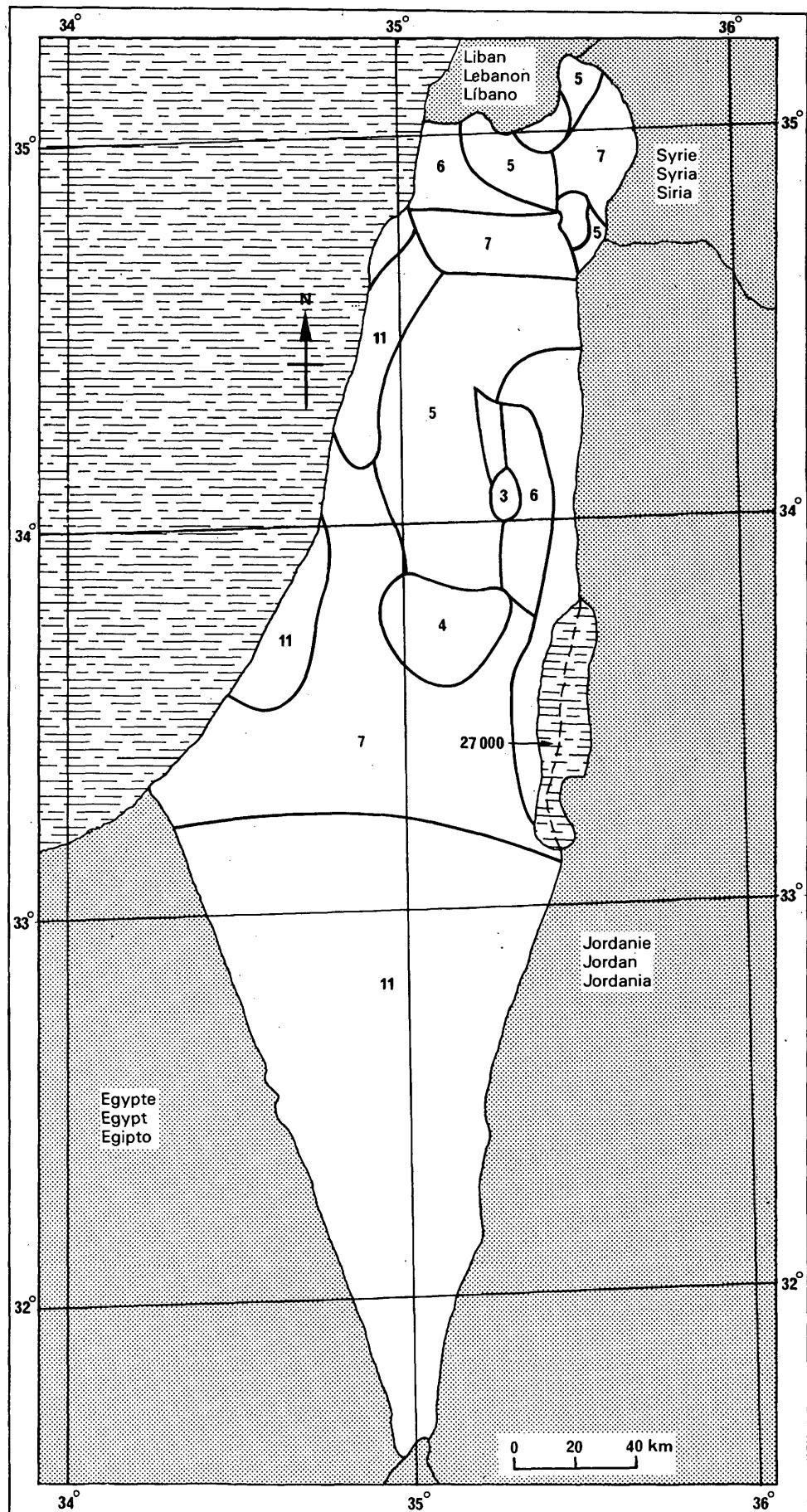


FIGURE 69 / FIGURA 69 – Israël (Etat d') / Israel (State of) / Israel (Estado de)



FIGURE 70 / FIGURA 70 – Japon / Japan / Japón

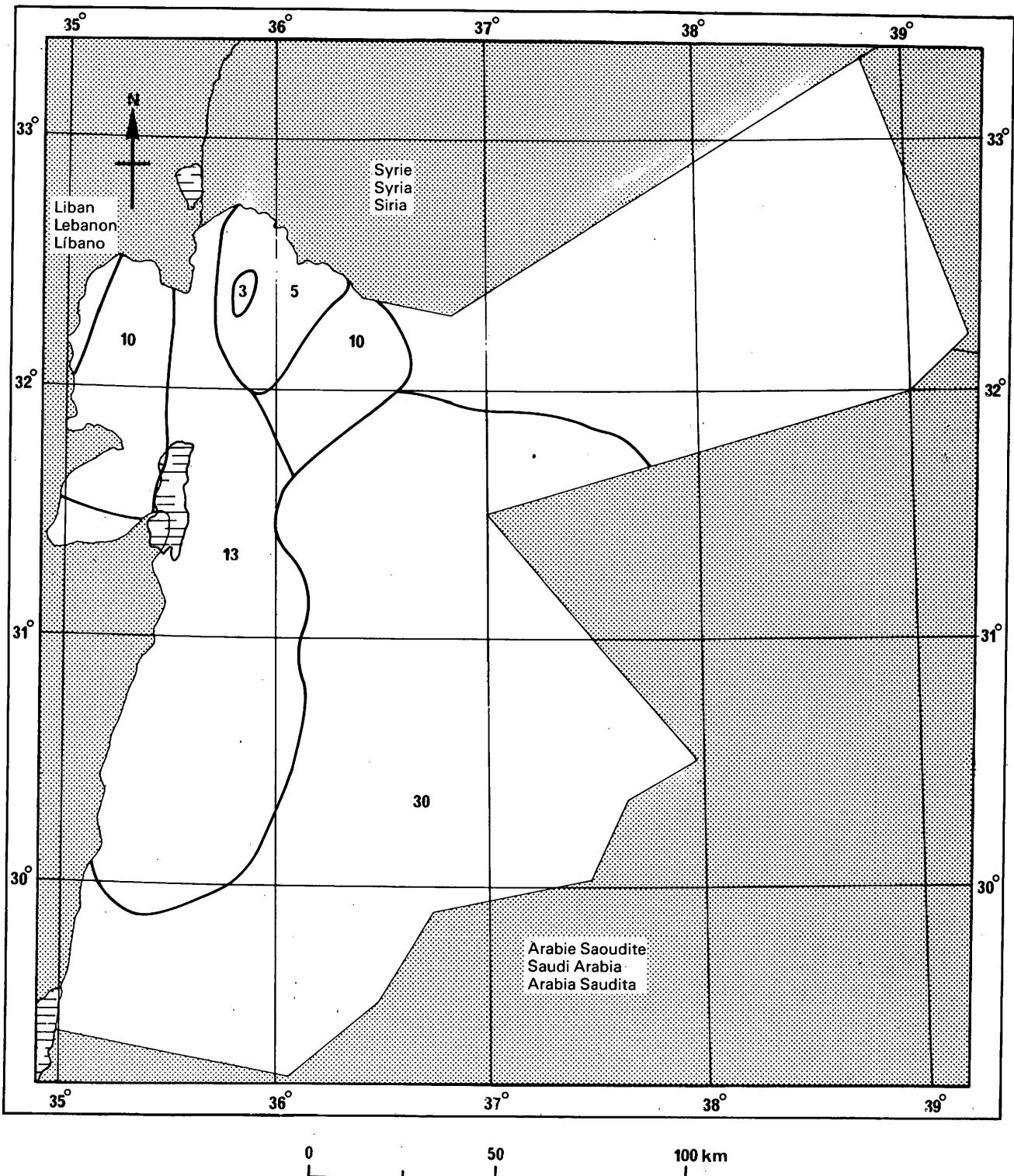


FIGURE 71 / FIGURA 71 – Jordanie (Royaume hachémite de) / Jordan (Hashemite Kingdom of) / Jordania (Reino Hachemita de)

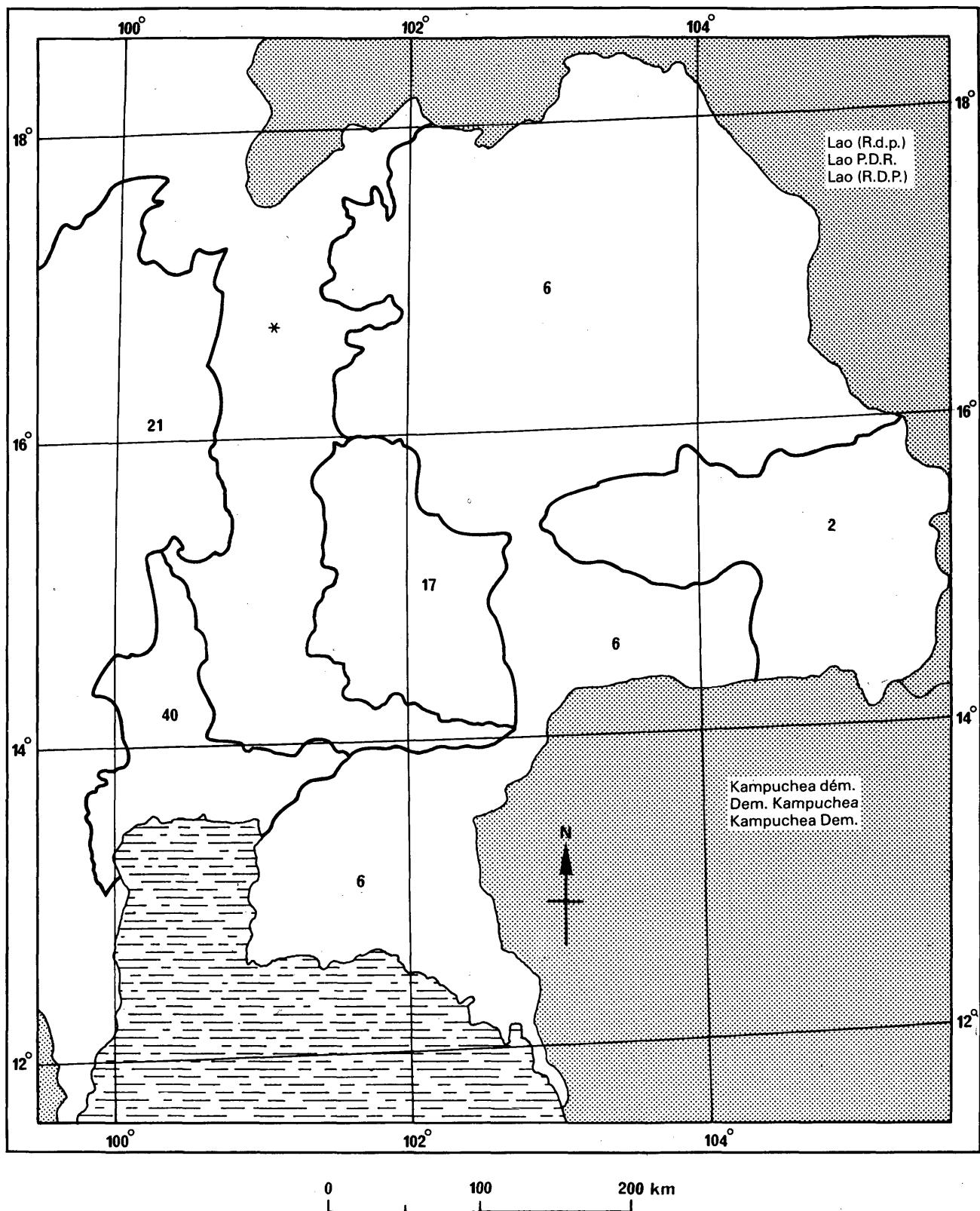
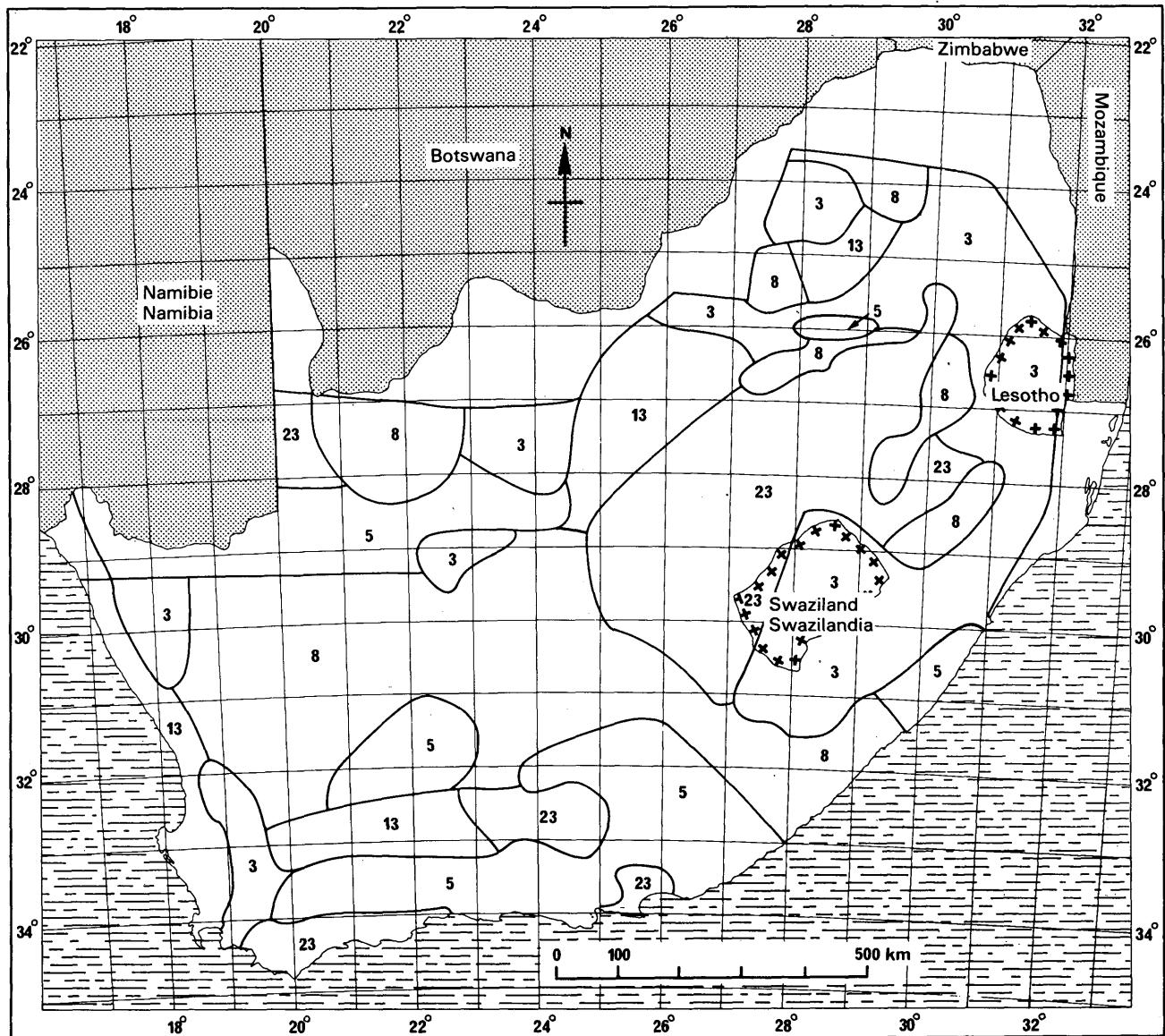


FIGURE 72 / FIGURA 72 – Thailande / Thailand / Tailandia

\* Terrain montagneux / Mountainous terrain / Terreno montañoso.



**FIGURE 73 / FIGURA 73 – Sudafricaine (République); Swaziland (Royaume du), Lesotho (Royaume du) /  
South Africa (Republic of), Swaziland (Kingdom of), Lesotho (Kingdom of) /  
Sudafricana (República), Swazilandia (Reino de), Lesotho (Reino de)**

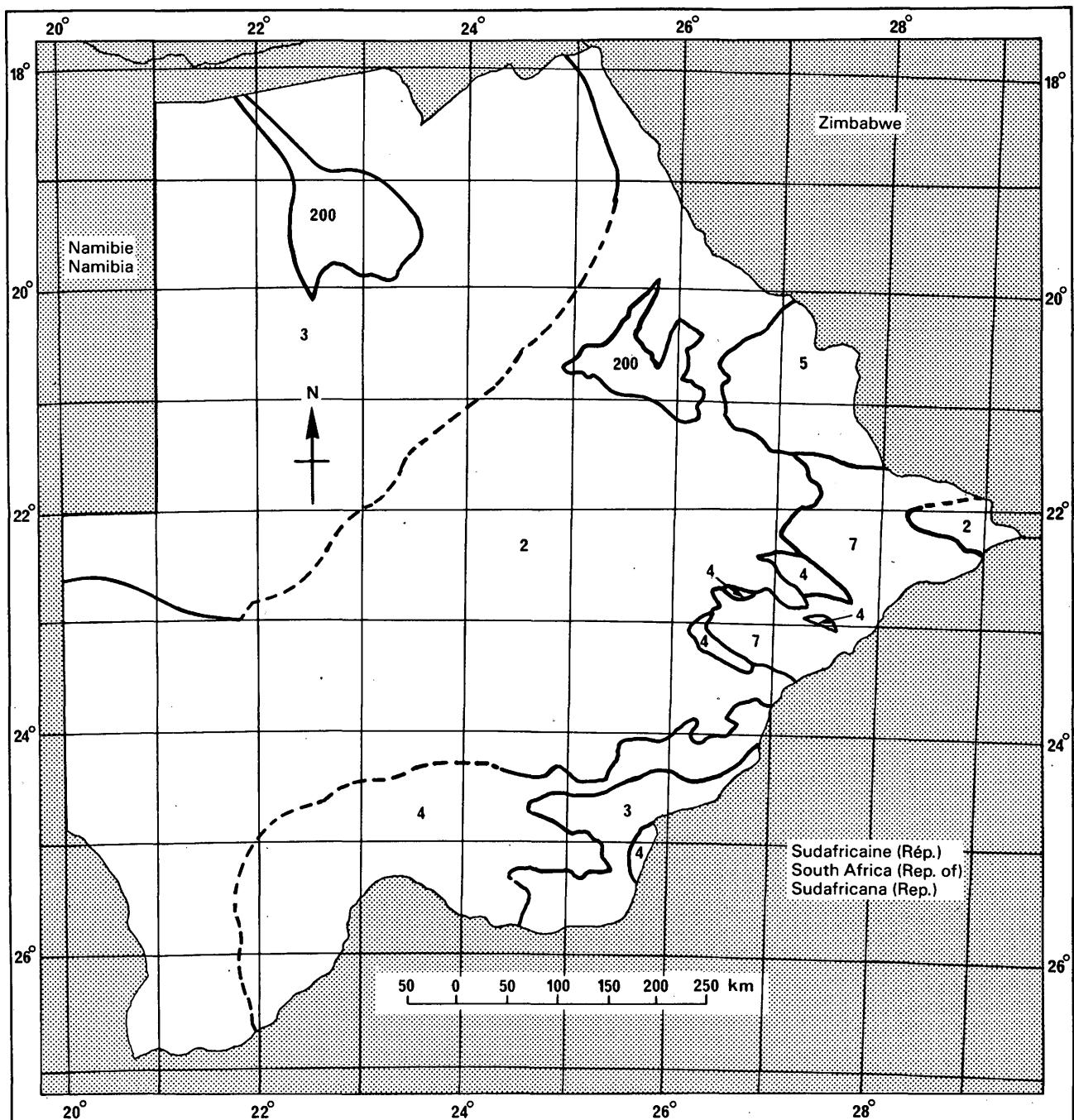


FIGURE 74 / FIGURA 74 – Botswana (République du) / Botswana (Republic of) / Botswana (República de)

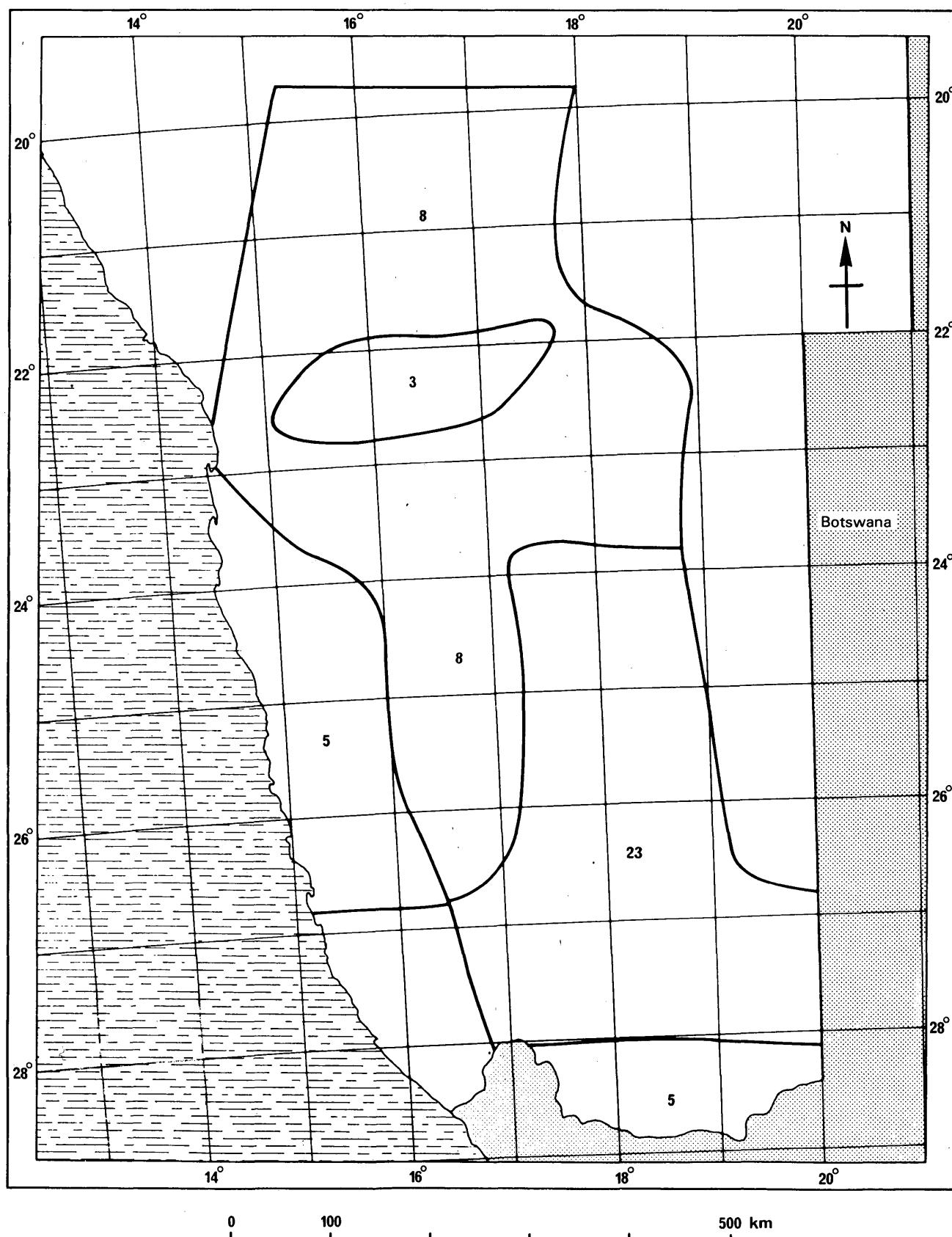


FIGURE 75 / FIGURA 75 – Namibie / Namibia

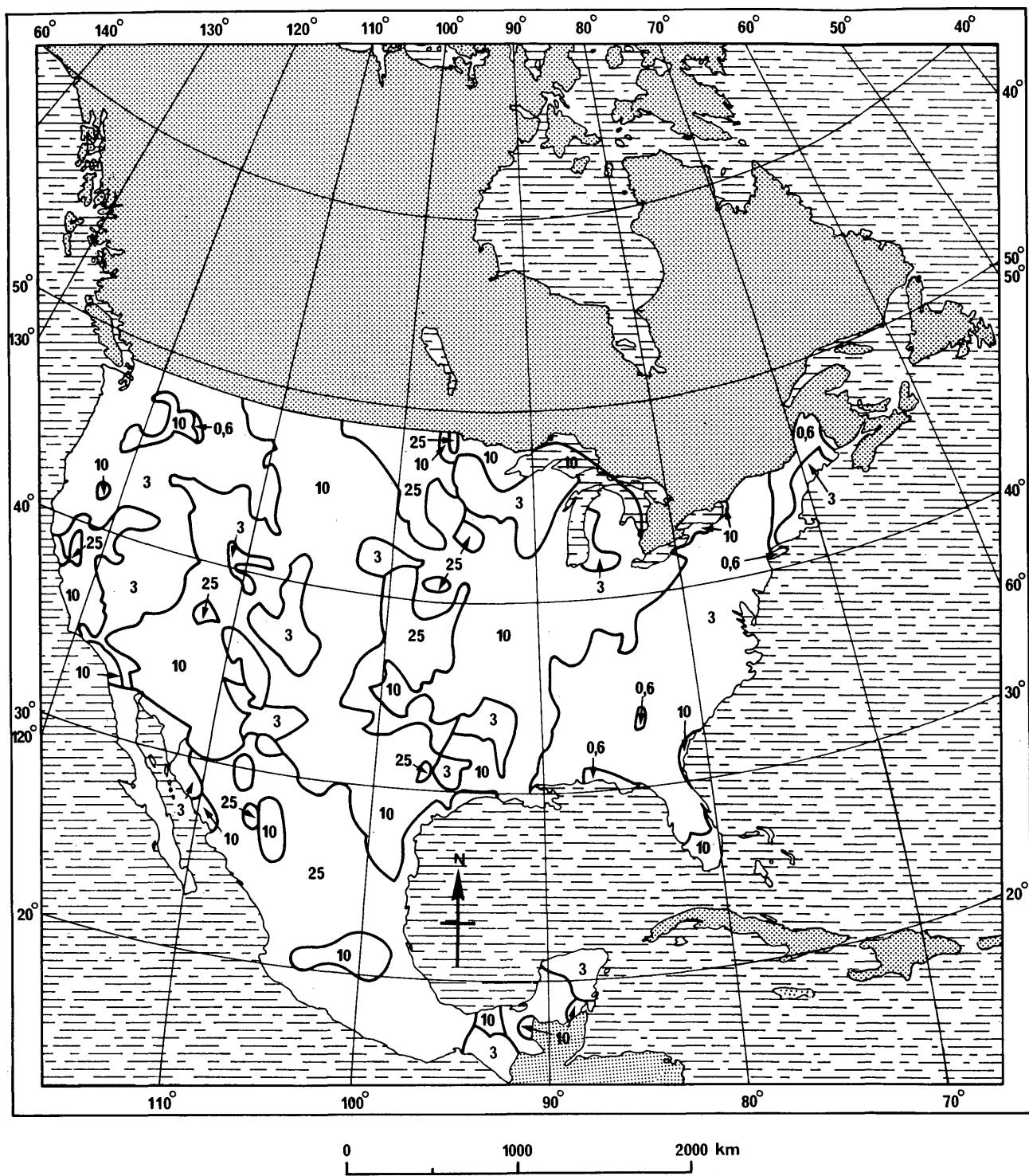


FIGURE 76 / FIGURA 76 – Amérique du Nord (excepté Canada) / North America (excluding Canada) / América del Norte (excepto Canadá)

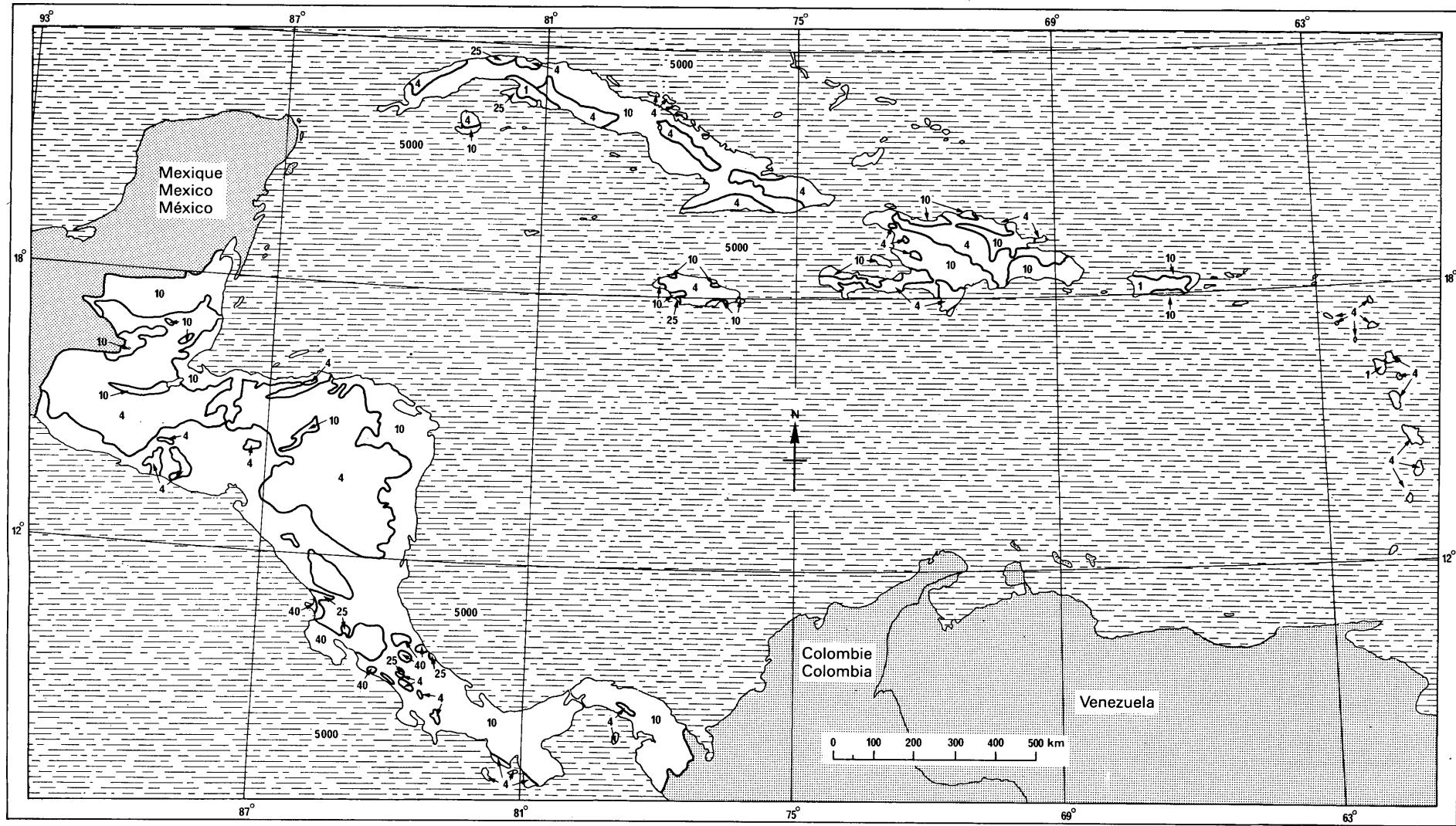


FIGURE 77 / FIGURA 77 – Amérique centrale / Central America / América Central

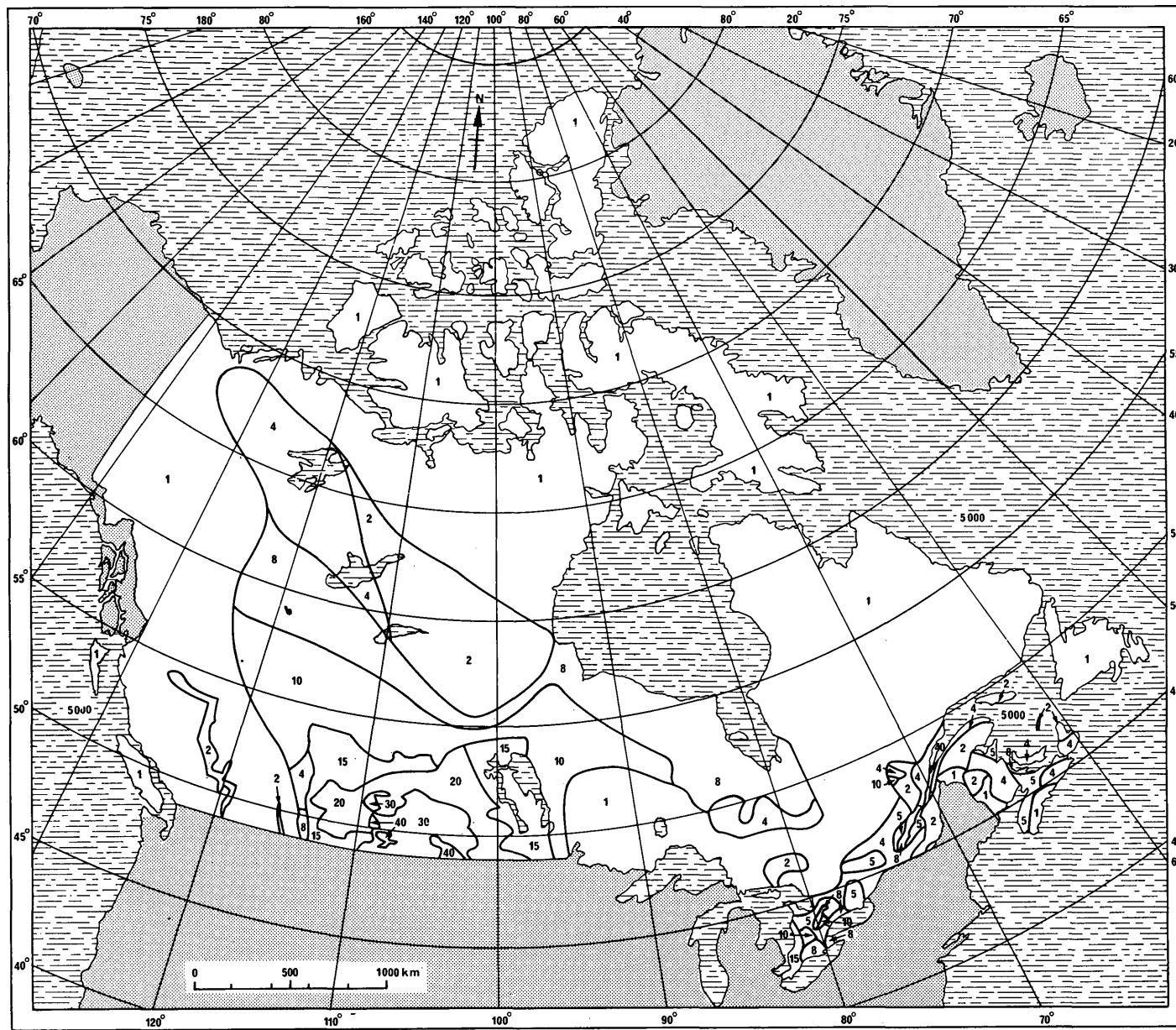


FIGURE 78 / FIGURA 78 – Canada / Canadá

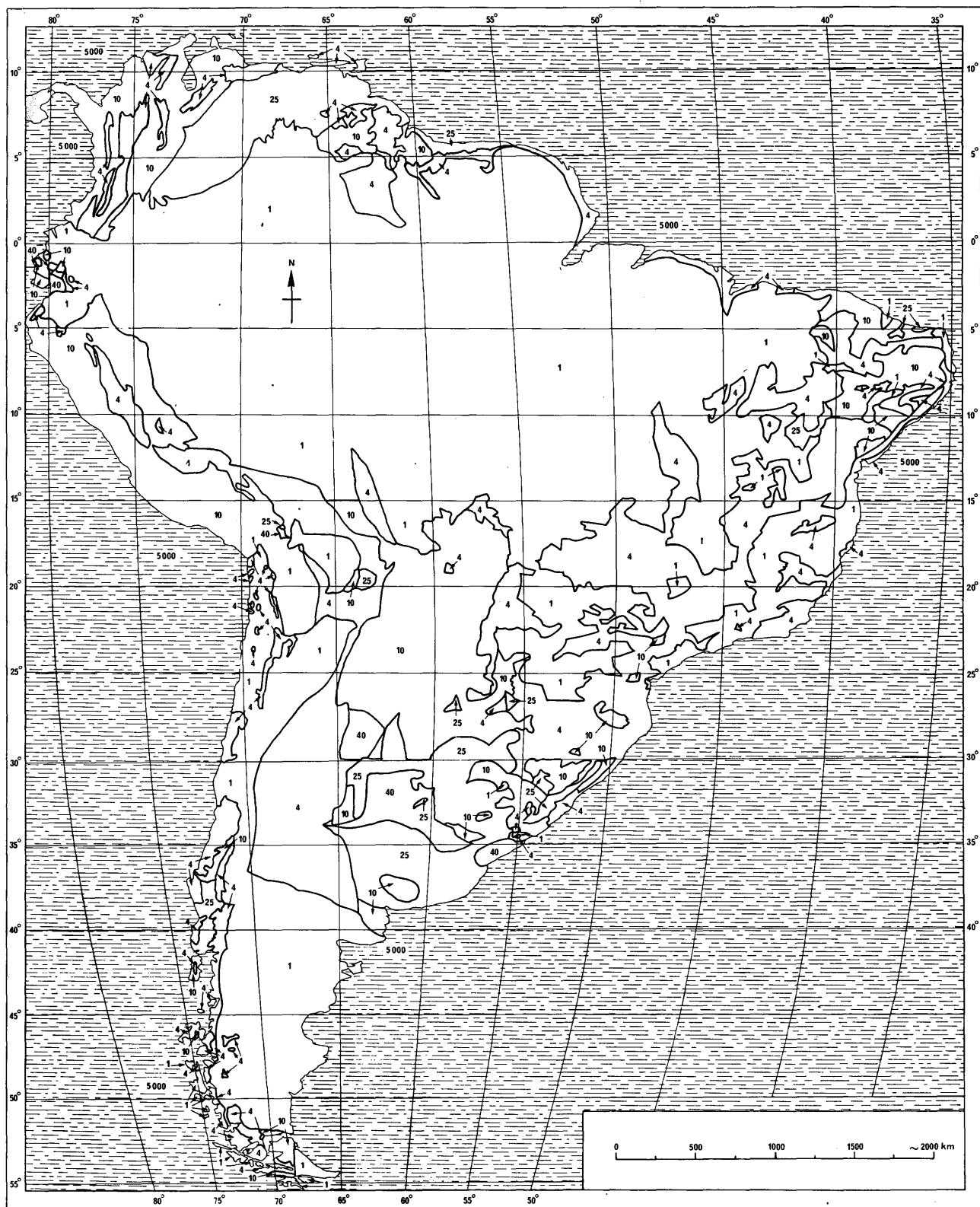


FIGURE 79 / FIGURA 79 – Amérique du Sud / South America / América del Sur

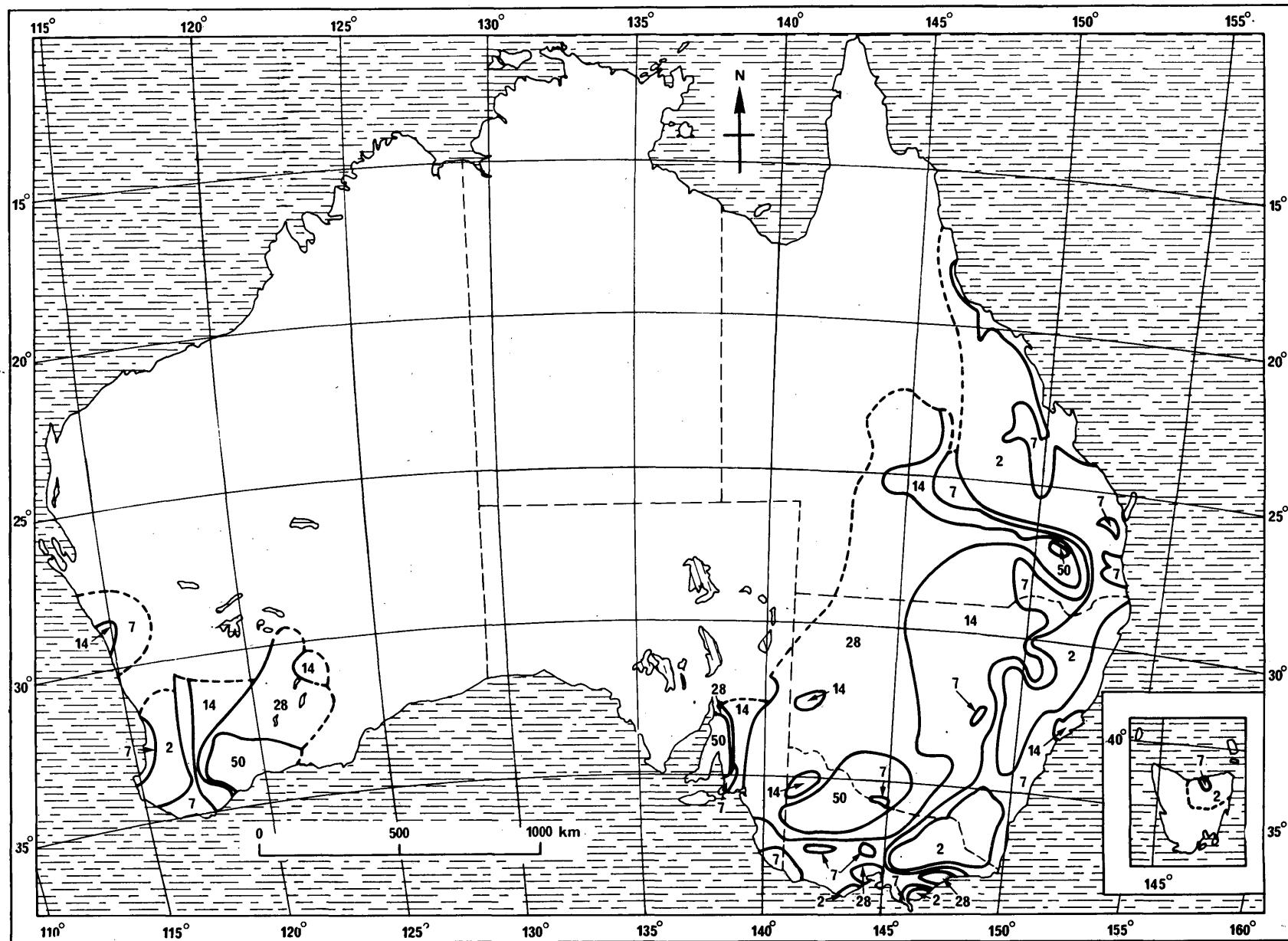


FIGURE 80 / FIGURA 80 – Australie / Australia

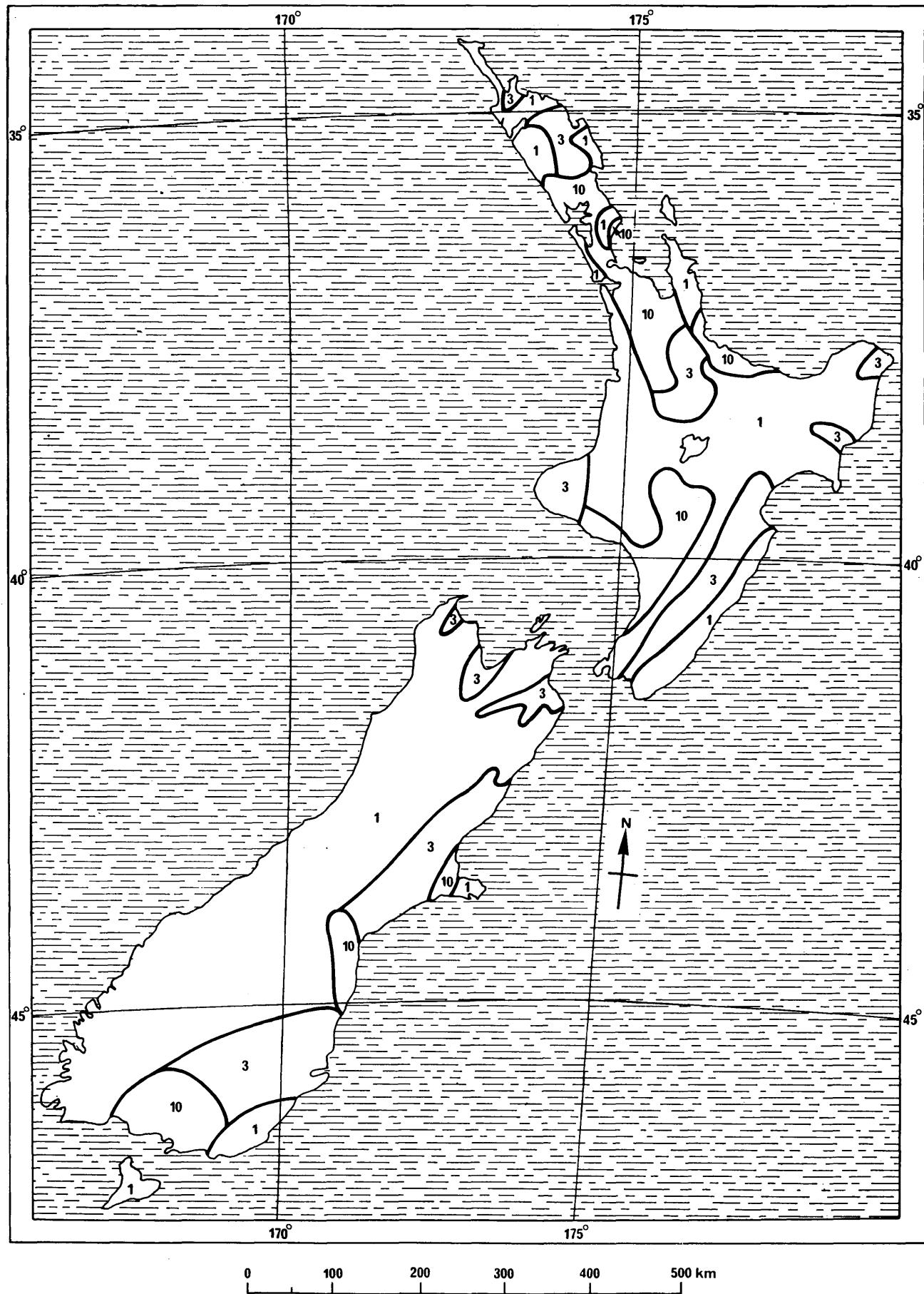


FIGURE 81 / FIGURA 81 – Nouvelle-Zélande / New Zealand / Nueva Zelandia

TABLEAU II – *Résultats des mesures pour l'Afghanistan*  
 TABLE II – *Measurement results for Afghanistan*  
 CUADRO II – *Resultados de mediciones efectuadas en Afganistán*

Lieu de mesure Place of measurement Lugar de la medición	Longitude Longitud	Latitude Latitud	Fréquence Frequency Frecuencia (kHz)	Conductivité du sol Ground conductivity Conductividad del suelo (mS/m)
Kabul	69° 11'	34° 31'	660 1280	7,5 9,0
Jalalabad	70° 27'	34° 26'	660 1280	3,0
Gardez	69° 13'	33° 35'	660 1280	2,0
Ghazni	68° 25'	33° 33'	660 1280	2,5
Kandahar	65° 43'	31° 37'	840	1,0
Herat	62° 12'	34° 21'	630	1,0

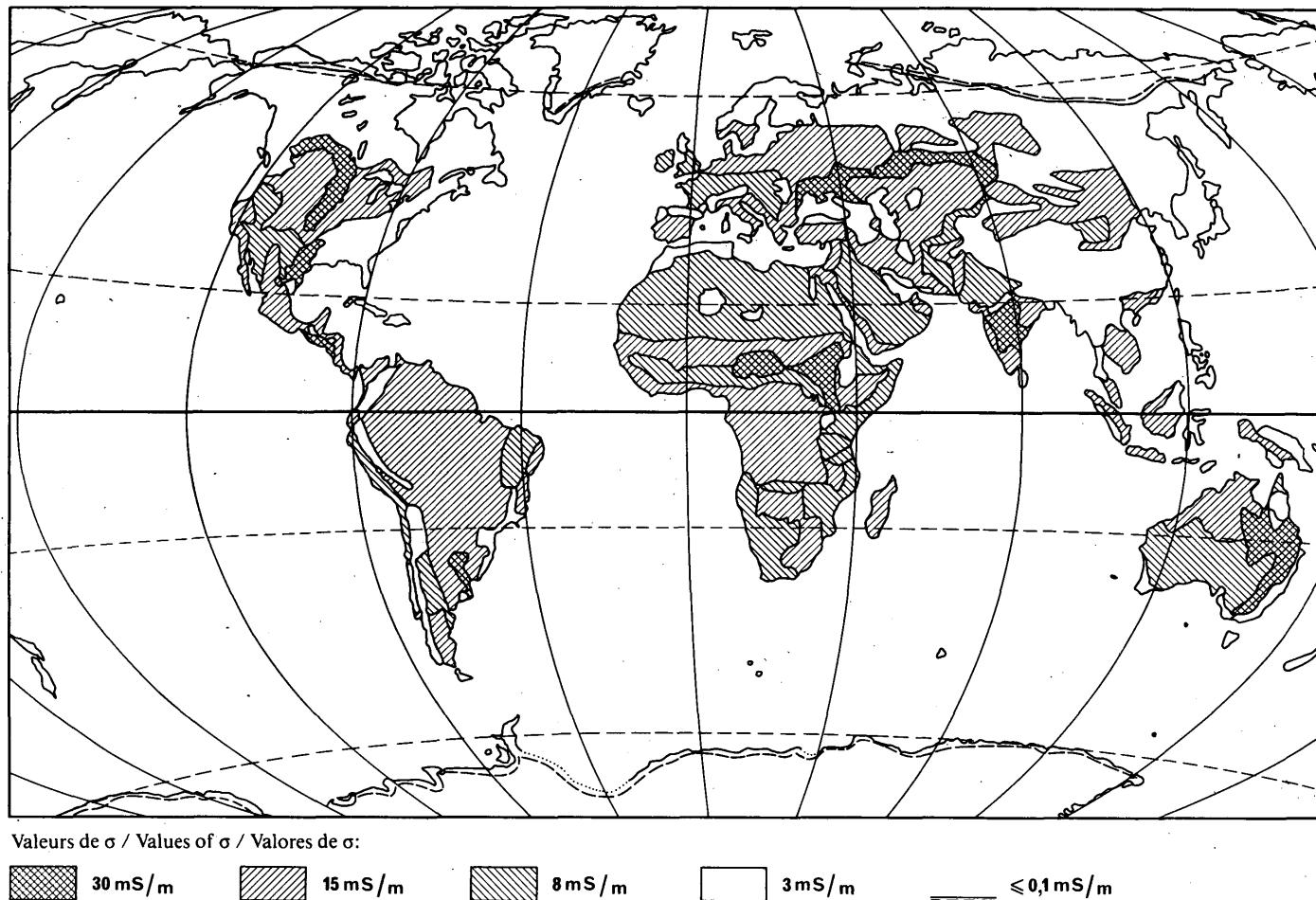


FIGURE 82 – Carte mondiale provisoire des valeurs de conductivité du sol aux ondes hectométriques pour les zones terrestres [Albrecht, 1967]

FIGURE 82 – Provisional MF conductivity map for land areas [Albrecht, 1967]

FIGURA 82 – Mapa provisional mundial de la conductividad del suelo para ondas hectométricas en zonas terrestres [Albrecht, 1967]

Imprimé en Suisse  
Printed in Switzerland  
Impreso en Suiza

ISBN 92-61-03047-5