

RELACION ENTRE LAS CONDUCTIVIDADES EFECTIVAS DE SUELOS HA-  
LLADAS PARA LA ZONA CENTRAL DE LA REPUBLICA ARGENTINA Y LA  
RADIOPROPAGACION EN ONDAS MEDIAS

Victor H. Padula Pintos

Instituto Tecnológico de Buenos Aires

RESUMEN

Se expone la influencia de las características eléctricas del suelo en los alcances, en función de frecuencias. Se analizan las consecuencias de trabajar con estimaciones no reales. Se hace una descripción de la metodología de medición y cálculo empleada. Se comparan los resultados hallados con los previstos y se presentan conclusiones referentes al aprovechamiento del espectro.

SUMMARY

The influence of the electrical characteristics of the ground and the frequency in the coverage of medium wave stations is explained. Consequences of working with wrong estimates are analyzed. A description of the method used is offered, making a comparison between the results obtained and previous estimates. Some conclusions about the correct use of electromagnetic spectrum are presented.

## 1.-INFLUENCIA DE LAS CARACTERISTICAS ELECTRICAS DEL SUELO EN LA RADIOPROPAGACION

En frecuencias medias, el modo predominante de propagación es por onda de superficie. Normalmente la antena emisora es un mástil vertical y la polarización de la onda sería también vertical, con el vector de Poynting horizontal y hacia adelante, si el terreno por sobre el que se propaga la señal fuera un conductor perfecto. En la realidad sin embargo, éste tiene una conductividad finita, lo que da lugar a que el frente de onda se incline apareciendo en el vector de Poynting una componente vertical, relacionada con las pérdidas que se producen en este suelo no perfecto. Cuanto más pobre sea la conductividad del terreno, mayores serán las pérdidas y lógicamente también mayor la inclinación que adquiere el frente. En esto se basa uno de los métodos de medición de dicha conductividad, pero como se comprende fácilmente, el dato que se obtenga será válido solamente para el punto en el que se haga la medición y no se podrá suponer que una zona más o menos extensa tenga la misma conductividad, salvo que se sepa con certeza que tiene las mismas características de constitución, humedad, etc, cosa que a su vez sólo se podría asegurar después de hacer mediciones. Lo dicho pone en evidencia que cuando se trate de medir superficies grandes, como sucede por ejemplo en la República Argentina, para obtener información aplicable a las radio comunicaciones, este método resulta poco aconsejable.

sejable. La influencia que las pérdidas en el terreno tienen en los alcances de las emisiones se ponen en evidencia en la Figura 1. Se advierte que con una misma potencia se colocará una determinada intensidad de campo a mayor distancia cuanto mayor sea la conductividad del suelo, y que la relación entre esas distancias puede llegar a ser muy grande (1 a 4) cuando la calidad de los suelos sea muy diferente.

## 2.-CONSECUENCIAS DE TRABAJAR CON ESTIMACIONES DE CONDUCTIVIDAD

Para calcular el alcance, -es decir, la zona de cobertura de una emisora-, se hace uso de curvas trazadas en base a consideraciones teóricas, que permiten obtener la intensidad de campo en función de distancia, frecuencia y características de suelos. Para el trazado de estas curvas se asume una determinada potencia efectiva irradiada, por lo que habrá que relacionar con ella la de la emisión de que se trate. En la Figura 2 se muestra un juego de tales curvas, correspondientes a 1 MHz. Se observa que la intensidad de la señal que es dable esperar a una distancia cualquiera tendrá diferencia de muchos decibels según el tipo de terreno sobre el que la señal se propague, y que la diferencia aumentará cuanto mayor sea la distancia. Por ejemplo a 10 Km la diferencia entre suelos de 40 y de 2 mS/m sería de 10,5 db mientras que a 100 Km esa diferencia

alcanzaría los 28 db y a 200 Km llegaría a 32 db. Pero aún cuando los suelos no fueran tan distintos, sino que se tratara de dos que tuvieran 10 y 20 mS/m respectivamente, a 100 Km la diferencia sería de 6,5 db, o sea una relación entre las intensidades de campo de ambas señales de 1 a 2,11.

Si no se conocen bien las características eléctricas del terreno, es lógico que puedan aparecer diferencias grandes entre las intensidades de campo previstas y las realmente colocadas por una estación una vez que esté en el aire.

Esto no sería demasiado importante si no sucediera, como ahora, que el espectro de radiofrecuencia está saturado. A raíz de ello es necesario asignar una misma frecuencia a más de una emisora lo que a su vez exige proveer la cobertura de cada una para eliminar las posibilidades de interferencias perniciosas en la zona que se les haya fijado como "de servicio". Cuando no se conocen las conductividades resulta indispensable tomar márgenes de seguridad más o menos amplios para evitar inconvenientes. Parece ilustrativo tomar dos casos: uno en el que se supone conductividad superior a la real y otro en el que se la estima inferior a la verdadera.

#### 2.1.-Trabajando con conductividad superior a la real.

Suponiendo que la conductividad real fuera de 20 mS/m; que se trabajara en la creencia de que es de 40 mS/m, y que se quisiera determinar el contorno de 1 mV/m para una emi-

sora de 10 KW de potencia efectiva, lo que equivale a 19,5 db. de relación de potencias con la emisora tomada como referencia para las curvas mostradas en la Figura 2. En ellas se deberá buscar entonces la distancia entrando no con 1 mV/m, equivalente a 60 db sino con 0,105 mV/m, equivalente a 60-19,5=40,5 db. Esto lleva a que con 20 mS/m el alcance que se busca sería de 155 Km mientras que con un suelo de 40 mS/m, con la misma intensidad de campo se llegaría a 225 Km. La Figura 3 muestra, muy esquemáticamente, lo que puede ocurrir, si se deseara proteger la intensidad de 1 mV/m. En una distancia de 1350 Km en línea recta se podría empezar el trabajo partiendo de la posibilidad inicial de instalar 3 emisoras en la misma frecuencia, mientras que con conocimiento de la conductividad verdadera se podría pensar en 4. Esto equivale a decir que instalando emisoras distanciadas 225 Km entre ellas quedarían varios anillos cubiertos con intensidades de señal inferiores a la deseada.

## 2.2- Trabajando con conductividad inferior a la real.

Manteniendo el mismo valor para la conductividad real, partiendo ahora de una suposición de 10 mS/m, se prevería un alcance de sólo 110 Km. La situación resultante se esquematiza en la Figura 4, en la que se ve que con estaciones a 220 Km una de otra aparecerían amplias zonas de superposición de señales con intensidades superiores a las

deseadas.

Como consecuencia de lo anterior, y como se dijo antes cuando no se conocen con certeza las características eléctricas de un terreno, se deben tomar márgenes de seguridad para evitar interferencias, distanciando las estaciones lo suficiente como para cubrir eventualidades, a riesgo de dejar amplios vacíos sin servicio en esa frecuencia. Aún así, se dan casos en los que la realidad supera esas previsiones.

### 3.- METODOLOGIA EMPLEADA PARA VERIFICAR CONDUCTIVIDADES EN TERRITORIO ARGENTINO

En otros trabajos ( Padula Pintos y otros, 1973) se ha expuesto en detalle el método utilizado y los motivos que han respaldado su elección. Consiste en resumen en medir intensidades de campo a distintas distancias de la antena, compararlas con las que se obtuvieron a una distancia corta, tomada como referencia y con la atenuación producida entre uno y otro lugar obtener la "conductividad efectiva" entre ambos puntos. Conviene tener presente que este valor de conductividad puede no existir exactamente en ningún punto entre los que se hayan hecho las mediciones. El concepto es el de que "el terreno se comporta como si en el tramo medido tuviera una conductividad uniforme igual al valor hallado". Esto es en realidad lo que se necesita para los fines prácticos de aplicación a las radiocomu

nicaciones. Si para otra finalidad se requiriera conocer el valor exacto de las características del suelo en algún o algunos puntos determinados, este método no sería ya el aconsejable.

#### 4.-COMPARACION ENTRE ALGUNOS DATOS HALLADOS Y LOS PREVISTOS

Existen dos estimaciones diferentes de las conductividades de los suelos en la República Argentina. En general se trabaja con la que se ofrece en la carta N°425 RV de la Secretaría de Estado de Comunicaciones cuyos datos se reproducen aproximadamente en la Figura 5. Muchos de sus valores han sido comparados con registros reales, pero en forma no sistemática de modo que no ha sido posible hacer un ajuste completo de ellos. Otra fuente de información para pronosticar la intensidad de las señales de estaciones puede ser la "Carta de conductividad estimada del suelo" de la Unión Internacional de Telecomunicaciones ( U.I.T.;RLA/74/028), que se basa fundamentalmente en datos geológicos. Sus valores se aprecian en la Figura 6. Se advierte fácilmente que los datos de ambas fuentes no son concordantes. La Figura 7 muestra los resultados hallados en base a campañas de medición realizadas como parte del Programa Nacional de Radiopropagación. Se aprecia que las diferencias son notables: en algunos casos en relación hasta de 1 a 10.-Es indispensable hacer una salvedad a fin de interpretar correctamente los resultados obtenidos hasta ahora. La información con que se

trabaja es recogida en campañas de mediciones en la que se recorre una muy extensa zona cuya superficie es del orden de 40 a 50.000 Km<sup>2</sup>, muchas veces por caminos difíciles o aún por huellas, alejados de poblaciones medianas. No es conveniente la instalación de campamentos porque las campañas exigen una gran movilidad. Además por razones de disponibilidad de vehículos, instrumentos y personal es necesario limitar cada una a lapsos relativamente breves, que por lo común son del orden de no más de 25 a 30 días. Como las características eléctricas del terreno son función, entre otras cosas, de la humedad que contenga, se comprende que existe la posibilidad de que algunos registros se hagan después de una sequía más o menos prolongada y otros, poco tiempo después de alguna lluvia intensa. Esto obliga a tomar como provisionarios los resultados obtenidos. Será necesario después un ajuste para lo cual se requieren series más largas de observaciones en una cantidad ya reducida de lugares.

#### 5.-MODIFICACIONES DE ALCANCES PREVISTOS EN FUNCION DE LAS CONDUCTIVIDADES

Posiblemente resulte ilustrativo tomar un par de casos para ejemplificar las diferencias en la intensidad de las señales según se tome la conductividad previamente estimada (Figura 5), o la determinada provisoriamente ahora (Figura 7). Si se supone la emisora en la Ciudad de San Juan transmitiendo en MHz y se eligen dos direcciones: una hacia San Luis y



la otra hacia Mendoza se verifica que en el primer caso, a 250 Km de la antena la diferencia alcanzará a 21 db y en el segundo a 150 Km esa diferencia será de 12 db. Esto equivale a decir que se tendría una señal de 10 mV/m donde se haya previsto tener solamente 1 y 3 mV/m respectivamente. Estas diferencias (12 ó 21 db) pueden significar interferencias serias a otras emisoras en lugares en los que no se prevería tenerlas.

#### 6.- CONCLUSIONES

Se hace evidente la necesidad de contar con la información más correcta posible para estimar los alcances de las estaciones y asignar frecuencias y potencias. El espectro de radiofrecuencia constituye un recurso natural que se contamina y se satura. Su correcta administración y protección constituye uno de los problemas más serios para los servicios de comunicaciones. Los trabajos que se realizan tienden a ofrecer una herramienta para facilitar la solución de esos problemas.

#### BIBLIOGRAFIA

Padula Pintos V.H.; Perez Corral J.C.; Wilder J.; Alvarez Ovide B.; Irigoien J. y Nuñez E.; 1976; "Método de atenuación relativa entre pares de puntos para calcular conductividades de suelos"; Documento Técnico del Programa Nacional de Radiopropagación, DT-16.

Unión Internacional de Telecomunicaciones, 1977, "Infraestructura y actividades consecutivas para la administración de frecuencias radioeléctricas" (RLA/74/028) Resultado del Programa y Recomendaciones. Informe para los Gobiernos de América Latina y Caribe.- Ginebra, 1977.-

#### EPIGRAFES DE LAS FIGURAS

- Figura 1.- Coberturas con iguales intensidades de campo, para tres frecuencias diferentes, en función de conductividad de suelos.
- Figura 2.- Curvas de intensidades de campo en función de distancia y características del suelo.
- Figura 3.- Coberturas reales y estimadas erróneamente suponiendo conductividades mayores que las existentes
- Figura 4.- Coberturas reales y estimadas erróneamente suponiendo conductividades menores a las existentes.
- Figura 5.- Conductividades de suelos ( en mS/m) en la República Argentina, según datos de la carta N°425 RV de la Secretaría de Estado de Comunicaciones.
- Figura 6.- Conductividades de suelos en la República Argentina, según datos de la carta de Unión Internacional de Telecomunicaciones ( U.I.T./RLA/74/028)
- Figura 7.- Valores de conductividades de suelos, (en mS/m) hallados con datos recogidos en campañas del Programa Nacional de Radiopropagación (PRONARP).-

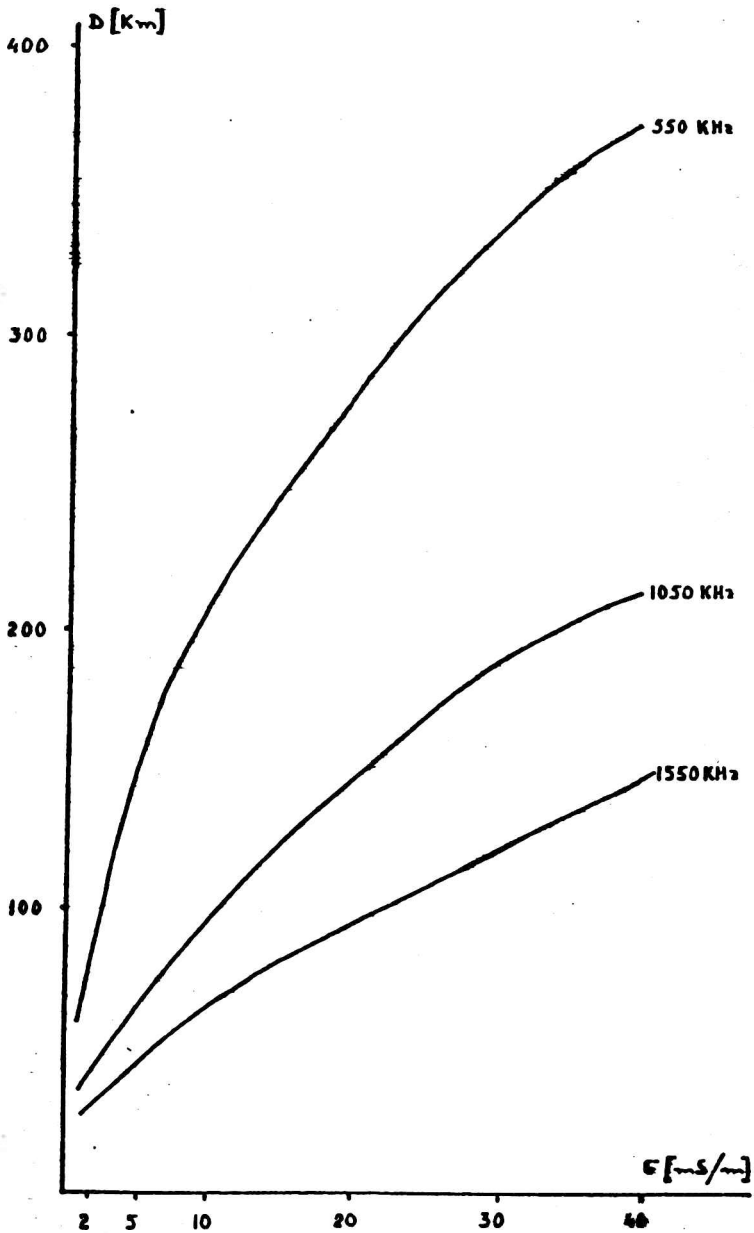
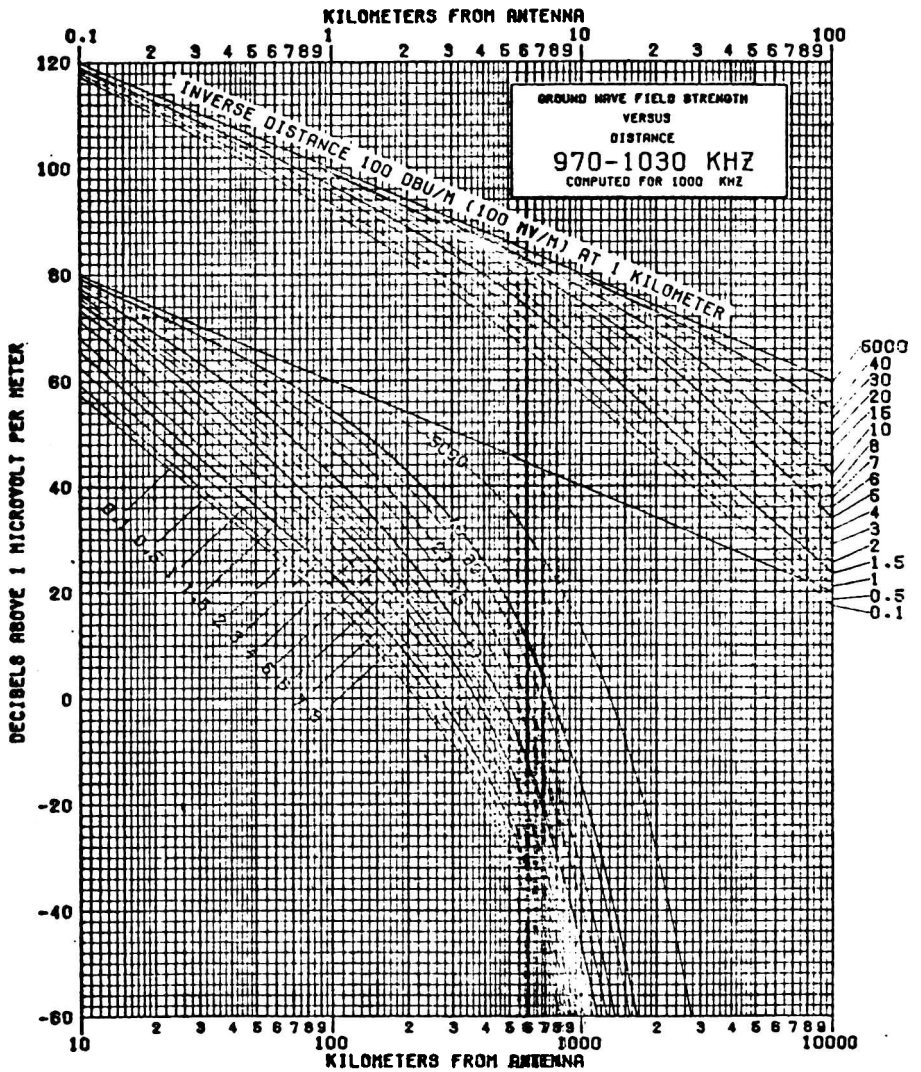


FIGURA 1.-



**GRAPH 12**

THE CURVES ARE LABELLED WITH THE GROUND CONDUCTIVITIES  
IN MILLI-SIEMENS/METER. ALL CURVES EXCEPT THE 5000 MS/(SEA WATER)  
CURVE ARE DERIVED FOR A RELATIVE DIELECTRIC CONSTANT OF 16.  
THE SEA WATER CURVE IS DERIVED FOR A DIELECTRIC CONSTANT OF 80.

**FIGURA 2.**

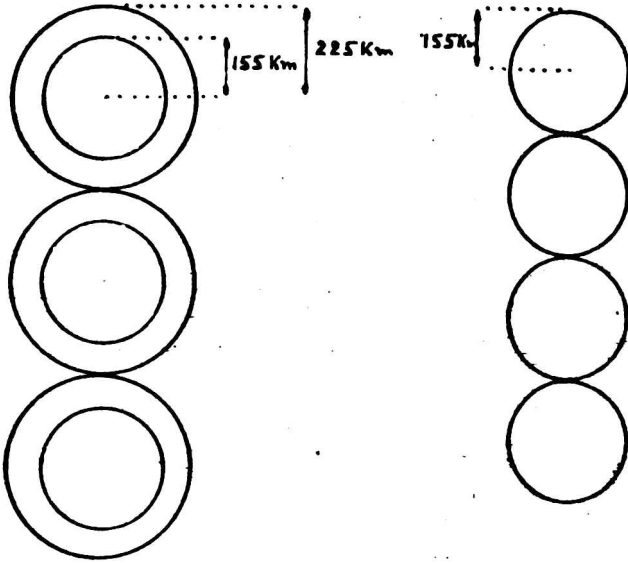


FIGURA 3.-

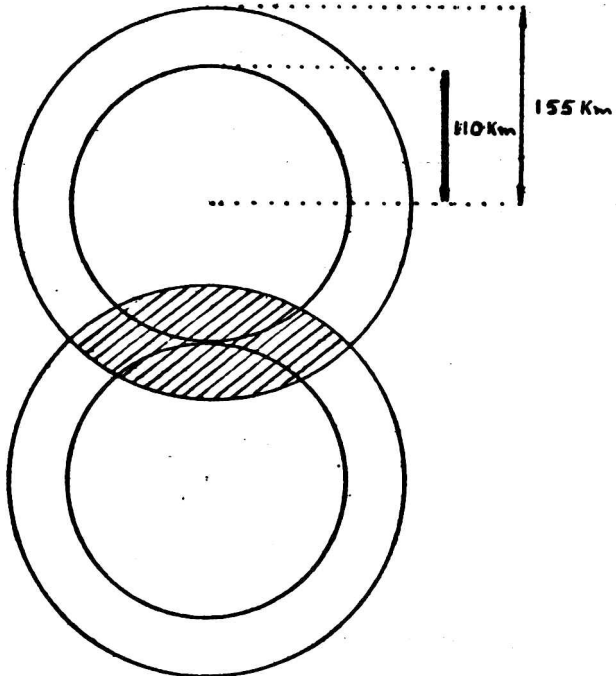


FIGURA 4.-

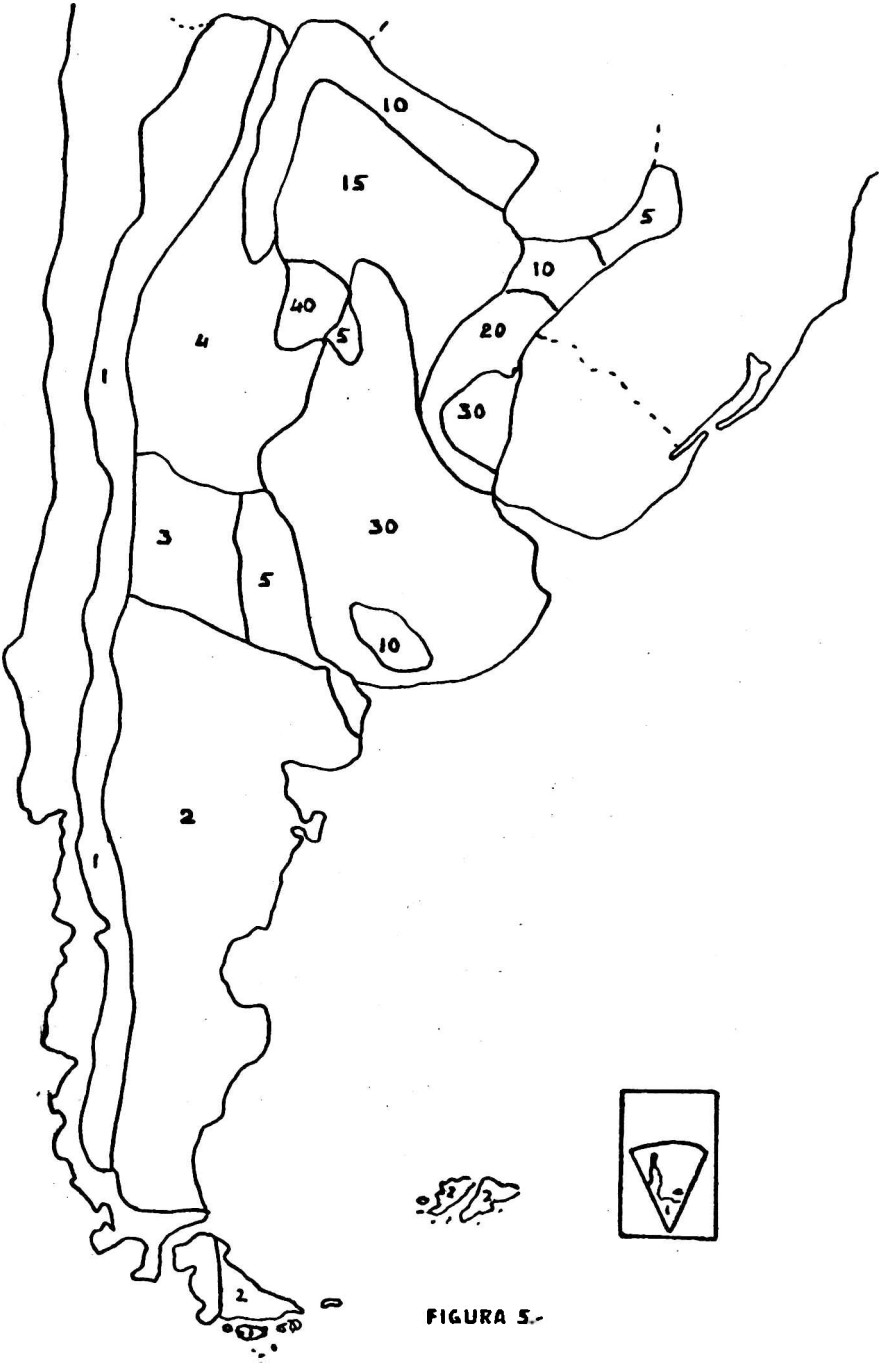


FIGURA 5.-

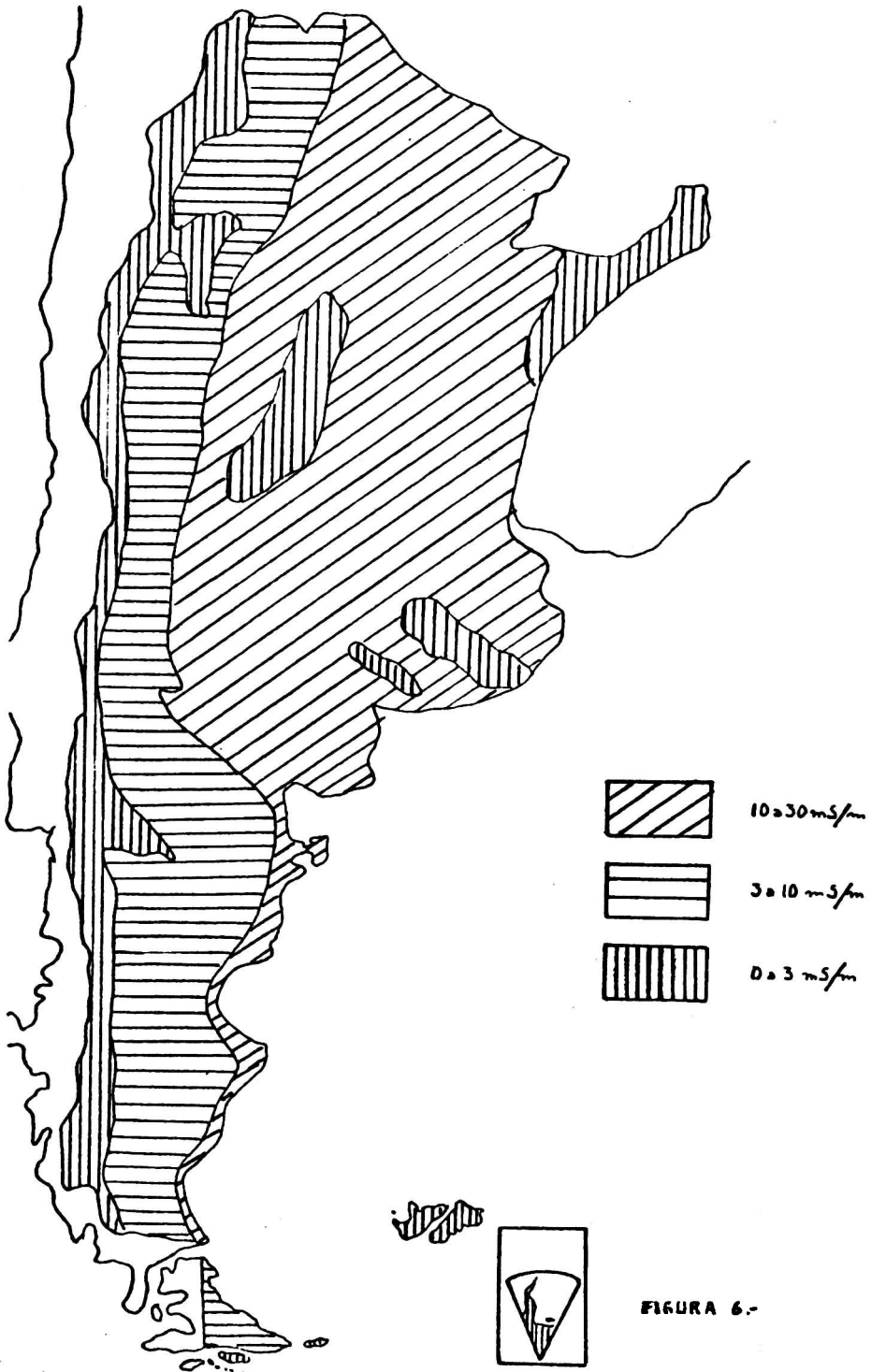


FIGURA 6.-

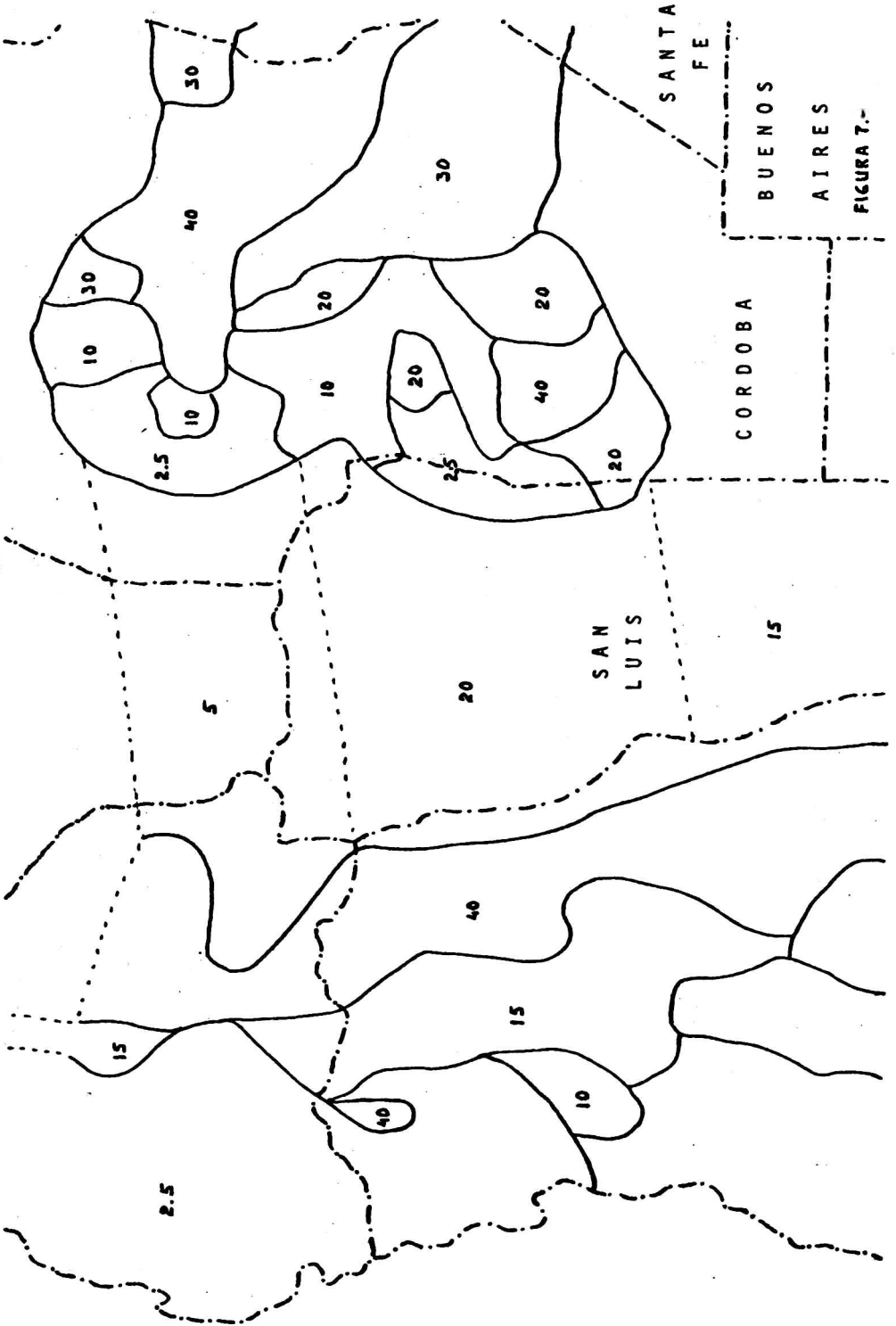


FIGURA 7.-