

ESTUDIO DE LAS FLUCTUACIONES Y TENDENCIAS DE LA PRECIPITACION EN EL CHUBUT
UTILIZANDO FUNCIONES ORTOGONALES EMPIRICAS

Vicente R. Barros y Juan A. Rodríguez Seró

Centro Nacional Patagónico
Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas
Puerto Madryn, Provincia del Chubut, República Argentina

RESUMEN

Se analiza la información del Chubut utilizando desarrollos en funciones ortogonales empíricas de la precipitación en el período 1931-1960.-

El primer autovector refleja una leve tendencia positiva, con un máximo bien definido superpuesto a la misma en 1945; por sí solo, con su correspondiente conjunto de multiplicadores (que tienen una fuerte correlación positiva con la longitud, excepto en la zona costera donde se hace negativa) caracteriza en gran medida la precipitación media del período. El segundo autovector (cuyos multiplicadores muestran una correlación negativa con la latitud, que se acentúa cuando se excluye la zona cordillerana) se hace negativo entre los años 1933 y 1952 con un máximo pronunciado alrededor de 1957.-

Para este estudio se utilizó la reconstrucción de series cortas mediante funciones ortogonales empíricas, que permitió una descripción espacial de las fluctuaciones y tendencias durante el período considerado.-

ABSTRACT

The information from Chubut is analysed by means of empirical orthogonal functions of precipitation in the thirty years periods 1931-1960.-

The first eigenvector shows a slight positive tendency, with a well defined maximum in 1945 superposed on it; by itself, with the ensemble of its multipliers (which have a strong positive correlation with longitude, except in the coastal zone where it's negative) it characterizes in great measure mean precipitation in this period. The second eigenvector (whose multipliers show a negative correlation with latitude, enhanced when the Cordillera de los Andes is excluded) is negative from 1933 to 1952, and has a significant maximum near 1957.-

In this work empirical orthogonal functions were used to assimilate and reconstruct short data series; this made possible a spatial description of fluctuations and tendencies of precipitation in the period under study.-

INTRODUCCION

En un trabajo anterior, (Barros y Mattio, 1978), se comprobó que en lo que va del siglo se han observado significativas tendencias y fluctuaciones en la precipitación de la región patagónica, que por su magnitud han tenido una muy probable in

cidencia ecológica y económica; y también que distintas zonas han sufrido una evolución particular en la magnitud de las precipitaciones y que las regiones intermedias presentan caracteres de transición.-

Durante la década de 1940 se encontró un máximo en numerosas localidades de la zona árida de Chubut cercanas a la costa; en la zona cercana a la cordillera, al menos en donde se disponía de información, es decir en el sector norte, se notó una tendencia creciente de la precipitación en el período 1920-1960.- La zona árida del oeste posee simultáneamente las características mencionadas para las dos regiones ya descritas.-

En la zona árida de Río Negro el período excepcionalmente lluvioso se encontraba en la década del 50, reflejándose esta característica en algunas localidades del noreste de Chubut. La Provincia de Santa Cruz presentaba una tendencia descendente muy marcada de 1930 a 1960 al menos en la región costera, única de la cual se disponía de series no interrumpidas de datos.-

Una dificultad sería encontrada en aquel trabajo fue escaso número de series completas, por lo que la delimitación de las zonas de transición fue imprecisa. Por otra parte hay un importante conjunto de series de Chubut relativamente cortas, entre 10 a 20 años, las que parece razonable contengan información que permita precisar la delimitación entre las zonas con distintas fluctuaciones y tendencias. La mayor parte de estas series se hallan en el período 1931-1960 y por ello se lo eligió como primer objeto de análisis.-

En un trabajo anterior de los autores, (Barros y Rodríguez Seró, 1978) se desarrolló un método para asimilar series cortas en el análisis climatológico de la precipitación, que utiliza como base de la descripción los autovectores más significativos de la matriz de covarianza de las estaciones que poseen series completas en el período normal. Los multiplicadores de las localidades con series incompletas son calculados minimizando el error cuadrático de la representación para los años en que hay datos.-

En el citado trabajo, simulando períodos cortos con subconjuntos de las series completas utilizadas como base, se encontró que el método es altamente satisfactorio en Chubut por cuanto la serie puede ser reconstruída con un error medio menor que el 5% en la mayor parte de los casos; el error medio cuadrático es en general del orden del 10%. Los errores son funciones de la longitud de la serie, el número de funciones ortogonales utilizadas y de la ubicación geográfica. La Figura 1 muestra la confiabilidad de las reconstrucciones cuando se parte de sólo 10 años en una situación desfavorable, con datos de un extremo del período normal de 30 años.-

En función de estos resultados, se decidió utilizar un conjunto de 43 series anuales con 11 ó más años de datos; y mediante el procedimiento citado con los siete autovectores más significativos se reconstruyeron las series para el período

do 1931-1960.-

El conjunto de series completas (1931-1960) tomadas como base es de 18; 15 de Chubut y 3 de Río Negro, Figura 2. Previamente se filtraron los datos con una "hanning window", Jenkins y Watts (1968) a los efectos de eliminar las variaciones de alta frecuencia.

ANALISIS DE LOS AUTOVECTORES MAS SIGNIFICATIVOS

La Figura 3 presenta los tres autovectores más significativos. El primero está asociado, por el valor de su multiplicador, fundamentalmente a la precipitación media de cada estación; presenta una tendencia general positiva muy leve, con un máximo absoluto en el año 1945 y uno secundario en 1950; características que como veremos son propias de casi toda la Provincia de Chubut.-

Aun así y debido a que los datos no fueron centrados y normalizados, el primer autovector contiene más información acerca del valor medio que de las variaciones que pretendemos estudiar.-

El multiplicador del primer autovector presenta una buena correlación con la longitud geográfica.-

Quando se sustituye la longitud por un parámetro más representativo físicamente de la relación entre las distancias a la cordillera y la costa desde cada estación, la correlación mejora apreciablemente.-

El parámetro elegido es: $\ell = (d_e - d_o) / (d_o - d_c)$, donde: d_e es la longitud de la estación; d_o es la longitud estimada de la cordillera en $71^{\circ}35'$ y d_c es la longitud media de la costa para cada franja de un grado de latitud. En la Figura 4 se ve que a partir del valor del parámetro $\ell = 0,25$ hay una leve correlación positiva con el mismo; ese valor corresponde aproximadamente al meridiano 70° W en el cual precisamente se hallan alineadas las zonas más desérticas de la Provincia (Barros, Scian y Mattio, 1979).- Cerca de la costa se observa un aumento de la dispersión explicable por la diferente elevación.-

En general se supone que en la región oeste hay una correlación positiva entre la altura y la precipitación; sin descartar esta suposición concluimos que la longitud es el parámetro de mayor peso por cuanto no se observa allí ninguna correlación entre altura y primer multiplicador. Ello se debe a que los datos disponibles más al oeste son de estaciones ubicadas en valles y que los más altos son de las sierras de Maitén, Leleque, Esquel y Tecka ubicados más al este.-

El segundo autovector está asociado a variaciones importantes que se destacarán luego: los máximos en 1945 y 50 en Chubut y en 1957 en Río Negro. Por ello es de esperar una correlación negativa del multiplicador correspondiente con la latitud, como se observa en la Figura 5, con cierta dispersión debida a otros efectos.-

El tercer autovector presenta también un máximo muy pronunciado en 1944 y un mí-

nimo igualmente marcado en 1954 y 1955, ambas características típicas de la mayor parte de las series de la Provincia de Chubut especialmente en la zona árida. Su multiplicador presenta una distribución con un máximo en el centro de la Provincia y valores negativos hacia el sur y hacia el norte.-

DESCRIPCION DE FLUCTUACIONES Y TENDENCIAS DE LA PRECIPITACION DEL PERIODO 30-60

La Figura 6 muestra la precipitación de Los Altares que presenta un máximo bien definido en el año 1945; la línea de puntos se refiere a los datos y la llena a la serie reconstruida. Este máximo se halla en casi toda la Provincia; pero sólo en la zona central desde Las Plumas hasta Río Pico, y desde Telsen hasta el sur del departamento Tehuelches tiene una forma semejante a la de la Figura 6. En el resto de la Provincia el máximo es más ancho abarcando más años e incluso hay una región con un máximo secundario en el año 1950, Figura 7.-

Se puede caracterizar este máximo dividiéndolo por el valor medio del período. En la Figura 8 se exhibe la distribución geográfica de esta relación. Las estaciones marcadas con una cruz son las que presentaron el máximo absoluto alrededor de 1945 (44 a 46) las de círculo abierto son las que si bien presentan un máximo bien definido en esos años no es el absoluto. Los círculos llenos indican las localidades en donde no se observa ese máximo.-

Se aprecia que en casi toda la Provincia se ha producido ese máximo que es más pronunciado en la zona central. Sólo en la región de Camarones y en zonas adyacentes a Golfo Nuevo no se ha observado. En la región cordillerana norte y en algunas estaciones cercanas a Santa Cruz se observa que el máximo no es absoluto debido a la presencia de tendencias respectivamente crecientes y decrecientes.-

La Figura 9 es equivalente a la 8 pero para el máximo secundario de 1950. La zona de mayor relevancia de este máximo es el sudoeste de la Provincia. En la región cordillerana norte los valores del parámetro elegido tienden a sobrevalorar este efecto debido a que hay allí una tendencia ascendente a lo largo de los treinta años. En la zona norte de la región árida y en una franja que se extiende hasta Tehuelches no se registra esta característica. En la zona ribereña del Río Chubut y hacia el sur en la que no se dió este máximo secundario hay un comportamiento intermedio que se ejemplifica en la Figura 10 con un máximo central en el año 45 ó 46 que decae lentamente dando lugar a un período de precipitación abundante que se prolonga durante toda la década del 40. Es un comportamiento similar al ejemplificado por la Figura 7 característico de la zona rayada en la Figura 9.-

En la primera parte de la década del 50 se producen en casi todo Chubut escasas precipitaciones con un mínimo pronunciado alrededor de los años 54 y 55 como se puede apreciar en las Figuras 6, 7 y 9. La Figura 11 es equivalente a las 8 y 9 pero para este mínimo que cubre prácticamente la Provincia, excepto la zona de

Península de Valdéz y Golfo Nuevo y el norte de la Provincia donde da paso a condiciones típicas de Río Negro. En la zona norte cordillerana se encuentra enmascarado por la tendencia ascendente.

De 1955 hasta 1958 hay una tendencia a la recuperación de las precipitaciones con un máximo en 1957 y 1958, que es pronunciado en Río Negro (Figura 12, semejante a otras localidades como Viedma y San Antonio Oeste). Este máximo se refleja sobre casi toda la Provincia de Chubut con menor intensidad y con excepción de alguna zona en el sud de la misma y en algunas estaciones de cordillera donde la tendencia ascendente continúa aún después de los años 57 y 58 (ver Figura 13, análoga a las Figs. 8, 9 y 11).-

La Figura 14 de La Súnica caracteriza la tendencia ascendente del período 30-60 en la zona montañosa del oeste. Es a la vez un interesante ejemplo de la transición con respecto a la zona de los máximos pronunciados de la década del 40. Esta tendencia es bien acentuada sólo en la zona de la cordillera norte.-

En la Figura 15 se muestra el caso de Esquel que une a la tendencia general la acentuación de la misma por el máximo de fines de la década del 50 característica de Río Negro.-

La Figura 16 muestra la distribución geográfica del cociente entre los valores medios de la precipitación en la década del 50 y la del 30 como un indicador del carácter de la tendencia. La zona central y sur de la Provincia presentó una tendencia decreciente que se puede ver en la Figura 17. Esto concuerda con lo analizado para Santa Cruz por Barros y Mattio (1978) y al mismo tiempo precisa que la tendencia negativa de ese período se extendió hacia el norte hasta abarcar el sur de Chubut y buena parte de su zona árida central.-

CONCLUSION

En el período 1930-60 se observaron en Chubut fluctuaciones y tendencias de la precipitación con diferentes características en las distintas regiones. Se logró delimitar geográficamente estos fenómenos con bastante precisión mediante la asimilación de series cortas. El máximo de 1945 abarca casi toda la Provincia. Un máximo secundario alrededor de 1950 se observa en el sud de la misma y en la zona cordillerana norte. En esta última hay una marcada tendencia creciente durante estos treinta años, mientras que parte del centro y el sur de la Provincia tienen a la inversa una tendencia descendente igual a la encontrada en Santa Cruz.

BIBLIOGRAFIA

- BARROS,V.R. y MATTIO,H.F.,1978; Tendencias y Fluctuaciones climáticas en la Provincia del Chubut; Meteorológica, 8 (En prensa).-
- BARROS,V.R. y RODRIGUEZ SERO,J.A.,1978; Asimilación de datos de períodos cortos/ para el análisis climatológico de la precipitación en la Provincia del Chubut; Meteorológica, 8 (En prensa).-
- BARROS,V.R., SCIAN,B.V. y MATTIO,H.F.,1979; Mapas de precipitación de la Provincia del Chubut; Informe Científico del Centro Nacional Patagónico (En prensa).-
- JENKINS,P. y WATTS, J., 1968; Spectral Analysis; Holden & Day Co., New York,N.Y.

EPIGRAFE DE LAS FIGURAS

- Fig. 1: Simulación de reconstrucción de series incompletas.
- Fig. 2: Distribución geográfica de los datos utilizados.
- Fig. 8: Relación entre el máximo de 1944-46 y el promedio 1931-60.
x = máximo absoluto; 0 = máximo relativo; ● = sin máximo definido.
- Fig. 9: Relación entre el máximo de 1950 y el promedio 1931-60.
- Fig.11: Relación entre el mínimo de 1954-55 y el promedio 1931-60.
- Fig.13: Relación entre el máximo de 1957-58 y el promedio 1931-60.
- Fig.16: Relación entre los promedios 1931-40 y 1951-60.

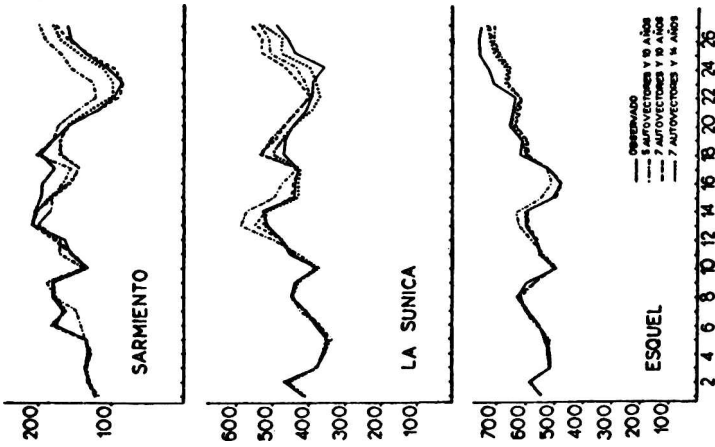


Figura 1

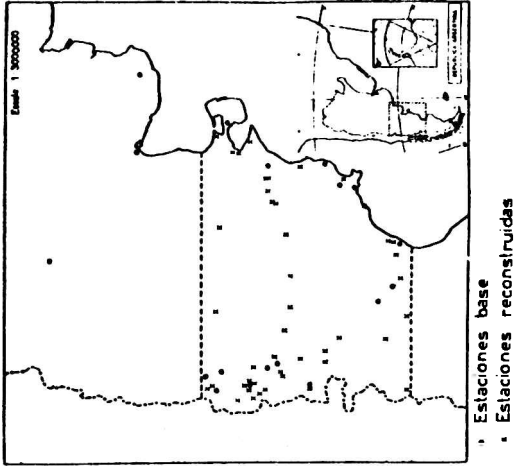


Figura 2

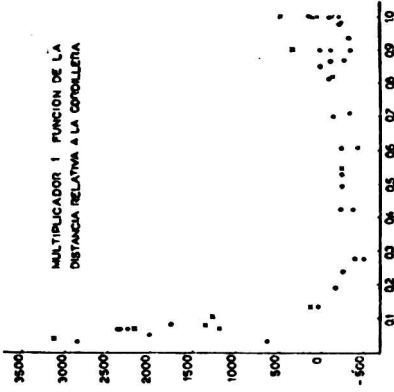


Figura 4

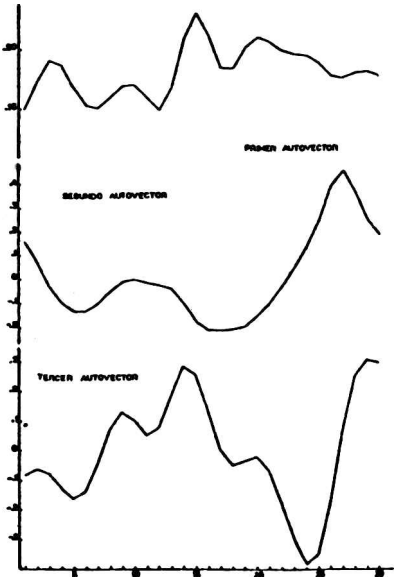


Figura 3

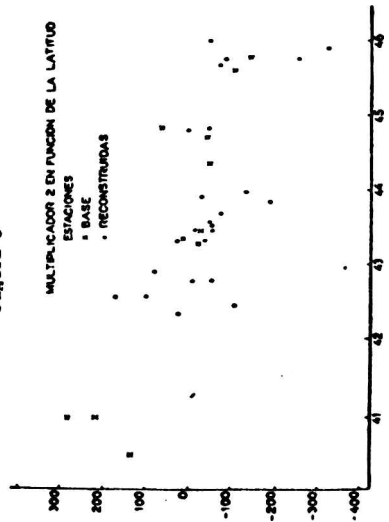


Figura 5

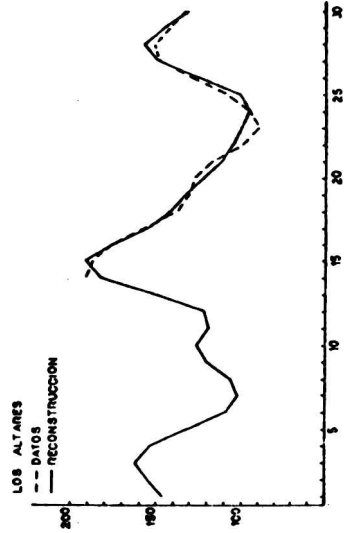


Figura 6

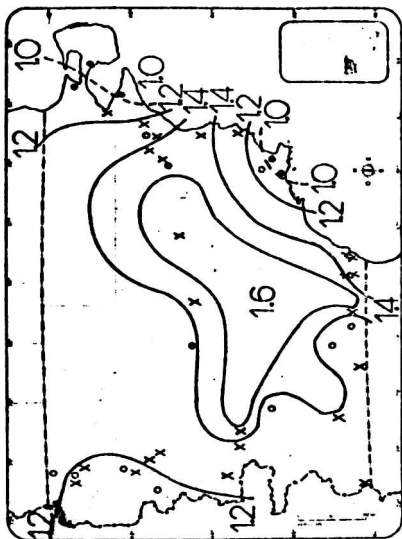


Figura 8

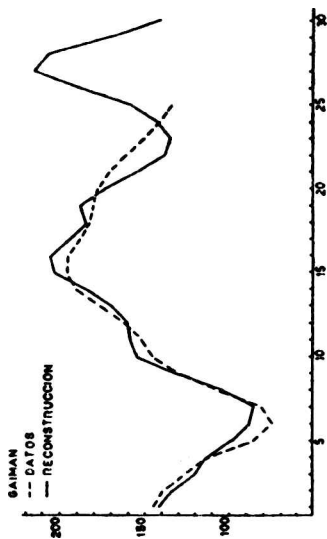


Figura 10

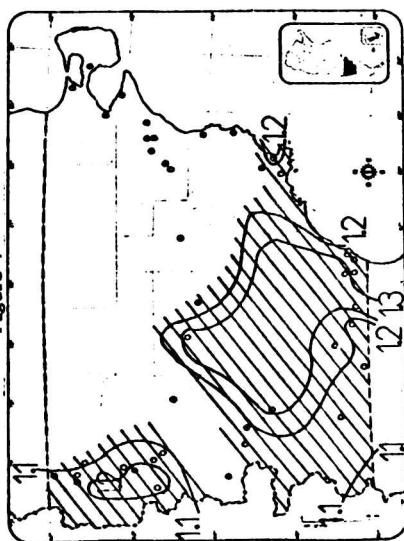
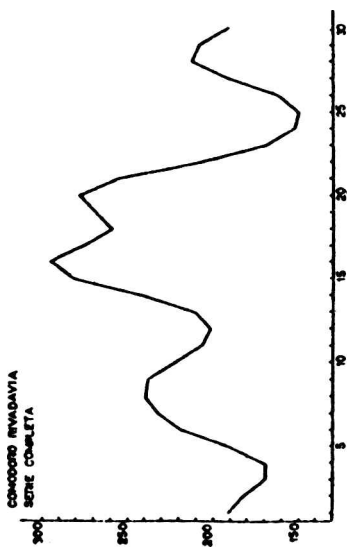


Figura 7

Figura 9

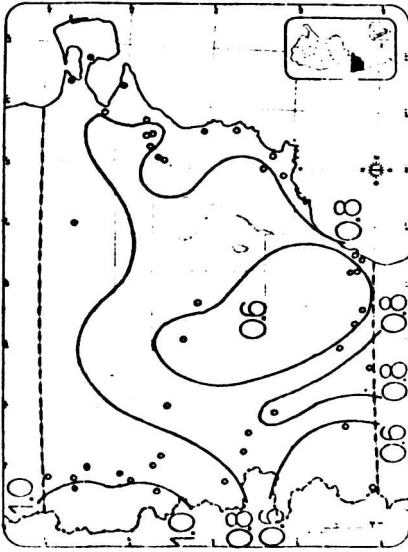


Figura 11

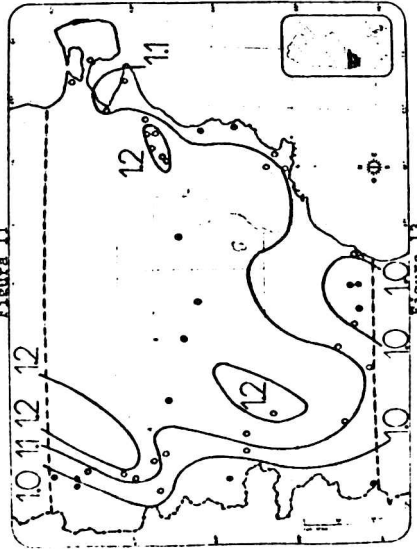


Figura 13

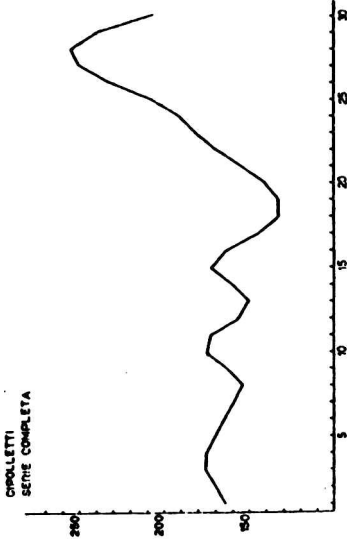


Figura 12

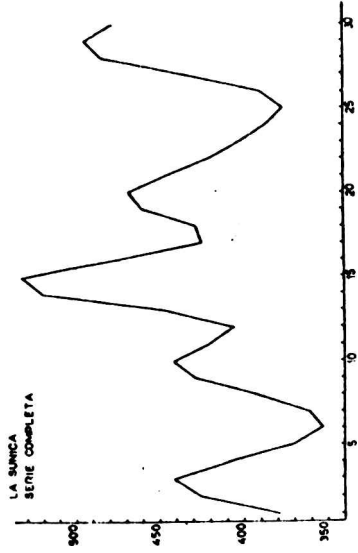


Figura 14

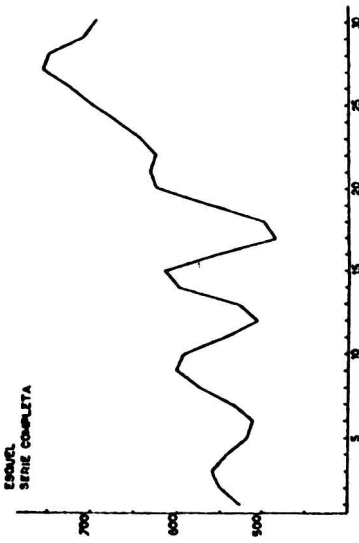


Figura 15

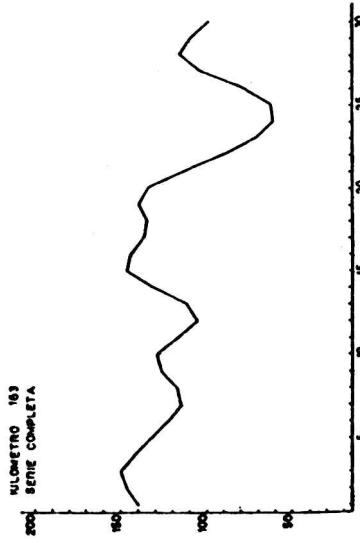


Figura 17

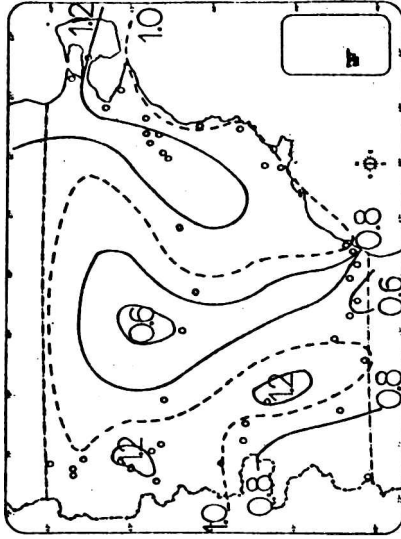


Figura 16

