

DISTRIBUCION DE PROBABILIDAD DE VALORES DE HUMEDAD EDAFICA

Juan A. Forte Lay y Adrián Troha

Centro de Investigaciones Biometeorológicas (CIBIOM-CONICET).

Buenos Aires, República Argentina.

RESUMEN

Se utilizó el balance hidrológico de Thornthwaite-Mather para estimar la reserva de agua en el suelo, empleando la evapotranspiración potencial media diaria según Perman. Este estudio fue realizado utilizando precipitaciones diarias del período 1911-80 para 6 localidades de la Región pampeana.

Aunque las series estimadas de almacenaje de agua en el suelo son diarias, resultó conveniente agruparlas como promedio en períodos pentádicos, decádicos, quincenales y mensuales para evitar un exceso de información superflua.

Con el objeto de obtener una distribución teórica de frecuencias que ajustara adecuadamente las distintas series de almacenaje de agua anteriormente mencionadas, se empleó la función de distribución de probabilidades Beta (I) de 2 parámetros.

Se calcularon las probabilidades de ocurrencia de valores de almacenaje de agua edáfica para todos los períodos mencionados. Su utilización permite definir períodos secos y húmedos de acuerdo a su intensidad, duración y probabilidad de ocurrencia, lo cual será de suma utilidad para la planificación agrícola de secano.

ABSTRACT

A daily water balance, after Thornthwaite-Mather, was used to estimate the water reserve in the ground, the mean daily potential evapotranspiration utilized was derived from Perman's equation. The study was made with the daily precipitations from six localities in the Pampean Region and for the period 1911-80.

Although the computed series for the soil water storage are daily, it was convenient to group them as average for pentadic, decadic, fortnightly and monthly period to obviate an excess of superfluous information.

With the aim of obtaining a theoretical distribution of frequencies adequately adjusting to the above mentioned different water storage series, a two parameters Beta (I) probabilities distribution was employed.

The occurrence probability of storage values of edafic water were computed for the whole 1911-80 period. Its use allows to define dry and wet periods in accordance with the intensity, duration and occurrence probability, an information which will be of important value and utility for the dry-barren land agriculture planning.

INTRODUCCION

La cantidad de agua contenida en el suelo y disponible para los cultivos en un momento determinado, es un elemento agroclimático de fundamental importancia para la planificación agrícola de secano.

El almacenaje o reserva de agua en el suelo, depende de factores edáficos, atmosféricos y biológicos que actúan simultáneamente y el conocimiento de su climatología sólo puede ser obtenido a partir de series largas de observaciones directas de humedad del suelo, las cuales no están generalmente disponibles, o de valores estimados mediante métodos de balance hidrológico, cuya validez al compararlos con series de valores observados ha sido reiteradamente demostrada en numerosos trabajos realizados por el CIBIOM (Forte Lay y Burgos, 1978; Burgos y Forte Lay, 1978; Burgos, Troha y Forte Lay, 1980; Forte Lay y Villagra, 1983; Forte Lay, Troha y Villagra, 1985).

El objetivo de este trabajo fue el de emplear una función teórica de distribución de frecuencias que ajustara adecuadamente a las series de valores de almacenaje obtenidos por balance hídrico diario, tomando como antecedente más importante un trabajo de Ravelo y Decker (1979) que utilizaron con éxito la misma función teórica para ajustar la distribución de un índice de humedad del suelo en Columbia, Missouri, U.S.A.

MATERIALES Y METODO

Para estimar las series de almacenaje de agua en el suelo (en adelante series empíricas), se utilizó el balance hidrológico diario de Thornthwaite y Mather (1955), empleando la evapotranspiración potencial media diaria según Penman, calculada en base a valores mensuales medios obtenidos por Damario y Cattaneo (1982).

Se ha demostrado fehacientemente el buen ajuste brindado por este método cuando se lo compara con valores medidos de humedad del suelo cubierto por una pradera permanente.

El estudio fue realizado utilizando registros pluviométricos diarios del período 1911-1980 para seis localidades de la región pampeana, diferenciadas por sus características edafohidrológicas.

La capacidad máxima de retención (capacidad de campo) elegida fue la equivalente a una lámina de agua de 300 milímetros de espesor, la que según trabajos anteriores realizados en el CIBIOM (Burgos y Forte Lay, 1978; Burgos Troha y Forte Lay, 1980; Forte Lay, Troha y Villagra, 1985) resultó ser la más representativa para la región en estudio y que equivale aproximadamente a una profundidad de algo más de 1 m en los suelos arenosos y de 0,60-0,70 m en los arcillosos.

Aunque las series estimadas de almacenaje de agua en el suelo son diarias, resultó conveniente agruparlas como promedio en períodos pentádicos, decádicos, quincenales y mensuales para evitar un exceso de información superflua y disminuir la dispersión.

Con el objeto de obtener una distribución teórica de frecuencias que ajustara adecuadamente a las distintas series de almacenaje de agua anteriormente mencionadas, se empleó la función de distribución de probabilidad Beta (I) de 2 parámetros. La misma está acotada por 2 límites (cero y uno) y se adapta muy bien a distribuciones empíricas de frecuencia de variables aleatorias que tengan límites máximo y mínimo definidos (transformando dichos límites a cero y uno respectivamente) como es el caso de la humedad del suelo, cuyos valores posibles se encuentran entre cero y capacidad de campo.

La función Beta de 2 parámetros (Beta incompleta tabulada por Pearson, 1948) y que está relacionada con las distribuciones GAMMA tiene dos parámetros (alfa y beta) y esta definida por

$$B(\alpha, \beta) = \int_0^1 x^{\alpha-1} \cdot (1-x)^{\beta-1} dx = \frac{\Gamma(\alpha) \cdot \Gamma(\beta)}{\Gamma(\alpha + \beta)} \quad \begin{array}{l} \text{siendo } \alpha > 0 \\ \text{y } \beta > 0 \end{array}$$

Los parámetros $\hat{\alpha}$ y $\hat{\beta}$ fueron calculados a partir de la media aritmética de la muestra y la varianza de la misma (Hahn y Shapiro, 1968 y Yevjevich, 1972) de acuerdo a:

$$\beta = \frac{(1 - \bar{X})}{S^2} \cdot (\bar{X} \cdot (1 - \bar{X}) - S^2); \quad \alpha = \frac{\beta \cdot \bar{X}}{(1 - \bar{X})}$$

La función de densidad de probabilidad está dada por

$$f(x) = \frac{x^{\alpha-1} \cdot (1-x)^{\beta-1}}{B(\alpha, \beta)}$$

Se demostró un excelente ajuste mediante las pruebas de Chi-cuadrado y Smirnov-Kolmogorov.

Mediante un programa de computación fue posible calcular las frecuencias empíricas de ocurrencia de valores de almacenaje de agua edáfica (1 a 99%) para todos los períodos mencionados, calculándose al mismo tiempo las probabilidades de acuerdo a las distribuciones teóricas respectivas.

RESULTADOS Y DISCUSION

En las figuras 1, 2, 3 y 4 se han representado gráficamente las frecuencias porcentuales de almacenaje de agua edáfica que surgen de las series empíricas correspondientes y la función teórica de ajuste para la tercera pentada de los meses de Enero, Abril, Julio y Octubre, respectivamente. Debiendo destacarse que se ha presentado dicha pentada solamente como ejemplo, obsérvándose aún un mejor ajuste para los períodos decádicos quincenales y mensuales.

Como es lógico suponer, en las estaciones más húmedas y en los meses en que el balance hídrico determina valores más altos de humedad edáfica (Ej. Balcarce y Pergamino en los meses de Julio y Octubre), se observa que las distribuciones de frecuencia tienen una asimetría fuertemente negativa, por el contrario, en las estaciones más secas y en los meses en que el balance hídrico determina valores de humedad edáfica más bajos (Ej. Anguil y San Mauricio en Enero), se observan asimetrías positivas.

En las demás situaciones hay una tendencia hacia una asimetría negativa aunque las distribuciones son más simétricas.

En todos los casos la función Beta se comportó satisfactoriamente para ajustar las distribuciones empíricas.

En la figura 5 se observan los valores de almacenaje que se pueden esperar para cada pentada a lo largo del año agrícola, de acuerdo a la distribución empírica y teórica de ajuste en la localidad de San Mauricio.

La gráfica para la probabilidad del 20% expresa que se contará con un almacenaje igual o superior una vez cada 5 años. Con un criterio similar se han dibujado las gráficas para el 50 y 80% de probabilidad.

Puede observarse también en este caso que el ajuste entre la curva construida a partir de frecuencias empíricas y la que se obtuvo a partir de las correspondientes frecuencias teóricas es muy aceptable.

Este tipo de representación permite visualizar la probabilidad de ocurrencia de períodos secos y húmedos y su intensidad.

En la figura 6 se han fijado dos niveles de almacenaje, 40 y 70% de la capacidad de campo que pueden expresar 2 niveles de sequía: absoluta y condicional respectivamente (Burgos y Forte Lay, 1978); definiéndose para cada época del año las probabilidades de ocurrencia de valores iguales o mayores a dichos niveles de almacenaje.

De estas dos últimas gráficas se puede extraer por ejemplo que en la localidad de San Mauricio, aunque se verifica una estación de suelo más húmedo que comienza en Marzo y concluye en Octubre o Noviembre, el riesgo de sequía es alto durante todo el año, ya que el período de mayores precipitaciones se concentra en la época en que el suelo se encuentra seco por la gran evapotranspiración.

En la figura 6 se observa que ni siquiera la mitad de los años (probabilidad 50%) el suelo se encuentra con valores iguales o mayores al nivel de sequía condicional durante la época húmeda.

También con este tipo de representaciones gráficas (obtenidas de la salida de un programa de computación que realiza todo el proceso de balance, cálculo de frecuencias y ajuste), se pueden maximizar las probabilidades de éxito de los cultivos, efectuando las siembras en los momentos más oportunos para hacer coincidir las fases críticas de los cultivos con los períodos más favorables desde el punto de vista hídrico; como así también contar con criterios para estimar las fechas de comienzo y fin de las estaciones húmedas y secas en regiones de lluvias estacionales, etc.

Por otra parte, si se contara con registros pluviométricos completos de series largas y confiables de una red densa, sería posible dibujar isolíneas en mapas que muestren los campos de los parámetros más importantes que definen la climatología del agua en el suelo, los que analizados para los sucesivos períodos calendarios permitirán un conocimiento más detallado del que hoy se tiene de la dinámica del agua en el suelo.

CONCLUSIONES

La distribución teórica de frecuencias Beta (I) de 2 parámetros ajusta muy bien a las distribuciones empíricas de valores de almacenaje de agua para períodos iguales o mayores a los 5 días, lo cual se comprobó mediante las pruebas de bondad de ajuste de Chi-cuadrado y Smirnov-Kolmogorov.

El ajuste para series empíricas diarias no es aconsejable pues aumenta la dispersión de los valores y no tiene sentido práctico.

La metodología de trabajo empleada permite contar con una información valiosa que puede servir para comprender la climatología del agua edáfica que a su vez es de fundamental importancia para la planificación agrícola de secano.

Agradecimientos: Los autores desean expresar su agradecimiento al Ing. Agr. E.A. Damario por haber proporcionado los datos de evapotranspiración potencial medios mensuales estimados según Penman-Frère y al Servicio Meteorológico Nacional y al Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria por la información pluviométrica brindada.

EPIGRAFES DE LAS FIGURAS

- Fig. 1: Frecuencias porcentuales de almacenaje de agua edáfica empíricas y según función teórica de ajuste Beta (I) para la 3^a pentada del mes de Enero.
- Fig. 2: Frecuencias porcentuales de almacenaje de agua edáfica empíricas y según función teórica de ajuste Beta (I) para la 3^a pentada del mes de Abril.
- Fig. 3: Frecuencias porcentuales de almacenaje de agua edáfica empíricas y según función teórica de ajuste Beta (I) para la 3^a pentada del mes de Julio.
- Fig. 4: Frecuencias porcentuales de almacenaje de agua edáfica empíricas y según función teórica de ajuste Beta (I) para la 3^a pentada del mes de Octubre.
- Fig. 5: Valores de almacenaje empíricos y según función teórica de ajuste Beta (I) para todas las pentadas del año agrícola en la localidad de San Mauricio y según 3 niveles de probabilidad.
- Fig. 6: Probabilidades de ocurrencia para 2 niveles de almacenaje (sequía condicional y absoluta) a lo largo de las pentadas del año agrícola para la localidad de San Mauricio.

BIBLIOGRAFIA

- 1) Burgos, J.J. y Forte Lay, J.A. 1978. Método para habilitar la información de la red pluviométrica en el estudio areal del régimen de la sequía edáfica. Taller de trabajo Argentino-Estadounidense sobre sequías. Mar del Plata. Diciembre 1978.
- 2) Burgos, J.J.; Troha, A. y Forte Lay, J.A. 1980. Capacidad de agua y verificación de modelos de estimación de valores mínimos de almacenaje en algunos suelos áridos y semiáridos. IDIA (INTA). Supl. 36:87-95.
- 3) Damarío, E.A. y Cattaneo, C.L. 1982. Estimación climática de la evapotranspiración potencial en la Argentina según el método de Penman 1948. Rev. de la Facultad de Agronomía, 3(3):271-292.
- 4) Forte Lay, J.A. y Burgos, J.J. 1978. Verificación de métodos de estimación de la variación del almacenaje de agua en el suelo. Taller de trabajo Argentino-Estadounidense sobre sequías. Mar del Plata. Diciembre 1978.
- 5) Forte Lay, J.A. y Villagra, M.M. 1983. El balance hidrológico de Thornthwaite-Mather (1955) aplicado bajo diferentes unidades de tiempo. Verificación con valores observados y comparación de sus resultados. XI Congreso Nacional del Agua. Tomo I aguas superficiales 1:89-119.
- 6) Forte Lay, J.A.; Troha, A. y Villagra, M.M. 1985. Estudio de la dinámica del agua en el suelo bajo pradera permanente, barbecho y cultivos estacionales. XII Congreso Nacional del Agua. Mendoza, Mayo 1985. En prensa.
- 7) Hahn, G.J. and Shapiro, S.S. 1968. Statistical models in Engineering. John Wiley and Sons, New York pp 355.
- 8) Pearson K. 1948. Table of the Incomplete Beta function. London. Biometrika, University College.
- 9) Ravelo, A.C. y Decker, W.L. 1979. The probability distribution of a soil moisture index. Agricultural Meteorology 20:301-312.
- 10) Thornthwaite, C.W. y Mather, J.R. 1955. The water balance. Publication in Climatology. VIII(1):104 p. Drexel Inst. of Techn., New Jersey.
- 11) Yevjevich, V. 1972. Probability and Statistics in hidrology. Water Resources publications. Fort Collins. Colorado, U.S.A.

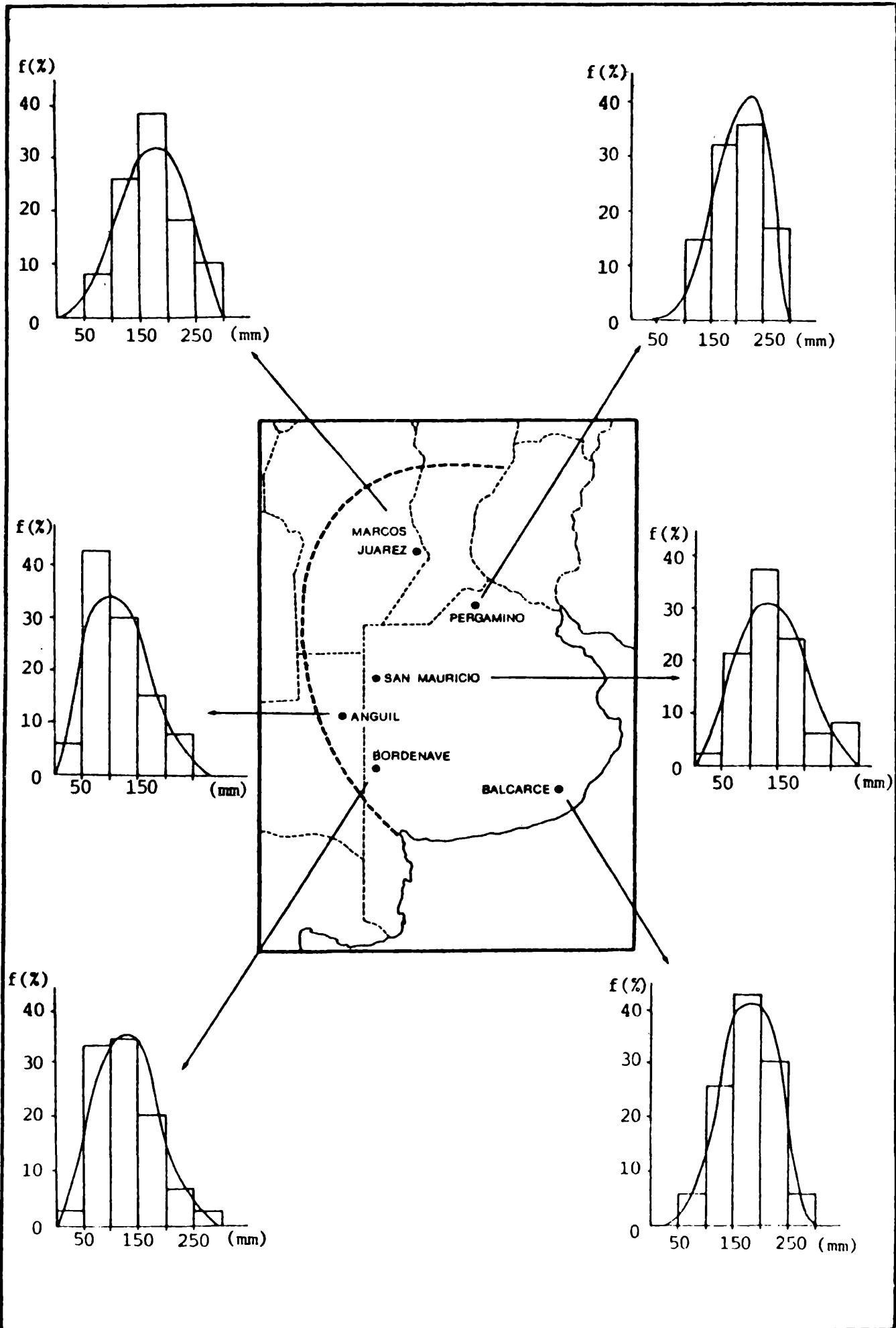


Figura 1

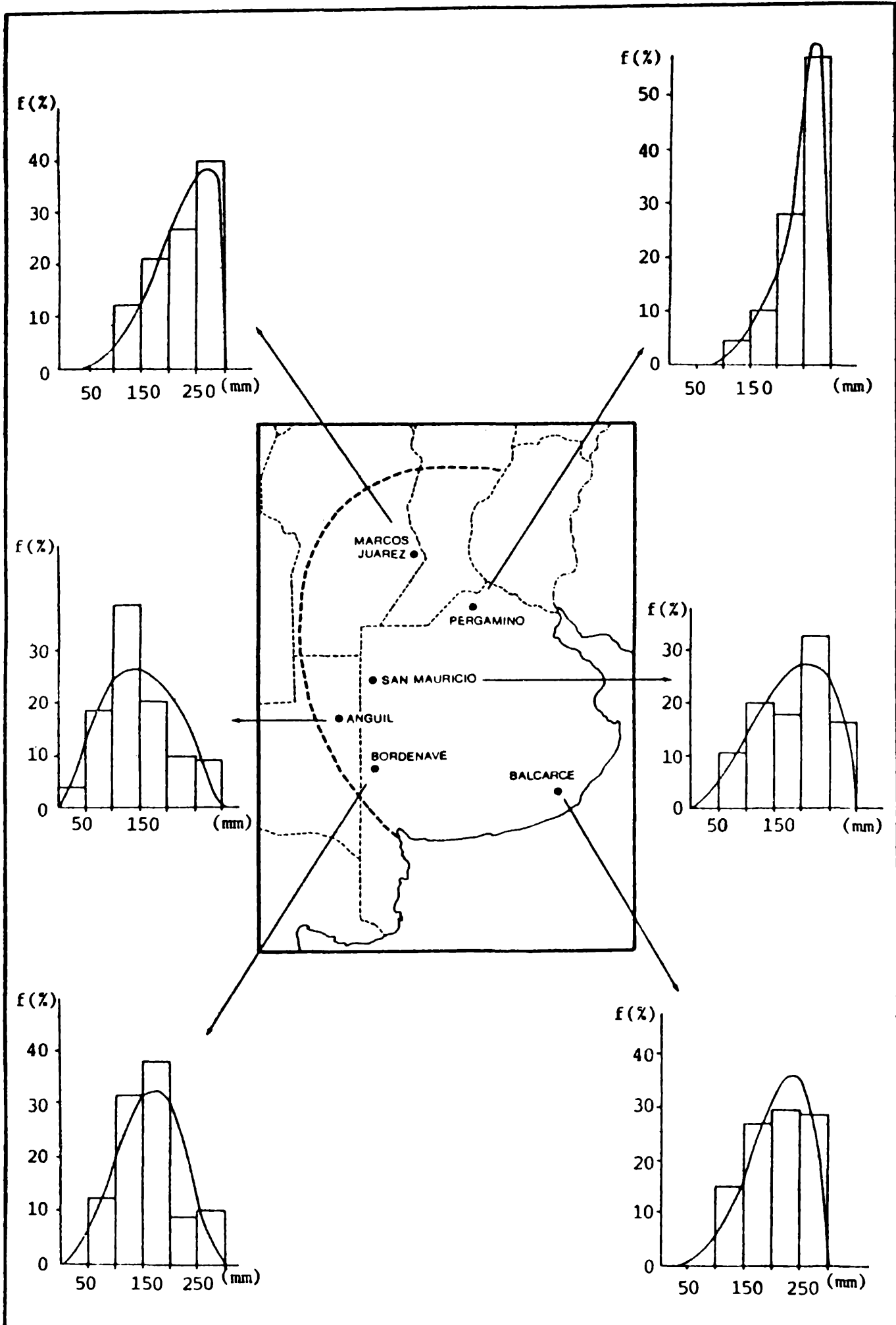


Figura 2

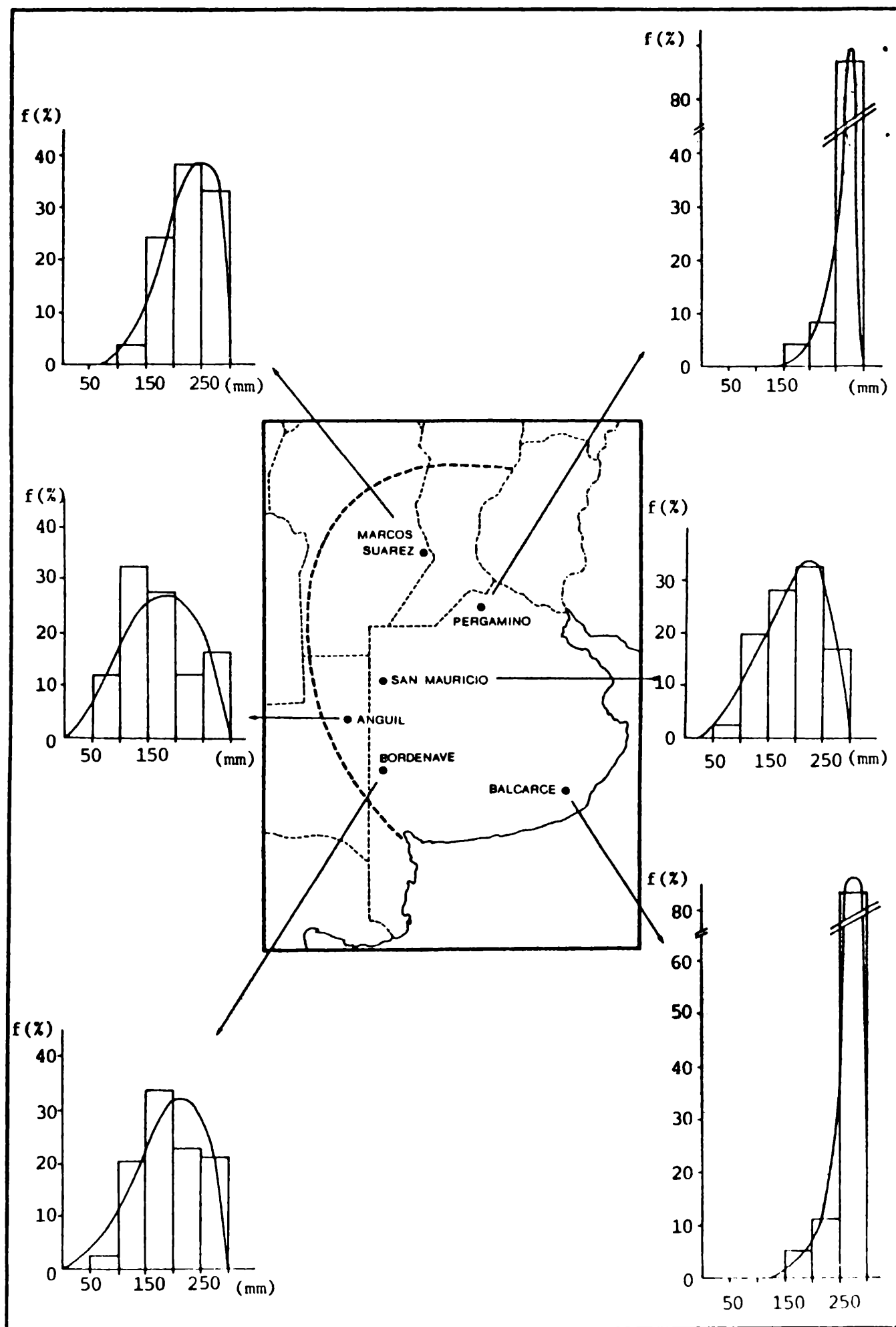


Figura 3

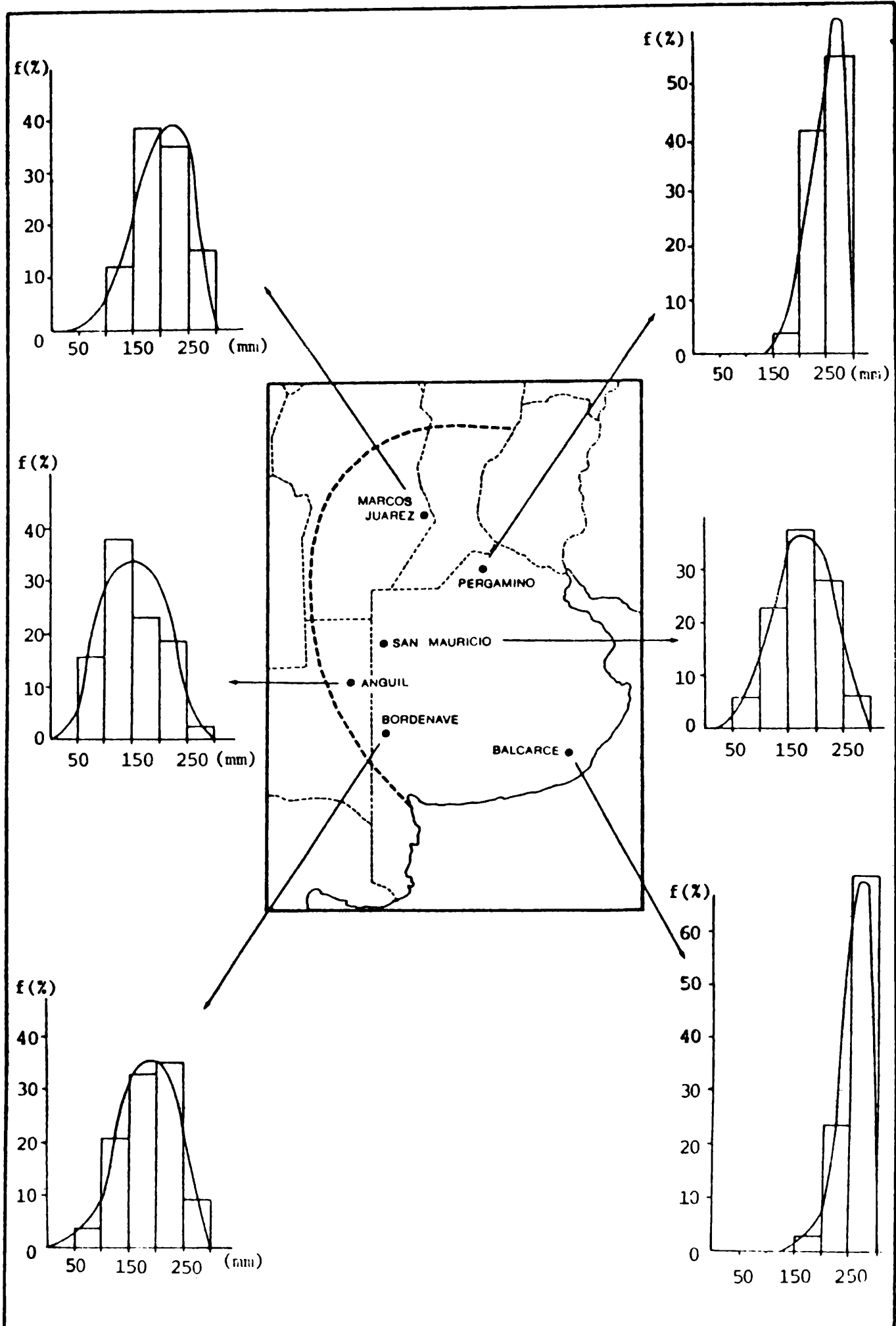


Figura 4

