

ESTUDIOS NO CONVENCIONALES DE EXCESOS Y DEFICIENCIAS
DE AGUA EN LA REGION PAMPEANA

Ricardo A. del Barrio y Roberto M. Quintela
Centro de Investigaciones Biometeorológicas (CONICET)
Buenos Aires, República Argentina

RESUMEN

A partir de los valores diarios de almacenaje de agua en el suelo obtenidos con el Balance Hidrológico Diario de Thornthwaite y Mather, (utilizando la evapotranspiración potencial de Penman-Frère), se calcularon los almacenajes promedios para cada década (10 días) de cada mes de una serie de localidades dentro de la Región Pampeana.

Se definieron como décadas secas o húmedas aquellas en que el almacenaje promedio de las mismas estuviera por debajo o por encima, respectivamente, de un determinado nivel crítico. Para cada década del año se obtuvieron las frecuencias de décadas secas y húmedas y secas y húmedas precedidas por una década seca o húmeda respectivamente, así como las probabilidades de ocurrencia correspondientes. Estas últimas presentan, para el caso de décadas secas y décadas secas consecutivas, valores máximos en verano y mínimos en invierno, inversamente a lo que ocurre con las décadas húmedas y húmedas consecutivas.

Además, aplicando una metodología de trabajo similar, se calcularon las frecuencias y probabilidades de ocurrencia de períodos consecutivos con precipitaciones superiores a 30 y 50 mm, umbrales que están en relación al régimen pluviométrico de cada localidad analizada. Los resultados obtenidos determinaron probabilidades de ocurrencia muy bajas para dos o más décadas consecutivas.

ABSTRACT

Decadic (ten days) values of the mean average soil water storage were computed for a number of localities in the Pampean region. The input data were obtained from the Thornthwaite-Mather's Daily Hydrological Balance, using potential evapotranspiration

estimates derived from the Penman-Frère formula.

These decadic values were organized in relation to a defined critical value of the soil water storage so enabling the definition of dry and wet decades as those which average storages were below or above that reference critical level. The year's frequencies of dry and wet decades and dry and wet decades preceded by a dry or a wet decade respectively were computed together with their corresponding occurrence probabilities. The values obtained showed summer maxima and winter minima probabilities for the case of dry decades and consecutive dry decades. The inverse showed to be the case for wet and consecutive wet decades.

Furthermore, the application of a similar methodology enabled the calculation of the occurrence frequencies and probabilities of consecutive periods with decadic rainfalls above of 30 and 50 mm. These thresholds are related to the rainfall regime of each analyzed locality. The results obtained showed very low occurrence probabilities for two or more consecutive decades.

INTRODUCCION

El conocimiento de las frecuencias y probabilidades de ocurrencia de períodos de días secos o húmedos consecutivos es de gran importancia para los técnicos relacionados con las actividades agrohidrológicas.

El uso de datos diarios de precipitación permite analizar una amplia gama de índices relacionados con la ocurrencia de estos fenómenos (Stuff, 1969; Vidal et al, 1979; Vargas, 1981; Stern et al, 1982; Stern and Dale, 1983; Del Barrio, 1986).

Cuando se analiza específicamente la dinámica del agua en el suelo como factor causal del crecimiento y/o desarrollo de los cultivos es conveniente el estudio de días secos o húmedos consecutivos a partir de ecuaciones de balance de agua (W.M.O., 1975).

En el presente trabajo se utilizaron una serie de técnicas estadísticas con dos objetivos principales:

- a) Determinar las frecuencias y probabilidades de ocurrencia de períodos secos o húmedos consecutivos a partir de valores de almacenaje de agua de los suelos, obteni-

dos por la aplicación del Balance Hidrológico Diario de Thornthwaite y Mather (1955) empleando la ecuación de Penman-Frere (1972) como método de estimación de la evapotranspiración potencial diaria.

- b) Determinar las frecuencias y probabilidades de ocurrencia de períodos consecutivos con precipitaciones superiores a un umbral dado.

La elección de las localidades se realizó en base a los estudios de Burgos y Vidal (1951) y Burgos (1963) que delimitaron zonas climáticas áridas, semiáridas y subhúmedas de nuestro país, en función del índice hídrico de Thornthwaite (1948).

En este trabajo se han elegido para su estudio once localidades ubicadas en tres zonas bioclimáticamente distintas; subhúmeda húmeda, subhúmeda seca y semiárida, dentro de la Región Pampeana y con características edafológicas distintivas entre sí (Moscatelli, et al, 1980). (Figura 1).

MATERIALES Y METODO

Los datos de precipitación diaria fueron cedidos por el Servicio Meteorológico Nacional y corresponden a registros de por lo menos 50 años de todas las localidades estudiadas.

a) Almacenaje de agua del suelo

Se utilizó el balance hidrológico diario basado en la metodología propuesta por Thornthwaite y Mather (1955), empleando la ecuación de Penman modificada por Frère (1972) como método de estimación de la evapotranspiración potencial diaria, por haberse comprobado en trabajos anteriores del CIBIOM (Forte Lay y Burgos, 1978; Forte Lay y Troha, 1985), su buen ajuste con resultados obtenidos experimentalmente.

A partir de los valores diarios de almacenaje de agua del suelo obtenidos con el balance se dividió cada mes en tres períodos equiespaciados (1 a 10; 11 a 20 y 21 a 28, 29, 30 y 31) según corresponda y se calcularon los almacenajes promedios de cada una de estas décadas.

Se definió como década seca aquella en la que el almacenaje promedio de los 10 días fuera menor que un nivel dado y como dé-

cada húmeda aquella en que el almacenaje medio fuera mayor o igual a dicho umbral; trabajándose con niveles de sequía correspondientes al 75% y al 50% de la capacidad de campo.

Estos umbrales corresponden a lo definido por Forte Lay y Burgos (1978) como niveles de sequía condicional y absoluta respectivamente.

A lo largo del ciclo de un cultivo de la región pampeana una disminución del contenido del agua del suelo por debajo del 75% de su capacidad de campo durante un período crítico del crecimiento y/o desarrollo del cultivo condiciona una merma en su rendimiento final, mientras que una disminución del contenido hídrico del suelo por debajo del 50% de la capacidad de campo (punto de marchitez permanente), en cualquier momento del ciclo ocasionaría la muerte del cultivo por stress hídrico.

En este trabajo se estableció una capacidad máxima de retención de agua de 300 mm para todos los suelos estudiados correspondiendo, por lo tanto, niveles de sequía de 225 mm y 150 mm para los umbrales antedichos.

Para cada década del año se obtuvieron las frecuencias de décadas secas y húmedas precedidas por una década seca o húmeda respectivamente.

Se calcularon las probabilidades de ocurrencia simples o condicionales según correspondiera, de cada uno de los eventos antedichos y se determinaron, a través del análisis de probabilidades sucesivas de un mismo evento, las probabilidades de ocurrencia de varias décadas secas o húmedas consecutivas a partir de una dada década (Oldeman y Frère, 1982).

Es entonces posible calcular la probabilidad, por ejemplo, de tres décadas consecutivas, comenzando con la década 1, en la siguiente forma:

$$P_{(D_1)} * P_{(D_2/D_1)} * P_{(D_3/D_2)}$$

donde

$P_{(D_1)}$ = probabilidad que la década 1 sea seca

$P_{(D_2/D_1)}$ = probabilidad que la década 2 sea seca si la 1 fue seca.

$P(D_3/D_2)$ = probabilidad que la década 3 sea seca si la 2 fue
seca

b) Precipitaciones excesivas

Aplicando una metodología de trabajo similar se definió en forma general como década con precipitaciones excesivas aquella donde las mismas fueron superiores a dos umbrales, 30 y 50 mm, para todas las localidades analizadas.

Análogamente a lo expresado en el apartado a) se obtuvieron las frecuencias de décadas con precipitaciones excesivas, tanto simples como condicionales a la ocurrencia de precipitaciones excesivas en la década precedente .

Se calcularon las probabilidades simples y condicionales de los eventos antedichos y las probabilidades de ocurrencia de varias décadas consecutivas con precipitaciones excesivas a partir de una década dada.

RESULTADOS Y DISCUSION

En las Figuras 2 y 3 se muestran las probabilidades de ocurrencia de 2,3,6, y 9 décadas secas o húmedas consecutivas, a partir de una dada década a lo largo del año, para ambos niveles de sequía edáfica considerados en las localidades de San Mauricio y Dolores (Pcia. de Buenos Aires).

En todos los casos estudiados, las probabilidades de ocurrencia de décadas secas consecutivas presentan un valor máximo en verano y un valor mínimo en invierno, definiendo una tendencia decreciente en sentido oeste-este de la región pampeana. Por ejemplo, en verano se observan probabilidades de ocurrencia de nueve décadas secas consecutivas (umbral: 150 mm) que fluctúan desde un máximo en Hilario Ascasubi (83,8%) hasta un mínimo en Pergamino (1,3%), mientras en invierno dichas probabilidades bajan a 53,5% y 0,3% respectivamente.

Por su parte, las probabilidades de ocurrencia de décadas húmedas consecutivas tienen una tendencia temporal y espacial inversa a las anteriores. Así, se observan probabilidades de ocurrencia de dos décadas húmedas consecutivas (umbral: 250 mm) de 0% en Hilario Ascasubi y 27% en Pergamino durante los meses de verano y de 6,8% y 94,6% respectivamente en invierno.

Los resultados obtenidos configuran una herramienta útil que permite detectar, durante la estación de crecimiento de cada cultivo, períodos que pudieran ser riesgosos con respecto a las disponibilidades de agua para el crecimiento y desarrollo de los cultivos.

Conociendo el ciclo, características y períodos críticos de cada cultivo, la metodología aquí expuesta permite un planeamiento agrícola racional basado en la optimización del uso del recurso agua por las plantas.

b) Precipitaciones excesivas

En la Figura 4 se observan las probabilidades de ocurrencia de 2 décadas consecutivas con precipitaciones mayores a 30 y 50 mm a partir de una década dada a lo largo del año, en las localidades de San Maurício y Dolores.

En todas las situaciones analizadas, las probabilidades de ocurrencia de décadas consecutivas con precipitaciones mayores o iguales a 30 y 50 mm son muy bajas, concentrándose en el semestre cálido hacia el oeste de la región.

Las probabilidades de ocurrencia de más de tres décadas consecutivas con esos niveles de precipitación tendían a cero en todas las localidades estudiadas.

CONCLUSIONES

- 1.- Las probabilidades de ocurrencia de décadas secas y de décadas secas consecutivas a partir de los valores de almacenaje de agua de los suelos presentan un valor máximo en verano y mínimo en invierno. Para décadas húmedas y décadas húmedas consecutivas la relación es inversa, observándose las mayores probabilidades durante los meses invernales y las menores durante el verano, cualquiera sea la localidad estudiada.
- 2.- Las probabilidades de ocurrencia de décadas secas consecutivas varían de acuerdo a las zonas bioambientales consideradas. Las mayores probabilidades corresponden a la localidad de H. Ascasubi (Región Pampeana Semiárida), en

cualquier época del año. Se observa luego un decrecimiento de las probabilidades al pasar a localidades ubicadas en la Región Pampeana Subhúmeda-seca y Subhúmeda-húmeda.

- 3.- Para el caso de probabilidades de ocurrencia de décadas húmedas consecutivas, los mayores valores corresponden a las localidades de Azul, Pergamino, Dolores y Balcarce, decreciendo hacia el oeste y sudoeste con valores mínimos en Ascasubi, Anguil, Bordenave.
- 4.- Las probabilidades de ocurrencia de décadas consecutivas con precipitaciones mayores o iguales a 30 y 50 mm no presentan una tendencia espacial definida y los valores obtenidos son muy bajos, no superando el nivel de 32% para dos décadas consecutivas con precipitaciones mayores o iguales a 30 mm y del 15% para el caso de dos décadas con precipitaciones iguales o superiores a 50 mm.

Agradecimientos. Los autores desean expresar su agradecimiento a la Lic. Marta Ferreiro por su colaboración en la elaboración de los programas de computación necesarios para la realización del presente trabajo.

EPIGRAFES DE LAS FIGURAS

- Fig 1: Ubicación geográfica y bioclimática de las localidades estudiadas
- Fig 2: Probabilidades de ocurrencia de 2,3,6 y 9 décadas secas consecutivas a partir de una década dada a lo largo del año, para ambos niveles de sequía edáfica considerados en las localidades de San Mauricio y Dolores (Provincia de Buenos Aires).
- Fig.3: Probabilidades de ocurrencia de 2,3,6 y 9 décadas húmedas consecutivas a partir de una década dada a lo largo del año, para ambos niveles de sequía edáfica considerados en las localidades de San Mauricio y Dolores (Pcia. de Buenos Aires).
- Fig.4: Probabilidades de ocurrencia de 2 décadas consecutivas con precipitaciones mayores a 30 y 50 mm a partir de una década dada a lo largo del año, en las localidades de San Mauricio y Dolores (Pcia. de Buenos Aires).

BIBLIOGRAFIA

- 1) Burgos, J.J. y A.L. Vidal, 1951. Los climas de la República Argentina según la nueva clasificación de Thornthwaite. Meteoros, Año I, N°1.
- 2) Burgos, J.J., 1963. El clima de las zonas áridas de la República Argentina. IDIA. Tomo XVII N°4
- 3) Del Barrio, R.A., 1986. Métodos de análisis de días secos consecutivos. Revista de la Facultad de Agronomía 7(1):97-103
- 4) Forte Lay, J.A. y J.J. Burgos, 1978. Verificación de métodos de estimación de la variación del almacenaje de agua en los suelos pampeanos. Taller Argentino-Estadounidense sobre sequías, Mar del Plata, Argentina.
- 5) Forte Lay, J.A., A. Troha y M.M. Villagra, 1985. Estudio de la dinámica del agua en suelos bajo pradera permanente, barbecho y cultivos estacionales. XII Congreso Nacional del Agua. Mendoza, Argentina. Mayo 1985.
- 6) Frère, M., 1972. A method for the practical application of the Penman formula for the estimation of the potential evapotranspiration and evaporation from free water surfaces. FAO-AGP : AS/1972/2, Roma.
- 7) Moscatelli, G., Salazar Lea Plaza y otros, 1980. Mapa de suelos de la provincia de Buenos Aires. Escala 1:500.000 A.A.C.S. Reunión IX: 1079-1089.
- 8) Oldeman, L.R. and M. Frère, 1982. A study of agroclimatology of the humid tropics of southeast Asia. Tech.Rep. FAO/WMO Rome. 229 pp.
- 9) Stern, R.D.; M.D. Dennet and I.C. Dale, 1982. Methods of analysing daily rainfall measurements to give useful agronomic results. I) Direct methods, Exp. Agric. 18:223-236
- 10) Stern, R.D. and I.C. Dale, 1983. Statistical methods for tropical drought analysis. WMO Report. Project AZ1, 41 p.
- 11) Stuff, R., 1969. Probabilidades de lluvia en la Estación Experimental Agropecuaria Pergamino. Informe Técnico N°93. INTA, Argentina, 16 p.
- 12) Thornthwaite, C.W. and J.R. Mather, 1955. The water balance. Publications in Climatology. VIII (1): 104 p. Drexel Inst. of Tech., New Jersey.

- 13) Thornthwaite, C.W., 1948. An approach toward a rational classification of climate. Geogr. Rev. 38: 85-94.
- 14) Vargas, W.M., 1981. Las secuencias de días secos y días con precipitación en Buenos Aires. Meteorológica XII (2): 73-86.
- 15) Vidal, N.A.; C.A. Cousillas y A.F. Garay, 1979. Análisis de las precipitaciones de Balcarce. I) Régimen pluviométrico. Informe Técnico EERA INTA, Balcarce, 23 p.
- 16) WMO, 1975. Drought and Agriculture. Tech. Note N°138 (WMO N°392).

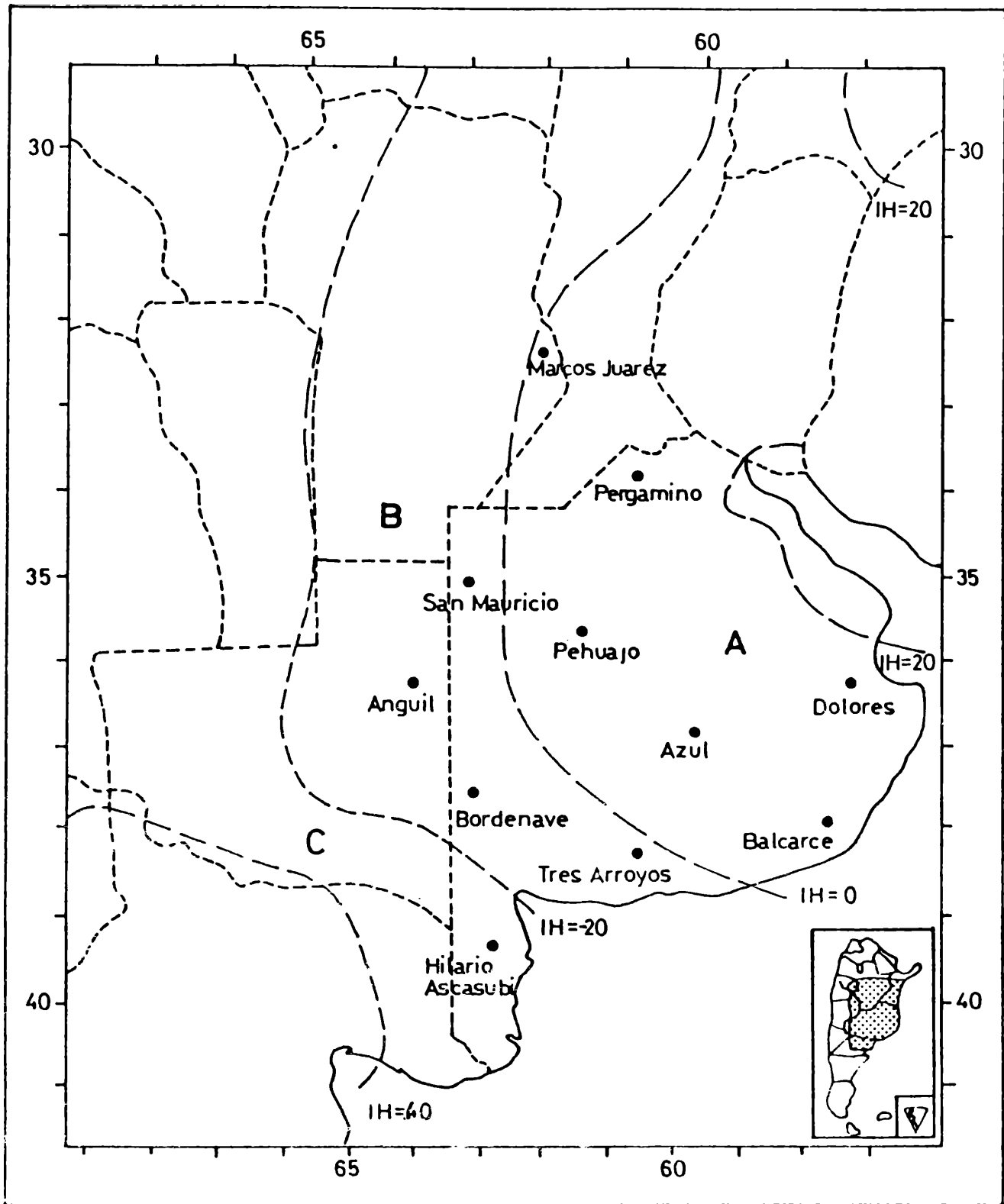
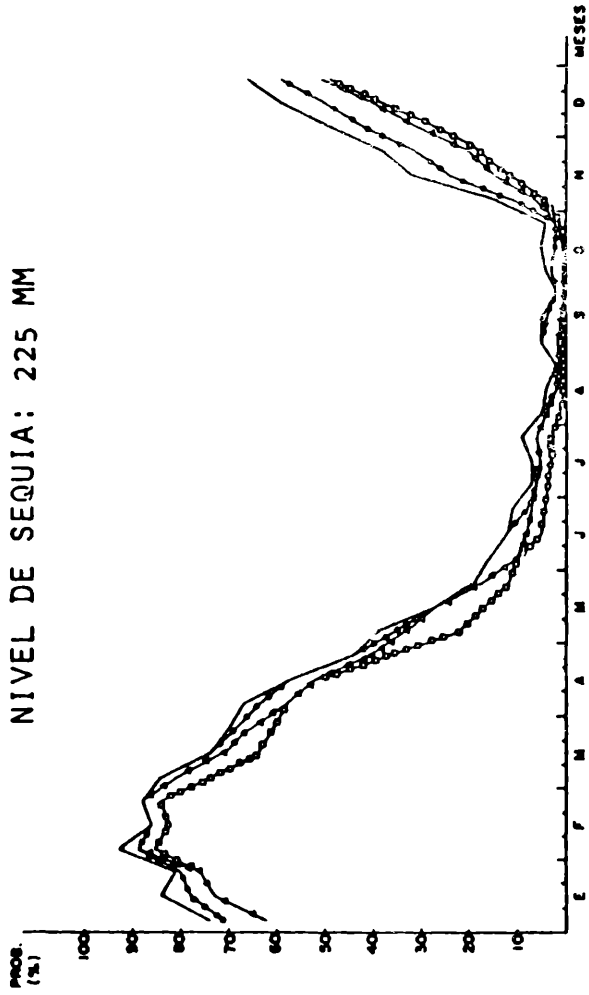
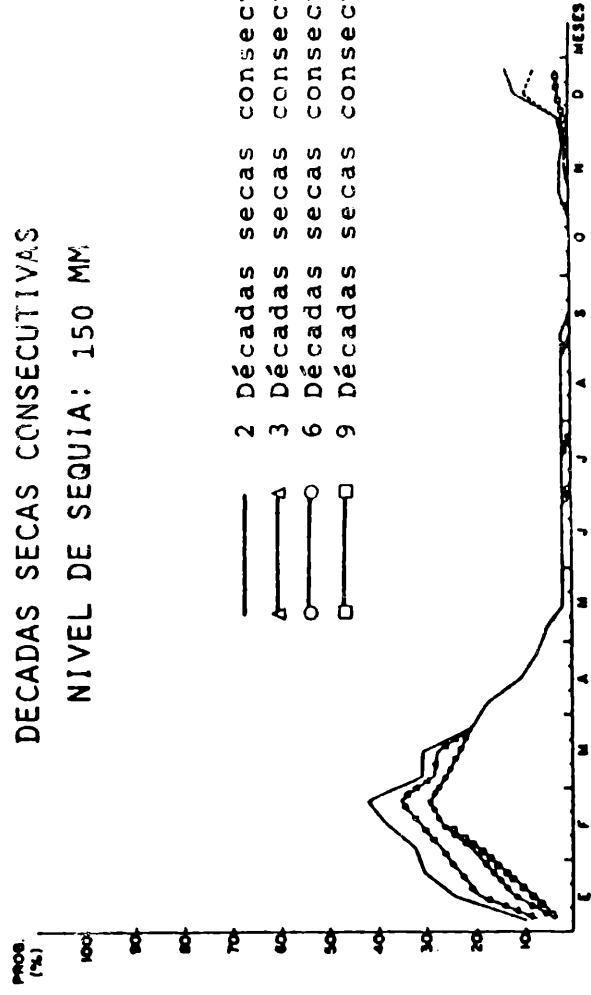


Figura 1

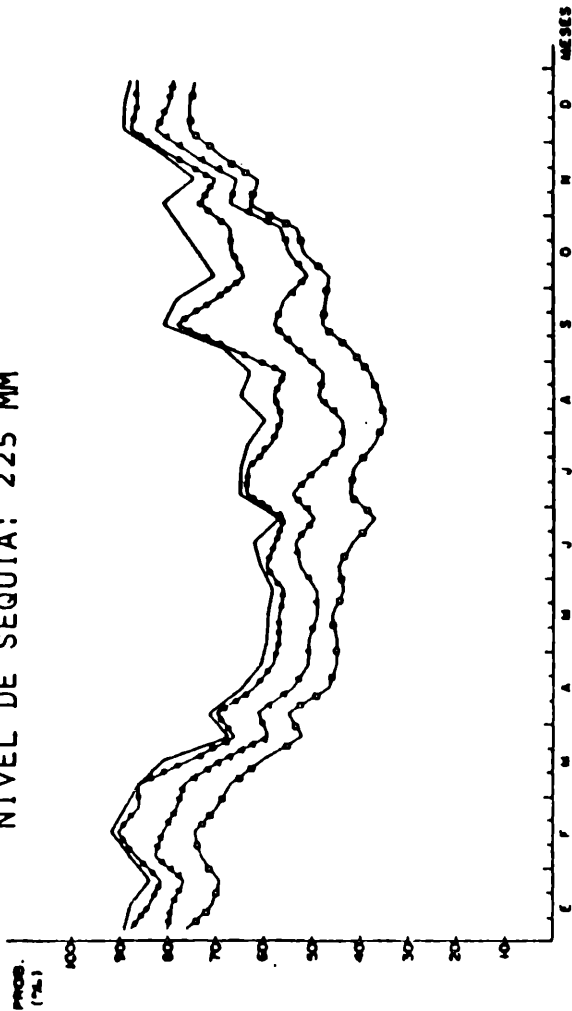
DOLORES
 DECADAS SECAS CONSECUTIVAS
 NIVEL DE SEQUIA: 225 MM



DECADAS SECAS CONSECUTIVAS
 NIVEL DE SEQUIA: 150 MM



SAN MAURICIO
 DECADAS SECAS CONSECUTIVAS
 NIVEL DE SEQUIA: 225 MM



DECADAS SECAS CONSECUTIVAS
 NIVEL DE SEQUIA: 150 MM

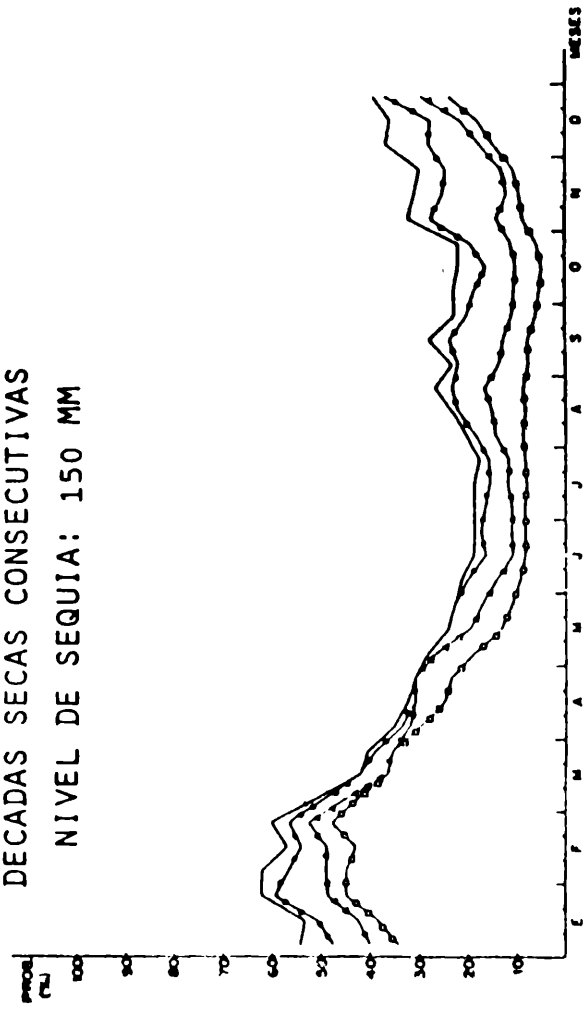
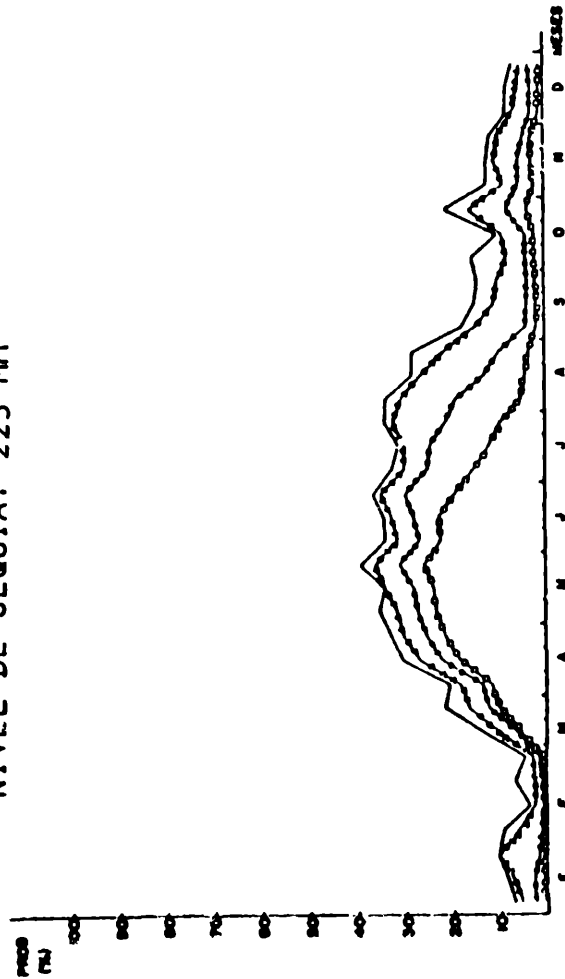


Figura 2

SAN MAURICIO

DECADAS HUMEDAS CONSECUTIVAS

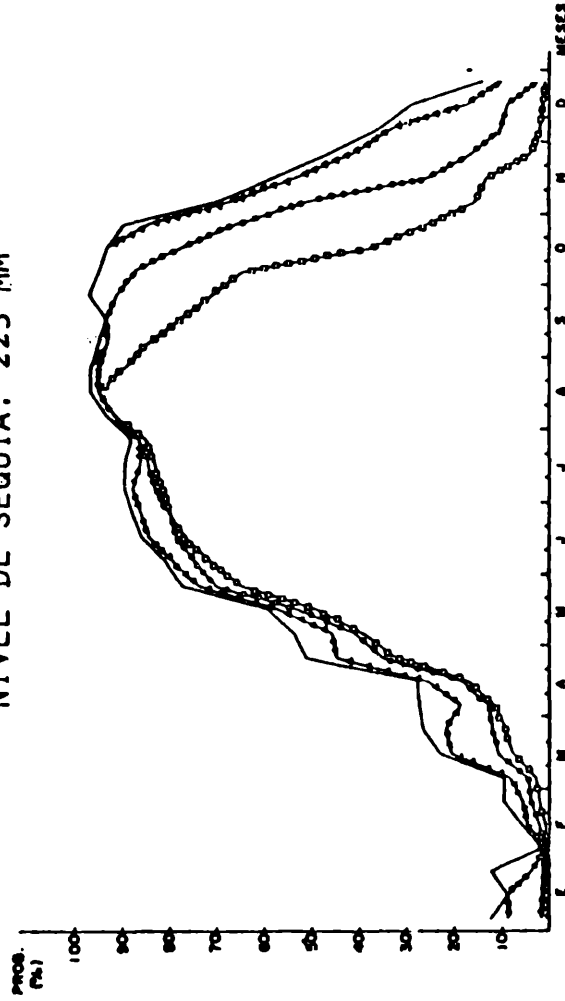
NIVEL DE SEQUIA: 225 MM



DOLORES

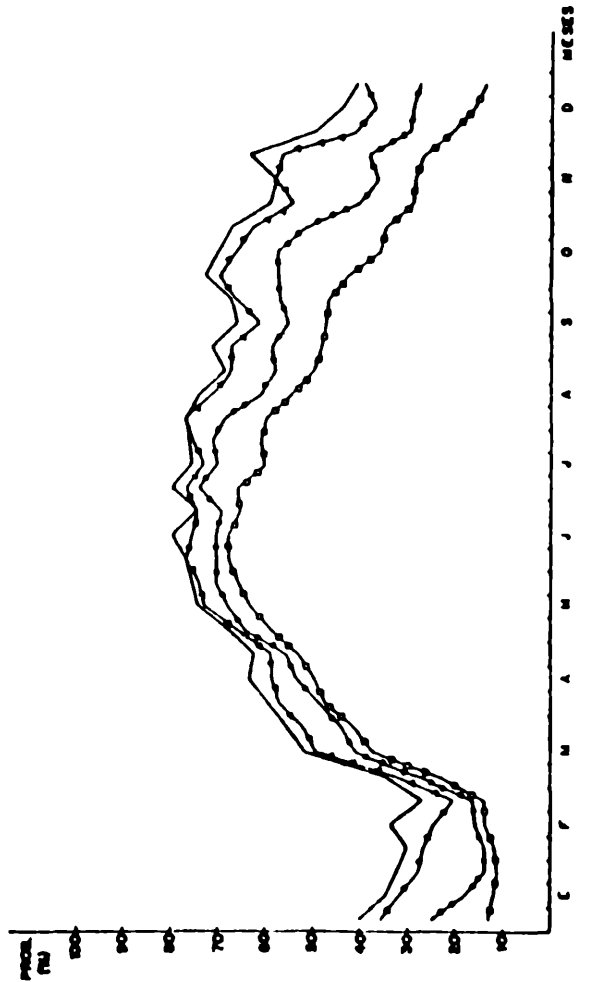
DECADAS HUMEDAS CONSECUTIVAS

NIVEL DE SEQUIA: 225 MM



DECADAS HUMEDAS CONSECUTIVAS

NIVEL DE SEQUIA: 150 MM



DECADAS HUMEDAS CONSECUTIVAS

NIVEL DE SEQUIA: 150 MM

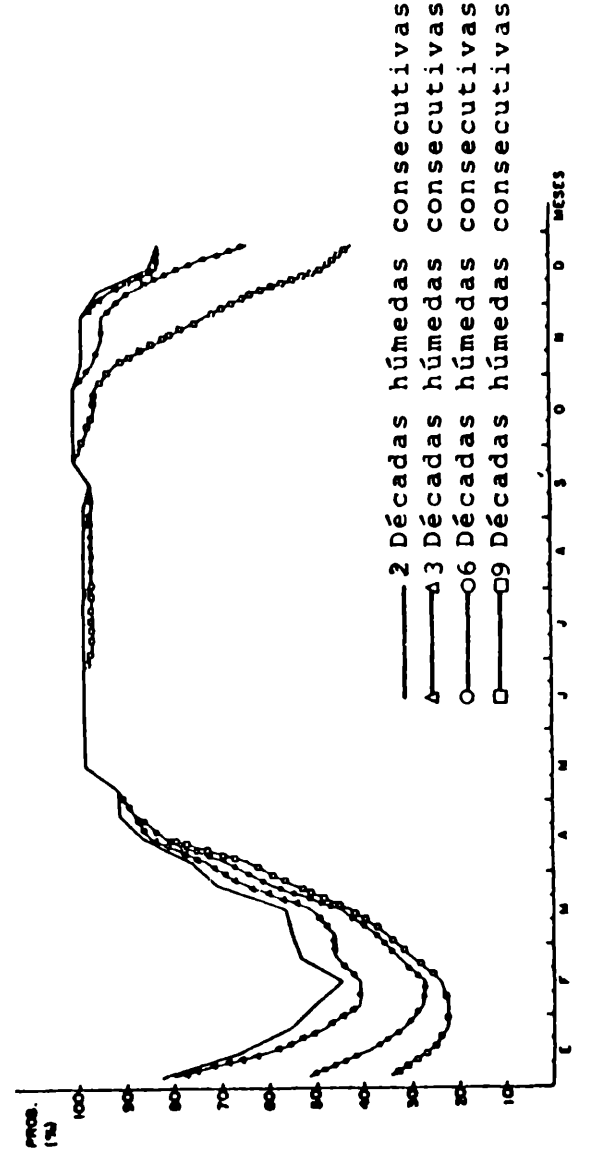


Figura 3

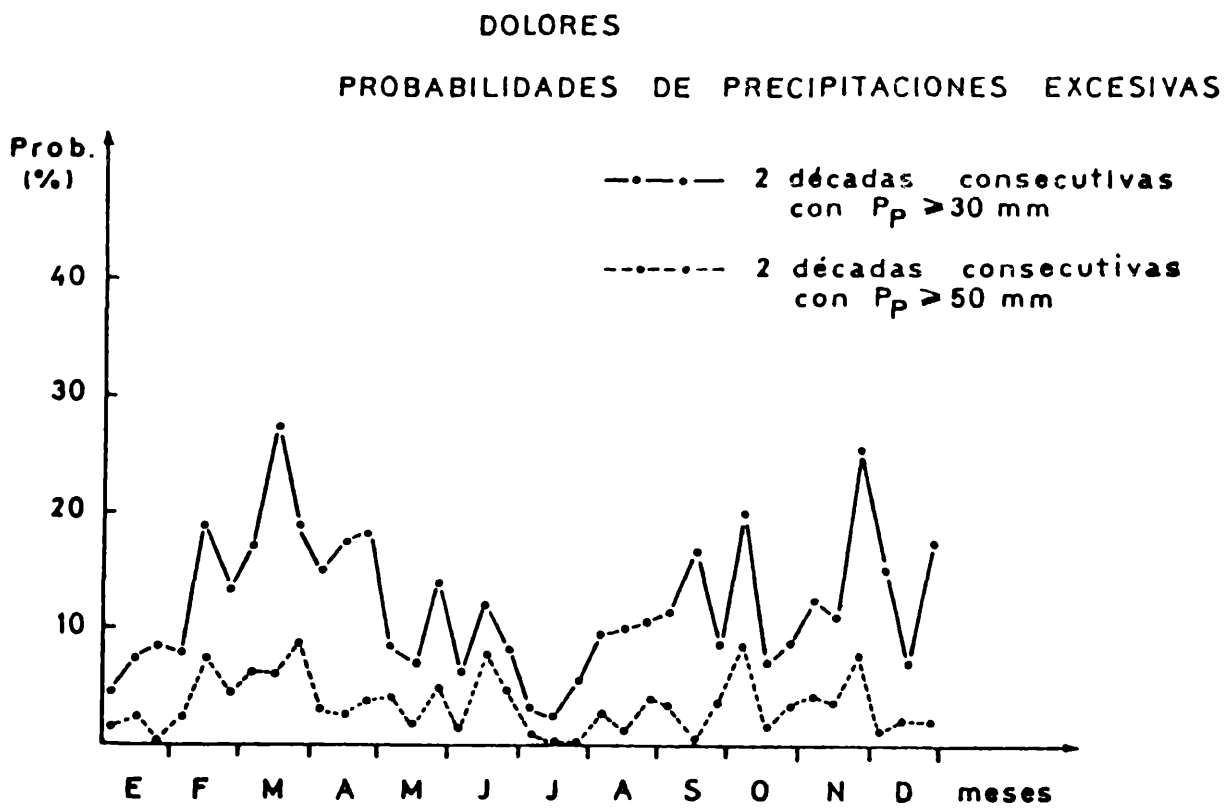
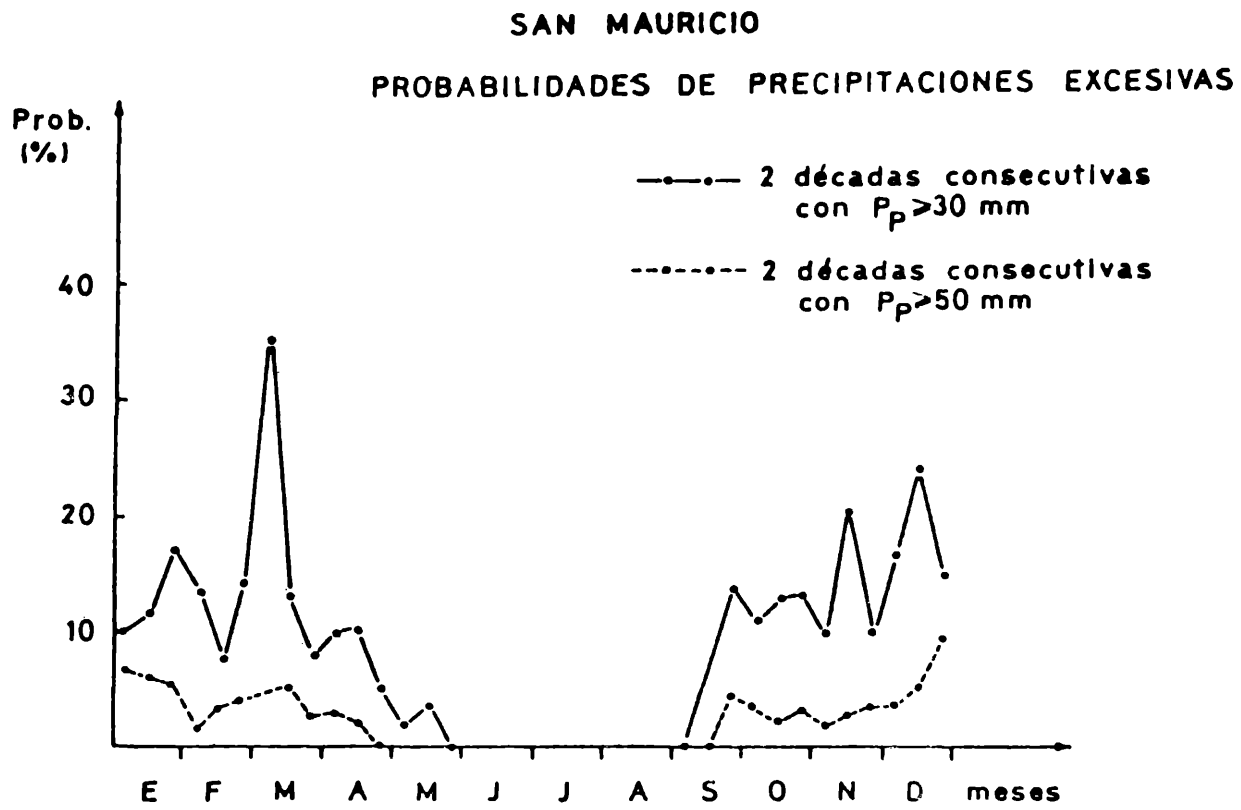


Figura 4

