

EVALUACION DE DIFERENTES DISTRIBUCIONES TEORICAS DE PROBABILIDAD DE
EXCESOS DE AGUA EN EL SUELO

Juan A. Forte Lay y Adrián Troha

Centro de Investigaciones Biometeorológicas (CIBIOM-CONICET)

Buenos Aires, República Argentina

RESUMEN

Se estimaron valores de exceso de agua edáfica mediante la utilización de balances hidrológicos diarios, empleando la evapotranspiración potencial calculada según el método de Penman-Frère; para el período 1911-86 en 8 localidades homogéneamente distribuidas en la región pampeana. Para evitar la información redundante se agruparon los excesos en valores mensuales, bimestrales, trimestrales, semestrales y anuales en todas las combinaciones de meses consecutivos posibles.

Las distribuciones teóricas de frecuencia probadas fueron la normal, la normal-logarítmica, la normal-raíz cúbica y la gamma incompleta.

Se realizó el test de bondad de ajuste por el método de Chi cuadrado, observando que las dos últimas distribuciones presentan un mayor ajuste respecto a las distribuciones empíricas.

El objetivo final de este trabajo es el conocimiento de la recurrencia para distintos períodos calendarios de eventos que por su magnitud pueden desencadenar procesos de inundación.

ABSTRACT

Soil water excesses at 8 localities homogeneously distributed in the Pampae Region were estimated for the period 1911-86. With this aim daily water balances were computed by means of the potential evapotranspiration obtained with the Penman-Frère's method. In view of the large number of data obtained, water excesses were grouped in monthly, bi-monthly, quarterly, half-yearly and yearly values, in all possible consecutive month combination.

The theoretical frequency distributions used were: normal, log-normal, normal-cubic root and incomplete gamma functions.

A Chi-square non-parametric goodness of fit test was made with the result that the two last distributions showed a greater fitness with respect to the empirical distributions.

The aim of the work is the knowledge of the occurrence, for different calendar periods, of events which, due to their magnitudes might lead to flooding situations.

INTRODUCCION

En este trabajo se ha encarado el estudio de los excesos de agua en el suelo, entendiendo como tales, los milímetros de lámina de agua precipitada que exceden la capacidad máxima de almacenaje de un suelo agrícola.

Trabajos anteriores referidos al tema, analizan desde valores medios mensuales obtenidos mediante balances hidrológicos climáticos, hasta probabilidades de valores mensuales calculados sobre la base de balances hidrológicos mensuales consecutivos (Burgos, 1969; Burgos, 1970; Vargas, 1982; Pascale y Damario, 1977).

El objetivo de este trabajo fue el de obtener una metodología eficiente de ajuste de la distribución de frecuencias de excesos de agua en el suelo, lo que es de fundamental importancia para su empleo a escala regional, pues permite el conocimiento de la recurrencia probable, para distintos períodos calendarios, de eventos que por su magnitud pueden desencadenar desde disminución de los rendimientos de los cultivos agrícolas por excedente hídrico, hasta determinar procesos de inundación en grandes áreas.

MATERIALES Y METODO

Los excesos de agua edáfica fueron estimados mediante la utilización de balances hidrológicos diarios realizados empleando una función rectilínea de retención de agua en el suelo. Se utilizaron valores diarios de precipitación para el período 1911-86, y de evapotranspiración potencial normal diaria estimada sobre la base de los valores medios mensuales calculados por Damario y Cattaneo (1982) según la metodología de Perman, (Frère, 1972).

El estudio se llevó a cabo para 8 localidades de la región pampeana con distintas combinaciones edafoclimáticas. Estas fueron: Marcos Juárez, Pergamino, General Villegas, Mercedes, Las Flores, Anguil, Bordenave y Balcarce.

La capacidad máxima de almacenaje de agua en el suelo fue de 200 mm en todos los casos, ya que en trabajos anteriores realizados en el CIBIOM, se demostró que es la más representativa del perfil explorado por las raíces de los cultivos en distintos tipos de suelo (Forte Lay y otros, 1985; Brenzoni y otros, 1986).

Se agruparon los valores de excesos diarios obtenidos por la metodología citada anteriormente, en valores mensuales, bimestrales, trimestrales, semestrales y anuales, en todas sus combinaciones de meses consecutivos posibles, ya que para períodos menores al mensual, al ser los excesos de agua eventos hídricos mucho menos frecuentes que las precipitaciones, las series de años utilizadas, en general, resultaban insuficientes para definir su probabilidad de ocurrencia.

Para ajustar las series empíricas de excesos de agua obtenidas para cada pe-

modo se emplearon las siguientes funciones teóricas de ajuste:

Distribución normal: por ser la función tradicional, aunque no la más apropiada para fenómenos discontinuos en períodos relativamente cortos.

Distribuciones normal-logarítmica y normal-raíz cúbica: las que se logran mediante el artificio de obtener logaritmos naturales o de extraer la raíz cúbica de los valores de las series originales con el objeto de normalizarlas disminuyendo su asimetría.

Distribución gamma incompleta: por ser frecuentemente empleada en distribuciones de precipitación.

El análisis de bondad de ajuste se realizó mediante la prueba de Chi-cuadrado.

RESULTADOS Y DISCUSION

Las series de excesos mensuales, bimestrales, trimestrales, semestrales y anuales, al ser agrupadas en intervalos de clase mostraron una alta asimetría positiva, algo más suavizada para los períodos de tiempo más largos.

Si bien se analizaron todas las combinaciones de períodos consecutivos posibles, se han presentado en este trabajo únicamente las de los períodos: mensual (Abril), bimestral (Marzo-Abril), trimestral (Marzo-Abril-Mayo) y las de los semestres cálido (Octubre a Marzo) y frío (Abril a Septiembre). Esto fue dispuesto por razones de espacio, habiéndose elegido esos períodos por coincidir con fechas en que los excesos de agua pueden resultar perjudiciales para los cultivos más importantes.

El ajuste de las series de excesos de agua puede realizarse de dos formas diferentes que consisten en: a) tomar en cuenta las series completas incluidos los valores nulos, o bien b) eliminar estos últimos, que es lo que se ha realizado en este caso, dado que por la alta proporción de valores nulos, el ajuste es mejor cuando se consideran solo los casos con exceso de agua. Así las distribuciones teóricas de frecuencia dan la probabilidad porcentual de montos de exceso de agua considerando solo el total de períodos en que se registró dicho evento. Para fines prácticos, sin embargo, se requiere la inclusión de los valores nulos para obtener probabilidades reales; por consiguiente en todos los casos la probabilidad se calculó previamente sobre las series sin valores nulos y luego se la corrigió con la proporción que representan estos últimos.

En la Figura 1 se pueden visualizar las frecuencias observadas de exceso de agua edáfica y las respectivas curvas teóricas de ajuste para la localidad de Marcos Juárez y para los distintos períodos analizados. Las gráficas se han realiza-

do sin considerar los valores nulos de exceso de agua. Puede destacarse la gran coincidencia que presentan en su trayectoria las funciones normal-raíz cúbica y gamma incompleta, como así también su mejor ajuste.

En la Tabla 1 se puede comprobar la bondad de ajuste de cada una de las distribuciones teóricas de frecuencia utilizadas, observándose que la distribución normal es la que da diferencias más significativas entre frecuencias estimadas y observadas para todos los períodos analizados (al nivel del 1%). La normal-logarítmica, si bien presenta un mejor ajuste, también muestra diferencias significativas (al nivel del 5%) y algunas muy significativas (al nivel del 1%). Las distribuciones normal-raíz cúbica y gamma incompleta dieron resultados muy similares en la mayoría de los casos, sin embargo, la primera de ellas presenta diferencias altamente significativas en el período trimestral (marzo-abril-mayo) en la localidad de Mercedes únicamente, siendo en los demás casos no significativas, salvo en cuatro ocasiones en que las diferencias fueron significativas; mientras que la distribución gamma incompleta, si bien no presenta diferencias altamente significativas para ninguno de los períodos analizados en las ocho localidades en estudio, muestra más casos con diferencias significativas.

De lo expuesto surge que la aplicación de las distribuciones gamma incompleta y normal-raíz cúbica es prácticamente equivalente, dependiendo la utilización de una u otra de las facilidades de procesamiento de que se disponga.

En la Figura 2 se observan las curvas de probabilidad acumulada de la distribución teórica de frecuencias normal-raíz cúbica para el bimestre marzo-abril en las ocho localidades analizadas, considerando ya incluida la población de valores nulos. Su utilización permite estimar la probabilidad de recurrencia de un evento dado, lo que posibilita la cartografía de un fenómeno hídrico aislado por medio del trazado de isolinias de mm de lámina de exceso de agua registrados en relación a líneas de equiprobabilidad de ocurrencia de dichos excesos, lo que permitiría delimitar áreas de emergencia agropecuaria o en situación de catástrofe de acuerdo a la intensidad y al grado de recurrencia del fenómeno estudiado. Un ejemplo de lo expuesto se puede visualizar en los mapas de las Figuras 3 A y B para el caso de los excesos hídricos registrados en el otoño de 1980 en gran parte de la provincia de Buenos Aires, que determinaron inundaciones extraordinarias con un grado de recurrencia muy bajo para el período analizado, abarcando un área muy extensa del centro y este de la provincia.

CONCLUSIONES

1.- El ajuste de las series de excesos de agua en el suelo debe realizarse excluyendo los valores nulos, ya que éstos, por ser en general numerosos, aumentan excesivamente la asimetría entorpeciendo un ajuste adecuado. Las probabili-

dades de ocurrencia de determinado evento, sin embargo, deben calcularse incluyendo los valores nulos de acuerdo a la proporción que los mismos tienen en la serie.

2.- Las distribuciones teóricas de frecuencia normal y normal-logarítmica no presentan un buen ajuste con las series empíricas por lo que debe descartarse su utilización para el análisis estadístico de los excesos de agua en el suelo, al menos para períodos de tiempo menores o iguales a los analizados.

3.- Las distribuciones teóricas gamma incompleta y normal-raíz cúbica presentan en general un buen ajuste a los valores empíricos de exceso de agua. La utilización de cualquiera de ellas da resultados prácticamente equivalentes, por lo que debido a su simplicidad de cálculo los autores proponen la utilización de la última función mencionada.

4.- El cálculo de probabilidades acumuladas de ocurrencia (incluyendo la proporción de valores nulos) permite estimar la recurrencia de fenómenos hídricos que por su magnitud (intensidad y grado de rareza) pueden delimitar áreas en estado de emergencia o catástrofe agropecuaria.

BIBLIOGRAFIA

- 1.- Brenzoni, E.O.; Forte Lay, J.A.; Troha, A. y Villagra, M.M. (1987) "Estudio de la profundidad del sistema radical del cultivo de trigo en un Hapludol típico mediante metodología radioisotópica". Rev. Facultad de Agronomía (UBA). Vol. 8, Nº 1-2. Pág. 95-99. Buenos Aires.
- 2.- Burgos, J.J. (1969) "El clima de la provincia de Buenos Aires en relación con la vegetación natural y el suelo". INTA (Suelos), publicación Nº 128. Buenos Aires.
- 3.- Burgos, J.J. (1970) "El clima de la región noreste de la República Argentina en relación con la vegetación natural y el suelo". Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. Vol. XI. Pág. 37-102. Buenos Aires.
- 4.- Danario, E.A. y Cattáneo, C.L. (1982) "Estimación climática de la evapotranspiración potencial en la Argentina según el método de Penman, 1948". Rev. Facultad de Agronomía 3 (3):271-292. Buenos Aires.
- 5.- Forte Lay, J.A.; Troha, A. y Villagra, M.M. (1985) "Estudio de la dinámica del agua en suelos bajo pradera permanente, barbecho y cultivos estacionales". Actas del XII Congreso Nacional del Agua. Agroecología T. II (a). Pág. 181-202. Mendoza.
- 6.- Frere, M. (1972) "A method for a practical application of the Penman formula for the estimation of the potential evapotranspiration and evaporation from free

88 Evaluación de diferentes...

water surfaces". FAO-AGP: AS/1972/2, Rome.

7.- Pascale, A.J. y Damario, E.A. (1977) "El balance hidrológico seriado y su utilización en estudios agroclimáticos". Rev. Facultad de Agronomía (3^a época). III (1-2). La Plata. Pág. 15-34.

8.- Vargas, W.A. (1982) "Atlas de excesos y deficiencias de humedad en la región húmeda y semiárida argentina". CIBIOM-CONICET. Buenos Aires.

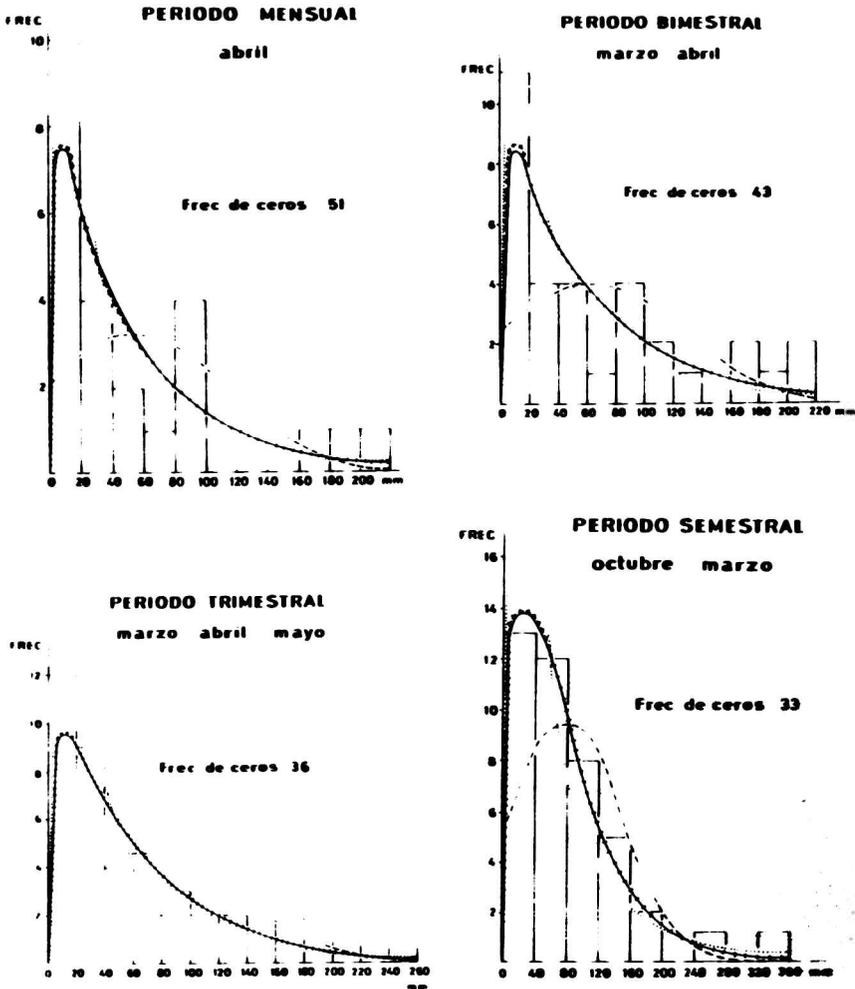


Figura 1. Frecuencias observadas de exceso de agua edáfica y curvas teóricas de ajuste para los distintos periodos analizados en la localidad de Marcos Juárez (Prova de Córdoba).

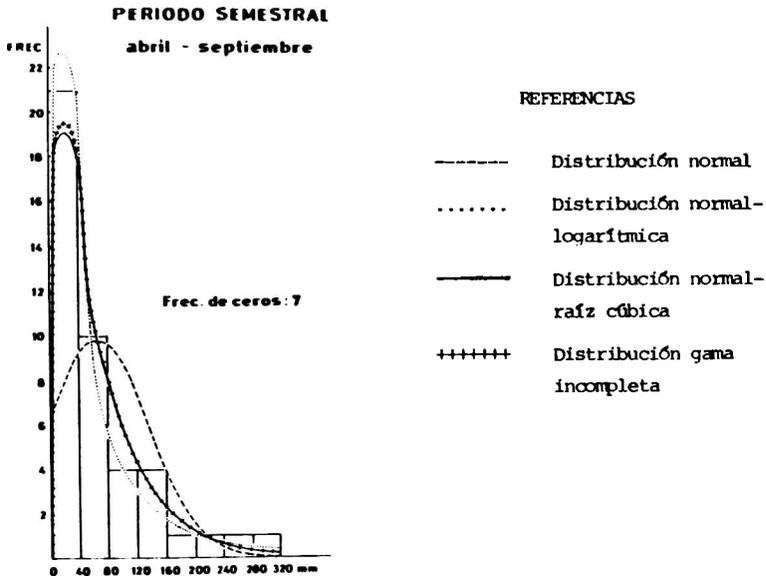


Figura 1 Cont. Frecuencias observadas de exceso de agua edáfica y curvas teóricas de ajuste para los distintos periodos analizados en la localidad de Marcos Juárez (pcia de Córdoba).

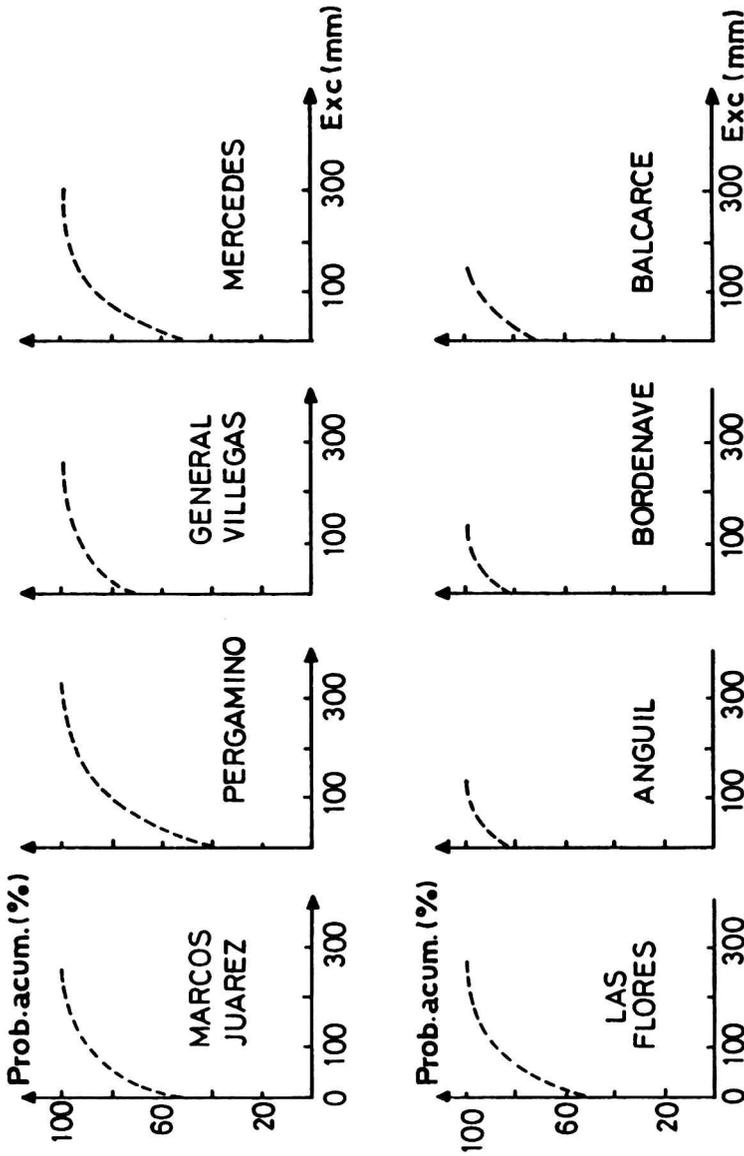


Figura 2. Curvas de probabilidad acumulada de la distribución teórica de frecuencias normal raíz-cúbica para el bimestre marzo-abril en todas las localidades analizadas

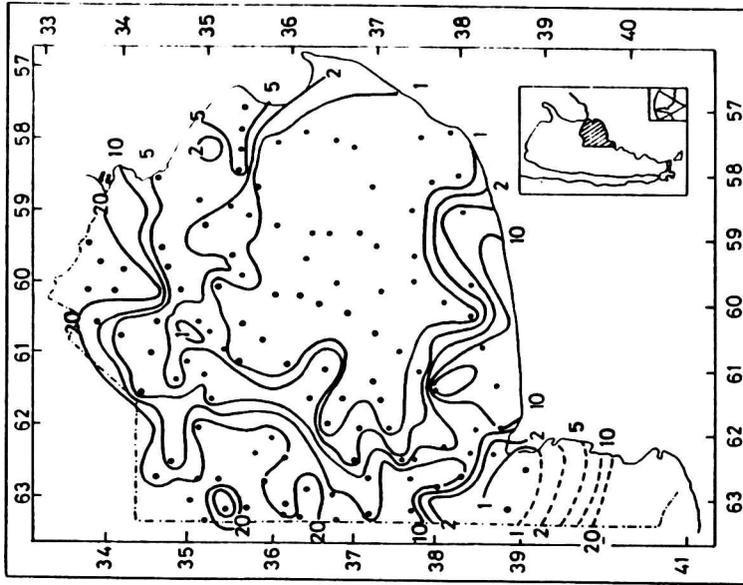


Figura 3 B. Probabilidades (%) de ocurrencia de los excesos de agua registrados durante el mes de Abril de 1980 en la prov. de Buenos Aires.

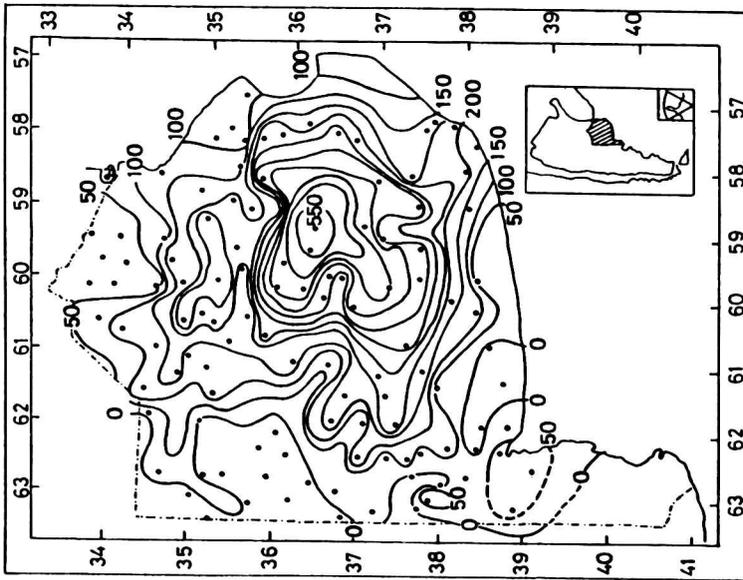


Figura 3 A. Excesos de agua (mm) observados durante el mes de Abril de 1980 en la provincia de Buenos Aires.

LOCALIDAD	PERIODO	NORMAL	NOR. LOG.	NOR. R. C.	G. INC.
Marcos Juárez	Abril	**	0	0	0
	Marzo-Abril	**	*	0	0
	Marzo-Abril-May	**	*	*	*
	Octubre-Marzo	**	0	0	0
	Abril-Septiemb.	**	0	0	0
Pergamino	Abril	**	0	0	*
	Marzo-Abril	**	*	0	0
	Marzo-Abril-May	**	**	*	0
	Octubre-Marzo	**	0	0	0
	Abril-Septiemb.	**	**	0	0
Gral. Villegas	Abril	**	0	0	0
	Marzo-Abril	**	0	0	0
	Marzo-Abril-May	**	0	0	0
	Octubre-Marzo	**	0	0	0
	Abril-Septiemb.	**	*	0	0
Mercedes	Abril	**	0	0	0
	Marzo-Abril	**	0	0	0
	Marzo-Abril-May	**	*	**	*
	Octubre-Marzo	**	0	0	0
	Abril-Septiemb.	0	0	0	0
Las Flores	Abril	**	*	0	0
	Marzo-Abril	**	0	0	0
	Marzo-Abril-May	**	0	0	0
	Octubre-Marzo	**	0	0	0
	Abril-Septiemb.	**	0	0	0
Anguil	Abril	0	0	0	0
	Marzo-Abril	*	*	0	*
	Marzo-Abril-May	**	*	*	*
	Octubre-Marzo	**	*	0	0
	Abril-Septiemb.	**	0	0	0
Bordenave	Abril	**	**	*	*
	Marzo-Abril	*	**	0	0
	Marzo-Abril-May	**	**	0	0
	Octubre-Marzo	**	**	0	0
	Abril-Septiemb.	**	0	0	0
Balcarce	Abril	**	0	0	0
	Marzo-Abril	**	**	0	*
	Marzo-Abril-May	**	0	0	0
	Octubre-Marzo	**	0	0	0
	Abril-Septiemb.	**	0	0	0

Tabla 1. Bondad de ajuste de cada una de las distribuciones teóricas de frecuencia utilizadas para todas las localidades y períodos analizados.

0: diferencias no significativas * : diferencias significativas
 **: diferencias muy significativas