

Tesis de Posgrado

Análisis climático-estadístico de las estructuras temporales y espaciales de la precipitación diaria en meso-escala : Aplicación al filtrado y corrección de errores de observación

Barrera, Daniel Florencio

1988

Tesis presentada para obtener el grado de Doctor en Ciencias Meteorológicas de la Universidad de Buenos Aires

Este documento forma parte de la colección de tesis doctorales y de maestría de la Biblioteca Central Dr. Luis Federico Leloir, disponible en digital.bl.fcen.uba.ar. Su utilización debe ser acompañada por la cita bibliográfica con reconocimiento de la fuente.

This document is part of the doctoral theses collection of the Central Library Dr. Luis Federico Leloir, available in digital.bl.fcen.uba.ar. It should be used accompanied by the corresponding citation acknowledging the source.

Cita tipo APA:

Barrera, Daniel Florencio. (1988). Análisis climático-estadístico de las estructuras temporales y espaciales de la precipitación diaria en meso-escala : Aplicación al filtrado y corrección de errores de observación. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_2128_Barrera.pdf

Cita tipo Chicago:

Barrera, Daniel Florencio. "Análisis climático-estadístico de las estructuras temporales y espaciales de la precipitación diaria en meso-escala : Aplicación al filtrado y corrección de errores de observación". Tesis de Doctor. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires. 1988.

http://digital.bl.fcen.uba.ar/Download/Tesis/Tesis_2128_Barrera.pdf

EXACTAS UBA

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales



UBA

Universidad de Buenos Aires

Registro N° 2138

UNIVERSIDAD DE BUENOS AIRES
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES

Tema de Tesis

"ANALISIS CLIMATICO-ESTADISTICO DE LAS ESTRUCTURAS TEMPORALES Y
ESPACIALES DE LA PRECIPITACION DIARIA EN MESO-ESCALA.
APLICACION AL FILTRADO Y CORRECCION DE ERRORES DE OBSERVACION"

Autor

Licenciado en Ciencias Meteorológicas Daniel F. Barrera

Director de tesis

Doctor Walter M. Vargas

Lugar de trabajo

Departamento de Meteorología

Tesis presentada para optar al título de Doctor en Ciencias
Meteorológicas

1988

2.128
Ej. 2.

"Jehová es amador de la justicia.
El no dejará a los que le son
leales; aun hasta tiempo
indefinido serán guardados.
...Los justos mismos poseerán la
tierra, y habitarán para siempre
sobre ella."

Salmo 37: 28-29

A Isabel, mi amada esposa.
A mis hijos Facundo, María Sol y
Martín.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Gérard Dupriez, con quien di mis primeros pasos en hidrometeorología.

Al Dr. José A. J. Hoffmann, quien me animó a seguir la licenciatura en Meteorología en momentos difíciles de mi vida de estudiante universitario.

Al Dr. Walter Mario Vargas, por haber depositado su confianza en mí al haber aceptado actuar como Director de Tesis, y por haberme permitido gozar de entera libertad de trabajo. Agradezco asimismo su dirección estrecha en las etapas iniciales de esta tesis y su aliento constante para que llevara el trabajo a buen término.

A la Lic. María Teresa Carlini, por haber puesto de buen grado toda su experiencia en estadística y haberme guiado en la búsqueda de soluciones técnicas a problemas planteados en el capítulo 6 de esta tesis.

A la Computadora Científica M. Graciela del Franco, por haberme ayudado en la puesta a punto de programas de computación.

A las señoritas Liliana Blanco y Alejandra Salles, por su valiosa colaboración en la realización de cálculos.

Al personal técnico del Departamento de Meteorología, por su apoyo en la preparación de los ejemplares finales.

A mis colegas del Departamento de Meteorología, por el constante aliento recibido.

A la Universidad de Buenos Aires y al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas, por el apoyo brindado a través de los recursos provistos.

A mi esposa, quien me alentó en todo momento.

A mis hijos, quienes sin saberlo han constituido la principal motivación para llevar a cabo esta tarea.

A Jehová Dios, a quien le debo la vida y la esperanza de mantenerla.

INDICE

<u>Capítulo 1</u>pág	6
BREVE SINTESIS DE LOS AVANCES LOGRADOS EN EL CONOCIMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES DE LA PRECIPITACION. EL PROBLEMA DE LOS ERRORES DE OBSERVACION.	
<u>Capítulo 2</u>pág	23
ANALISIS DEL CAMPO DE PRECIPITACION EN ORDEN A OBTENER UNA NORMALIZACION EN LAS FRECUENCIAS DE DIAS DE LLUVIA.	
<u>Capítulo 3</u>pág	36
ESTIMACION DE LAS PROBABILIDADES CONDICIONALES DE OMISION DE MEDICION SEGUN EL MONTO LLOVIDO.	
<u>Capítulo 4</u>pág	53
SISTEMATICIDAD EN LA OMISION SEGUN EL DIA DE LA SEMANA Y SEGUN EL MONTO LLOVIDO.	
<u>Capítulo 5</u>pág	68
SISTEMATICIDAD EN LA OMISION SEGUN LOS VALORES DE PRECIPITACION PRECEDENTES Y SEGUN EL MONTO LLOVIDO.	
<u>Capítulo 6</u>pág	96
APLICACION DEL PRINCIPIO DE MAXIMA VEROSIMILITUD EN LA ESTIMACION DE LAS PROBABILIDADES CONDICIONALES DE OMISION.	
<u>Capítulo 7</u>pág	109
METODO PARA EL FILTRADO DE ERRORES DE OMISION EN LA DETERMINACION DE LA CORRELACION ESPACIAL DE LA PRECIPITACION DIARIA.	
<u>Capítulo 8</u>pág	122
PROPUESTA DE UNA INVESTIGACION POSTERIOR TENDIENTE A CORREGIR LAS SERIES DIARIAS ALTERADAS DEBIDO A ERRORES DE OMISION.	
<u>Capítulo 9</u>pág.	125
CONCLUSIONES GENERALES	
REFERENCIAS.....pág.	127
ANEXO 1: PROGRAMAS DESARROLLADOS.....pág.	131

CAPITULO 1

BREVE SINTESIS DE LOS AVANCES LOGRADOS EN EL CONOCIMIENTO DE LAS CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES DE LA PRECIPITACION. EL PROBLEMA DE LOS ERRORES DE OBSERVACION.

1.1 CARACTERISTICAS ESTRUCTURALES DE LA PRECIPITACION.

1.1.1 Organización espacial de los sistemas precipitantes y de los campos asociados.

Por medio de observaciones realizadas en los últimos años con radares meteorológicos, se ha podido observar que aunque la precipitación ocurre con una gran variedad de formas y tamaños areales, existe una organización temporal y espacial de las tormentas. Entre otros se destacan los trabajos de Austin y Houze (1972) y Houze y otros (1976).

Austin y Houze observaron que las celdas precipitantes (con áreas de 10 a 50 Km².) se encuentran en general agrupadas en áreas características, de 10² a 10³ Km², a las cuales llamaron "áreas de mesoescala pequeña" (SMSA).

Posteriormente Houze y otros mostraron la existencia de sistemas que permiten el desarrollo de las SMSA y las contienen, en número de uno a seis. A estos sistemas mayores los denominaron "áreas de mesoescala grande" (LMSA). Observaron que sus formas son en general alargadas y de dimensiones en el rango de 10³ - 10⁴ Km².

Posteriormente Hobbs y Locatelli (1978) formularon una hipótesis sobre la organización de las SMSA y LMSA y sobre la estructura de la precipitación en ciclones extratropicales.

Más recientemente Houze (1981) realizó una síntesis sobre las estructuras de los sistemas atmosféricos de precipitación, tanto tropicales como extratropicales, y sobre los tipos de precipitación (estratiforme, convectivo o mixto) asociados a cada uno de ellos. Concluyó en este trabajo que en los sistemas ciclónicos de latitudes medias la precipitación presenta una base estratiforme, a la cual casi siempre se le superponen bandas frontales (LMSA) que contienen grupos de celdas convectivas (SMSA) que aumentan la precipitación localmente. En cuanto a los sistemas convectivos de latitudes medias, señaló que los particularmente intensos pueden desarrollar a veces estructuras estratiformes.

Siguiendo la clasificación dada por Orlanski (1975) se puede decir que las SMSA pertenecen a la escala meso- γ (2-20 Km.), las cuales a su vez se generan dentro de sistemas mayores o "bandas" de precipitación en la escala meso- β (20-200 Km.), a su vez gobernadas en su ubicación y desarrollo por procesos de la escala meso- α (200-2000 Km.)

Otros autores han analizado los campos de lluvia generados en superficie y su variabilidad espacial. Huff y Shipp (1968) dieron una definición de variabilidad espacial aplicable a la precipitación generada por el pasaje de una tormenta sobre el terreno. Los mismos autores (1969) adoptaron la autocorrelación espacial como medida de la variabilidad espacial de la precipitación, y la estimaron en áreas provistas de redes

pluviométricas densas en Illinois (Estados Unidos de América). Asimismo realizaron una estratificación de la información pluviométrica según los sistemas atmosféricos generadores de las tormentas, y mostraron que existen configuraciones espaciales de correlación características asociadas a los distintos sistemas.

Posteriormente Zawadzki (1973) definió una función de autocorrelación espacio-temporal aplicable a una celda de tormenta, a partir de la cual derivó las funciones espacial y temporal separadamente. Estableció además la forma de estimar estas funciones en un sistema de coordenadas lagrangiano (que se mueve con la celda) y en un sistema euleriano (de coordenadas fijas sobre el terreno).

Sharon (1974) estimó la función de autocorrelación espacial de la precipitación diaria en superficie en Tanzania, y obtuvo para los meses de diciembre a abril, con predominancia de tormentas convectivas, un decaimiento no monótono con la distancia, con mínimos secundarios alrededor de 70 Km. y 120 Km., lo cual indicaría la presencia de mecanismos inhibitorios de la precipitación en el entorno de las áreas de ascenso convectivo.

En síntesis, los estudios efectuados muestran la existencia de sistemas de mesoescala que imponen arreglos sistemáticos relativamente rígidos de celdas de tormenta localizadas en ciertas áreas, con configuraciones que dependen del tipo de precipitación. En todos estos casos las celdas que se desarrollan el mismo día están distribuidas en el espacio en forma no aleatoria. Esto no implica que las celdas necesariamente se desarrollan en puntos geográficos fijos. Por el contrario, las celdas de tormenta ocurren con igual frecuencia en cualquier punto, pero las posiciones relativas dentro del sistema responden a un patrón espacial. Esto significa que mientras la localización relativa de las celdas de tormenta dentro de un sistema sigue esquemas más o menos precisos, el sistema como un todo puede desarrollar celdas en cualquier punto sobre un área.

Podemos considerar entonces que la precipitación caída en una localidad es generada por un proceso estocástico, y que la relación entre totales caídos en dos localidades tiene una distribución de probabilidad asociada.

Además, la condición de proceso estadísticamente homogéneo en estas áreas de mesoescala permiten definir la función de correlación espacial de la precipitación.

1.1.2 La estructura temporal de la precipitación diaria.

El estudio de la estructura temporal de la precipitación diaria en una localidad particular ha estado basado fundamentalmente en el análisis de series cronológicas de datos provenientes de una estación pluviométrica.

Dicho estudio presenta la característica de que, por tratarse de una variable discreta y muy poco correlacionada en el tiempo, acepta solo algunos métodos de todos los que se utilizan normalmente para el análisis de series de tiempo. La función de autocorrelación, herramienta poderosa y muy usada en el estudio de otras variables meteorológicas y aún de la precipitación

integrada en un lapso de tiempo mayor, no es útil en el caso que nos ocupa.

Gabriel y Newmann (1957) han comenzado con una línea de investigación que continúa hasta nuestros días, consistente en estudiar las longitudes de secuencias secas (cantidad de días consecutivos sin precipitación), de secuencias húmedas (cantidad de días consecutivos con precipitación), de intensidades de secuencias húmedas (total acumulado durante la secuencia húmeda dividido por la longitud de la secuencia), y de ciclos (compuestos por una secuencia seca y una húmeda). Han avanzado en esta línea, entre otros, Feyerherm (1967), Herschfield (1970) y Todorovic y Woolisher (1975). En esta línea, Alexander (1981) ha desarrollado dos métodos para la determinación de estadísticas de duración (en horas) de tormentas y de lapsos entre tormentas, a partir de series de datos diarios.

En nuestro país Vargas (1981) y Vargas y Alessandro (1982) han ajustado leyes de secuencias y ciclos a lluvias diarias en Observatorio Central Buenos Aires y a valores mensuales de temperatura media y precipitación en la región húmeda argentina.

La generación sintética de series temporales bajo el supuesto de que la precipitación en un punto es básicamente el resultado de un proceso estocástico ha producido avances en la modelación matemática y en el conocimiento de dichos procesos estocásticos (Richardson, 1981), (Kavvas y Delleur, 1981), (Rodríguez Iturbe, Gupta y Waymire, 1984).

1.2 CARACTERISTICAS QUE PRESENTA LA INFORMACION PLUVIOMETRICA CONVENCIONAL.

1.2.1 Las principales fuentes de error en los datos de precipitación diaria.

Salvo en áreas piloto especialmente instrumentadas, el estudio y determinación de las estructuras temporal y espacial de la precipitación, a nivel diario y en rangos espaciales correspondientes a la mesoescala, deben basarse primordialmente en datos pluviométricos convencionales, ya que la densidad de puntos de medición requerida así lo exige.

Ahora bien, la mayor parte de las estaciones de medición de una red pluviométrica convencional está constituida por puestos pluviométricos y otras estaciones secundarias.

A menudo estas estaciones presentan problemas de equipo defectuoso o de exposición incorrecta. Sin embargo, los errores y alteraciones en los datos debidos a estas causas pueden ser detectados mediante la inspección de la red o mediante un análisis cuidadoso de las series de datos.

Los problemas que presenta la estimación de la precipitación en una localidad a partir de la medición efectuada en un pluviómetro han sido objeto de estudio por parte de numerosos investigadores. Un resumen de los resultados de estas investigaciones ha sido efectuado por Rodda (1968 y 1971). Moyano y otros (1975-1976) estudiaron los errores probables en la medición de la precipitación y su relación con parámetros

meteorológicos, utilizando el pluviómetro nacional oficial.

Por otra parte, en las estaciones secundarias los observadores no tienen, en general, la idoneidad ni la motivación suficientes para realizar una tarea correcta.

Hoffmann (1970) señaló los tipos de error que afectan la medición de la precipitación diaria en la República Argentina. Ellos son:

- Omisión de la observación.
- Omisión de la anotación en planilla luego de haber transmitido telegráficamente el dato.
- Anotación errónea.
- Acumulación.
- Anotación en otra fecha.
- Anotación de cantidad no medida sino estimada.

Un defecto generalizado y muy frecuente consiste en omitir la medición de una lluvia pequeña el día de su ocurrencia. El valor correspondiente, disminuido por evaporación, resulta acumulado al del siguiente día lluvioso correctamente observado. Este defecto en la observación ha sido advertido, para los datos pluviométricos de la República Argentina, por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) (1969).

Los métodos conocidos de consistencia y depuración que aplican los servicios climatológicos no corrigen estos errores, y por lo tanto, las series diarias ya consistidas presentan las siguientes características:

- a) están alteradas, mayormente debido a errores de omisión, principalmente de totales pequeños (menores que 5 mm);
- b) la magnitud de la alteración es desigual (diferente calidad de la observación y por ende de la serie).

Existen diversos métodos de detección y corrección de errores sistemáticos de medición de la precipitación (ver, por ejemplo, Sevruk, 1982). Sin embargo, el problema de la cuantificación de la sistematicidad en las omisiones desarrollado en esta tesis no es tratado en la bibliografía especializada consultada.

1.2.2 La sistematicidad en la omisión de medición.

Los errores de observación, si bien en general no son sistemáticos en sentido estricto, como los que podrían generar instrumentos defectuosos, pueden estar afectados por cierto grado de sistematicidad. Una medición presenta un error sistemático cuando, al medir en presencia de cierta condición o característica, el error siempre tiene una componente del mismo signo, la cual está asociada a la condición o característica mencionada.

Si, dada una cierta condición, la medición se omitiera siempre, estaríamos en presencia de un error sistemático. Si, en cambio, dicha condición tuviera asociada una probabilidad particular de omisión de la medición, distinta de la correspondiente a otra situación condicionante, entonces la omisión tendría un grado particular de sistematicidad, dado por

su probabilidad condicional.

Mediante el desarrollo de métodos estadísticos de estimación de frecuencias seriales, pudieron detectarse algunas situaciones o características condicionantes del error de omisión de totales diarios de precipitación, las cuales se analizan en los capítulos siguientes.

1.3 LA INFORMACION UTILIZADA EN ESTA TESIS. CARACTERISTICAS HALLADAS DE LAS SERIES DE DATOS.

En el presente trabajo se analizan 45 series diarias de precipitación (Tabla 1.1), pertenecientes a localidades en un área de 20000 Km². de radio, en la Provincia de Entre Ríos, en el período 1962-1975. Cuarenta de ellas son puestos pluviométricos y cinco son estaciones meteorológicas.

En este último grupo, dos de ellas son las estaciones principales Concordia Aero (estación 12) y Paraná Aero (estación 19), las cuales fueron elegidas por su calidad y representatividad como estaciones de referencia. Las restantes son Villaguay Aero, Gualedguay y Salto Grande (estaciones 6, 13 y 35 respectivamente). Las dos últimas, debido a la gran cantidad de omisiones que presentan, según veremos más adelante, son tratadas como puestos pluviométricos en los capítulos siguientes.

Todas las estaciones pertenecen a la red pluviométrica del Servicio Meteorológico Nacional. Están separadas entre sí por distancias en el rango de 10 a 250 km. (Figura 1.1).

Los datos utilizados, consistidos por el SMN, fueron provistos por el Consejo Federal de Inversiones y por el Banco de datos del Departamento de Meteorología.

Por comparación de los estadísticos de la serie en estudio con los correspondientes de las series de referencia, pueden hallarse diferencias significativas, que en este caso se deben a errores de observación que alteran la estructura estadística.

Vargas y Barrera (1984) analizaron las frecuencias de clase de totales diarios correspondientes a una estación climatológica y seis puestos pluviométricos en la cuenca alta del río Gualedguay, sita en el área de estudio. Las distancias entre las estaciones analizadas varían entre 15 y 80 Km., lo cual, unido a las características topográficas y de vegetación del área, permitió suponer que el régimen climático es el mismo en las siete localidades. Encontraron diferencias significativas atribuibles a defectos en la medición, principalmente omisión de medición de pequeñas cantidades diarias.

Vargas y Barrera (1983) estudiaron la incidencia de los errores de observación sobre la estructura temporal observada de las series de precipitación diaria. Obtuvieron, para las series en estudio, las distribuciones de frecuencias de totales diarios, de secuencias húmedas, de secuencias secas, de ciclos y de intensidades de secuencias húmedas. Constataron que las distribuciones obtenidas de una misma propiedad para las distintas series son significativamente diferentes entre sí, como si se tratara de series extraídas de distintas regiones climáticas (Tablas 1.2, 1.3 y 1.4). Sin embargo, al modificar las

series haciendo iguales a cero a todos los datos diarios menores que 5 mm., y luego volver a obtener las distribuciones mencionadas, constataron que estas últimas aceptan en la mayoría de los casos la hipótesis de pertenencia a una misma población. Este resultado indicó que la gran mayoría de las alteraciones sufridas por las series de datos son debidas a omisiones de medición de totales diarios pequeños.

A modo de ejemplo, se presentan los gráficos correspondientes a las estaciones Paraná Aero (meteorológica), Federal y Maciá (puestos pluviométricos) identificados con los números 19, 25 y 15 respectivamente.

Las frecuencias de la serie de la estación 15 son típicas de las de la mayor parte de los puestos pluviométricos estudiados.

1.4 LA UTILIZACION DE INFORMACION ELABORADA A PARTIR DE DATOS PLUVIOMETRICOS EN ESTUDIOS CLIMATOLOGICOS E HIDROLOGICOS. INCIDENCIA DE LOS ERRORES DE OBSERVACION.

Recientes tendencias en la investigación hidrológica han aumentado el interés sobre el conocimiento de la estructura espacial de la precipitación, tanto en las áreas de tormenta en la atmósfera como en los campos que estos sistemas en movimiento originan sobre el terreno.

La motivación especial en el estudio en la mesoescala de los campos de precipitación en el terreno y su variabilidad espacial radica en que es precisamente en este rango de distancias en el que se organizan los sistemas hidrológicos de superficie (cuencas y regiones hídricas). Por esta razón su conocimiento es requerido en múltiples aplicaciones hidrológicas.

Una aplicación importante es la utilización del campo de correlación de la precipitación en la interpolación objetiva de valores puntuales y en la determinación de campos medios de lluvia. Gandin (1963) efectuó aplicaciones de este método a campos meteorológicos. Mas recientemente Creutin y Obled (1981) analizaron en detalle los métodos de interpolación de la precipitación.

Otra línea de investigación que utiliza los campos de correlación en mesoescala es la seguida por autores que intentan la descripción estocástica de los procesos atmosféricos de precipitación, tendientes a obtener los campos de lluvia en superficie. El desarrollo y calibración de estos modelos requiere el conocimiento de la estructura de correlación (ver, por ejemplo, Waymire y otros (1984) y Gupta y Waymire (1979)).

Otras investigaciones que requieren el conocimiento de la estructura de correlación espacial de la precipitación son las concernientes al diseño, optimización y operación de redes pluviométricas y pluviográficas. Se destacan los trabajos de Rodríguez Iturbe y Mejía (1974 a y b) sobre la teoría de procesos estocásticos aplicada a la generación de campos de lluvia. Una puesta al día en este campo ha sido efectuada por Moss (1982).

Un problema importante que provocan los errores en las series de precipitación es su propagación en los pronósticos de

otras variables hidrológicas que se realizan sobre la base de esa información.

Barrera y Vargas (1984) analizaron, para la cuenca del río Guleguay sita en el área de estudio, la relación entre la precipitación caída en la cuenca y el escurrimiento generado por aquélla. Propusieron en este trabajo un método para clasificar episodios lluviosos según su aporte a la recarga del suelo (infiltración y percolación) y al escurrimiento directo.

Además, encontraron una relación directa entre la precipitación acumulada durante el mes precedente a un episodio lluvioso (indicativa del estado hídrico del suelo) y el escurrimiento que tal episodio origina. Ahora bien, las lluvias de monto pequeño, si bien no generan escurrimientos importantes, sí modifican el estado hídrico del suelo, y por lo tanto su omisión afecta directamente la calibración y la operación de modelos hidrológicos de lluvia-escorrentía y de balance hidrológico.

El autor (1976) ha podido constatar la sensibilidad de los modelos hidrológicos a los campos de precipitación estimados, que se utilizan como "entrada" de los mismos, al aplicar el modelo de balance hidrológico de Bultot y Dupriez (1976) a la cuenca del río Lesse (Bélgica).

<u>Estación</u>		<u>Latitud</u>		<u>Longitud</u>	
No.	Nombre	Grados	Minutos	Grados	Minutos
01	Cuchilla Redonda (G.U.)	33	06	59	06
02	Larroque (G.U.)	33	02	59	00
03	Irazusta (G.U.)	32	56	58	57
04	Las Moscas (G.U.)	32	05	58	58
06	Villaguay (Met.)	31	51	59	05
07	Ubajay (G.U.)	31	48	58	19
08	Pedernal (G.U.)	31	40	58	14
09	General Campos (G.U.)	31	31	58	24
10	Yerúa (G.U.)	31	28	58	16
11	Yuquerí (G.U.)	31	23	58	07
12	Concordia (Met.)	31	18	58	01
13	Gualeguay (Met.)	33	08	59	18
14	Sola (G.U.)	32	21	59	23
15	Maciá (G.U.)	32	11	59	25
16	Guardamonte (G.U.)	32	05	59	19
17	Durazno (G.U.)	31	59	59	17
18	Puiggari (G.U.)	32	03	60	27
19	Paraná (Met.)	31	47	60	29
20	Cerrito (G.U.)	31	34	60	04
21	Hasenkamp (G.U.)	31	30	59	26
22	Bovril (G.U.)	31	21	59	26
23	Conscripto Bernardi (G.U.)	31	03	59	05
25	Federal (G.U.)	30	57	58	47
26	Nueva Viscaya (G.U.)	30	58	58	38
27	La Calandria (G.U.)	30	48	58	40
28	Miñones (G.U.)	30	42	58	35
29	Los Conquistadores (G.U.)	30	35	58	28
31	San Jaime (G.U.)	30	21	58	19
32	Chajarí (G.U.)	30	46	57	59
33	Federación (G.U.)	31	00	57	54
34	Istihilart (G.U.)	31	10	57	59
35	Salto Grande (Met.)	31	12	57	55
36	El Redomón (G.U.)	31	06	58	18
37	Los Charrúas (G.U.)	31	10	58	11
38	González Calderón (G.U.)	32	59	59	26
39	General Galarza (G.U.)	32	45	59	25
40	Nogoyá (G.U.)	32	23	59	49
41	Villa F. M. Parera (G.U.)	32	48	58	53
42	Urdinarrain (G.U.)	32	41	58	54
43	Villa Montero (G.U.)	32	23	58	45
44	Rosario del Tala (G.U.)	32	19	59	09
45	Jubileo (G.U.)	31	44	58	38

Tabla 1.1

G.U.: Puesto pluviométrico en estación del Ferrocarril Gral. Urquiza.

Met.: Estación sinóptica del Servicio Meteorológico Nacional.

ESTACION 19 PERIODO 62 - 75 CANT.DE CICLOS: 665

FRECUENCIAS DE CLASE DE TOTALES DIARIOS (CADA 5 MM.)

4515 193 103 75 42 37 28 29 21 10 8 10 9 8 7 3 6 0 3 6

FRECUENCIAS DE SECUENCIAS HUMEDAS SEGUN SU LONGITUD (1 A 20 DIAS)

357 186 56 42 14 7 2 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

FRECUENCIAS DE SECUENCIAS SECAS SEGUN SU LONGITUD (1 A 60 DIAS)

112 99 76 58 51 54 47 31 22 23 11 14 9 10 6 8 7 4 2 2

3 4 0 1 2 0 1 2 0 0 2 0 0 0 0 0 0 0 2 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

FRECUENCIAS DE CICLOS SEGUN SU LONGITUD (1 A 60 DIAS)

0 55 97 65 64 70 68 42 35 33 23 21 12 10 9 10 10 9 5 2

5 2 2 2 2 3 0 1 2 0 0 1 1 0 0 0 0 0 0 0

0 0 0 2 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

FRECUENCIAS DE INTENSIDADES DE SECUENCIAS HUMEDAS (CADA 5 MM/DIA)

288 140 64 53 29 22 12 23 12 22

TOT= 5113 CEROS= 3914 PEQ= 601 GRA= 598 F.S.SECAS >60 = 1 F.CICLOS >60 = 1

TABLA DE VALORES NULOS

	SAL (>=5d)	SAC (<=4d)	AP (<5mm)	AG (>=5mm)
SABADO	214	233	59	49
NO SABADO	1327	1474	306	251

TABLA DE VALORES PEQUENOS (<5mm)

	SAL (>=5d)	SAC (<=4d)	AP (<5mm)	AG (>=5mm)
SABADO	24	25	19	25
NO SABADO	138	145	101	124

TABLA DE VALORES GRANDES (>=5mm)

	SAL (>=5d)	SAC (<=4d)	AP (<5mm)	AG (>=5mm)
SABADO	23	22	14	23
NO SABADO	134	154	102	126

DIA	SABADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOL	JUEVES	VIERNES
CERO	555	570	552	560	562	574	541
PEQ.	93	76	109	92	74	65	92
GRA.	82	84	70	79	95	91	97

Tabla 1.2

ESTACION 25 PERIODO 62 - 75 CANT.DE CICLOS: 550

FRECUENCIAS DE CLASE DE TOTALES DIARIOS (CADA 5 MM.)

4555 144 95 72 49 45 24 35 20 14 19 9 8 4 3 1 4 3 3 6

FRECUENCIAS DE SECUENCIAS HUMEDAS SEGUN SU LONGITUD (1 A 20 DIAS)

362 135 33 12 4 3 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

FRECUENCIAS DE SECUENCIAS SECAS SEGUN SU LONGITUD (1 A 60 DIAS)

79 51 53 43 33 32 38 38 18 25 17 16 14 7 12 6 10 8 6 7

6 6 1 5 5 2 1 2 2 1 0 0 1 1 0 1 0 1 1 0

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

FRECUENCIAS DE CICLOS SEGUN SU LONGITUD (1 A 60 DIAS)

0 48 57 43 56 41 34 36 30 26 25 22 14 15 10 14 7 10 11 6

5 4 5 6 4 7 2 1 1 3 1 0 0 1 1 0 1 0 1 0

1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

FRECUENCIAS DE INTENSIDADES DE SECUENCIAS HUMEDAS (CADA 5 MM/DIA)

146 109 74 54 34 38 18 19 16 42

TOT= 5113 CEROS= 4289 PEQ= 266 GRA= 558 F.S.SECAS >60 = 0 F.CICLOS >60 = 0

TABLA DE VALORES NULOS

	SAL (>=5d)	SAC (<=4d)	AF (<5mm)	AG (>=5mm)
SABADO	309	220	36	72
NO SABADO	1848	1362	146	296

TABLA DE VALORES PEQUENOS (<5mm)

	SAL (>=5d)	SAC (<=4d)	AF (<5mm)	AG (>=5mm)
SABADO	6	10	8	3
NO SABADO	93	64	32	50

TABLA DE VALORES GRANDES (>=5mm)

	SAL (>=5d)	SAC (<=4d)	AF (<5mm)	AG (>=5mm)
SABADO	27	13	7	19
NO SABADO	197	139	37	118

DIA	SABADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOL	JUEVES	VIERNES
CERO	637	616	618	610	607	616	585
PEQ.	27	45	31	39	41	32	51
GRA.	66	69	82	82	83	82	94

Tabla 1.3

ESTACION 15 PERIODO 62 - 75 CANT.DE CICLOS: 550

FRECUENCIAS DE CLASE DE TOTALES DIARIOS (CADA 5 MM.)

4566 143 86 68 53 46 27 20 28 18 14 10 9 10 1 1 4 1 0 8

FRECUENCIAS DE SECUENCIAS HUMEDAS SEGUN SU LONGITUD (1 A 20 DIAS)

386 117 30 13 4 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

FRECUENCIAS DE SECUENCIAS SECAS SEGUN SU LONGITUD (1 A 60 DIAS)

81 57 51 49 33 38 36 35 24 21 17 8 9 11 5 10 8 5 7 3

6 3 5 5 3 2 4 2 1 1 2 0 1 0 0 0 1 0 0 1

0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0

FRECUENCIAS DE CICLOS SEGUN SU LONGITUD (1 A 60 DIAS)

0 60 55 56 41 46 37 32 34 32 19 21 11 11 12 6 9 7 7 5

5 6 3 6 4 3 2 3 5 1 1 2 0 1 0 0 0 1 0 0

1 0 0 0 0 0 1 0 0 0 0 0 0 0 0 0 1 0 0 0

FRECUENCIAS DE INTENSIDADES DE SECUENCIAS HUMEDAS (CADA 5 MM/DIA)

146 97 77 52 47 47 23 16 11 34

TOT= 5113 CEROS= 4331 PEQ= 235 GRA= 547 F.S.SECAS >60 = 2 F.CICLOS >60 = 2

TABLA DE VALORES NULOS

	SAL (>=5d)	SAC (<=4d)	AP (<5mm)	AG (>=5mm)
SABADO	316	229	32	62
NO SABADO	1906	1329	148	308

TABLA DE VALORES PEQUENOS (<5mm)

	SAL (>=5d)	SAC (<=4d)	AP (<5mm)	AG (>=5mm)
SABADO	8	4	1	8
NO SABADO	85	68	18	43

TABLA DE VALORES GRANDES (>=5mm)

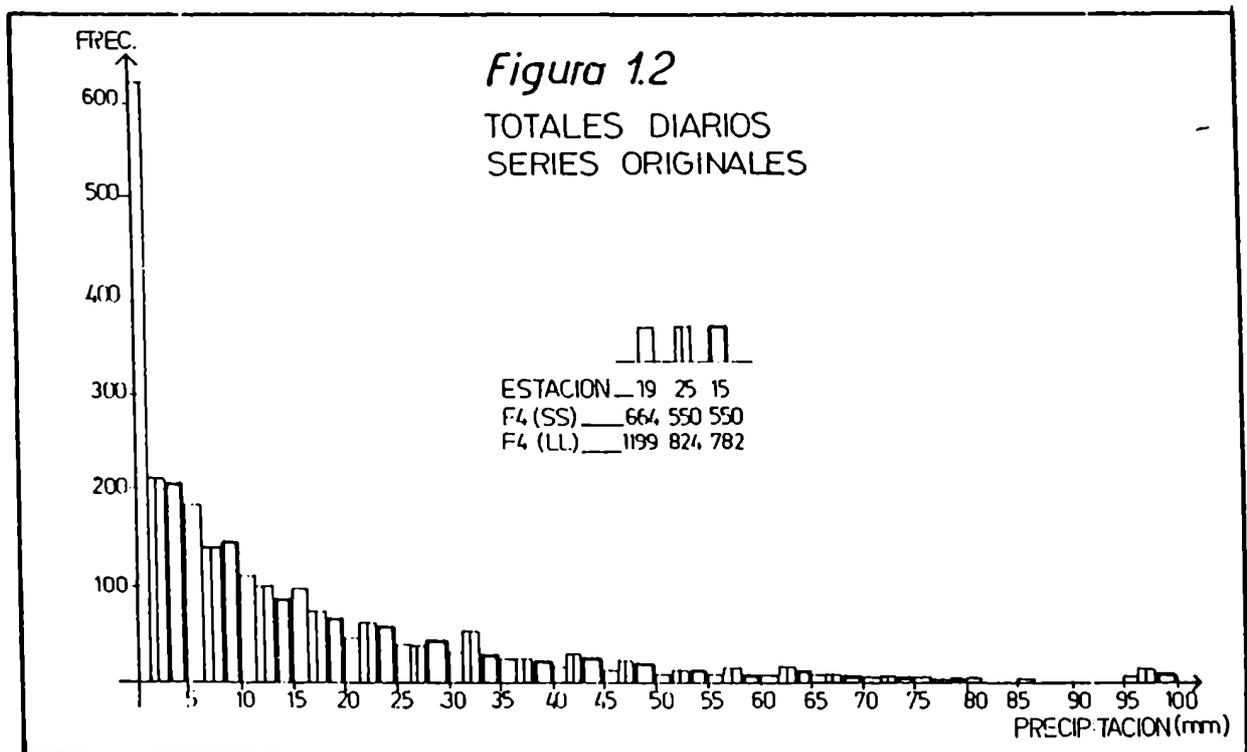
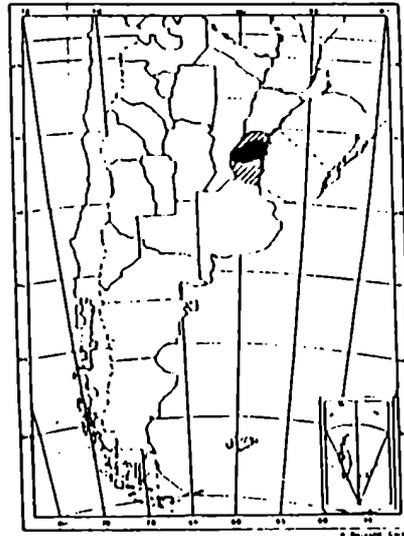
	SAL (>=5d)	SAC (<=4d)	AP (<5mm)	AG (>=5mm)
SABADO	31	16	7	16
NO SABADO	188	150	29	110

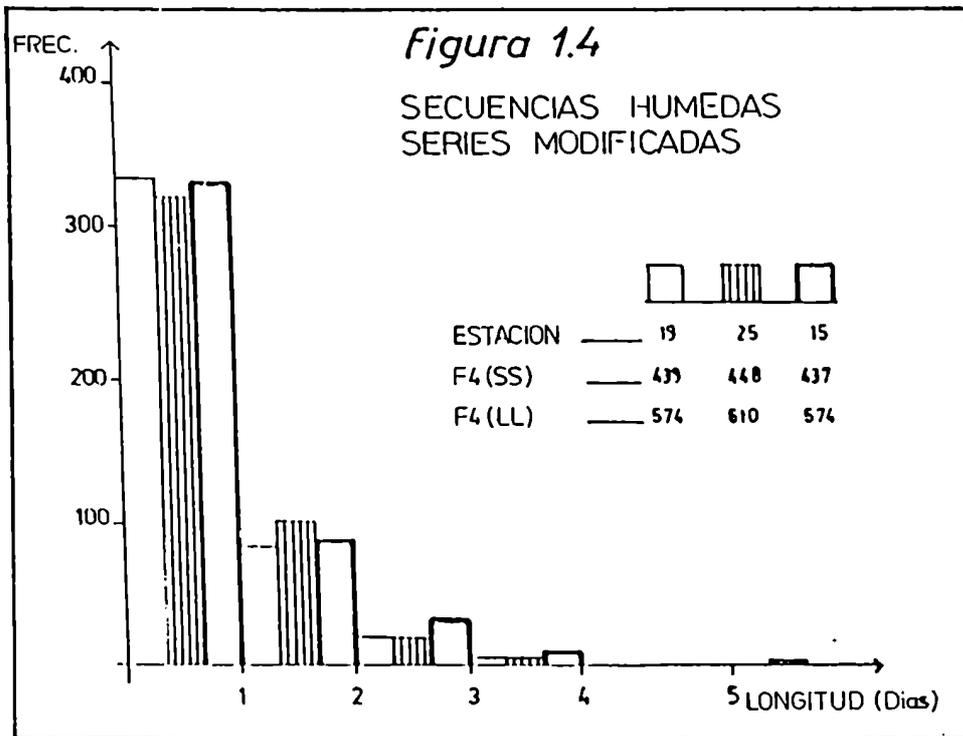
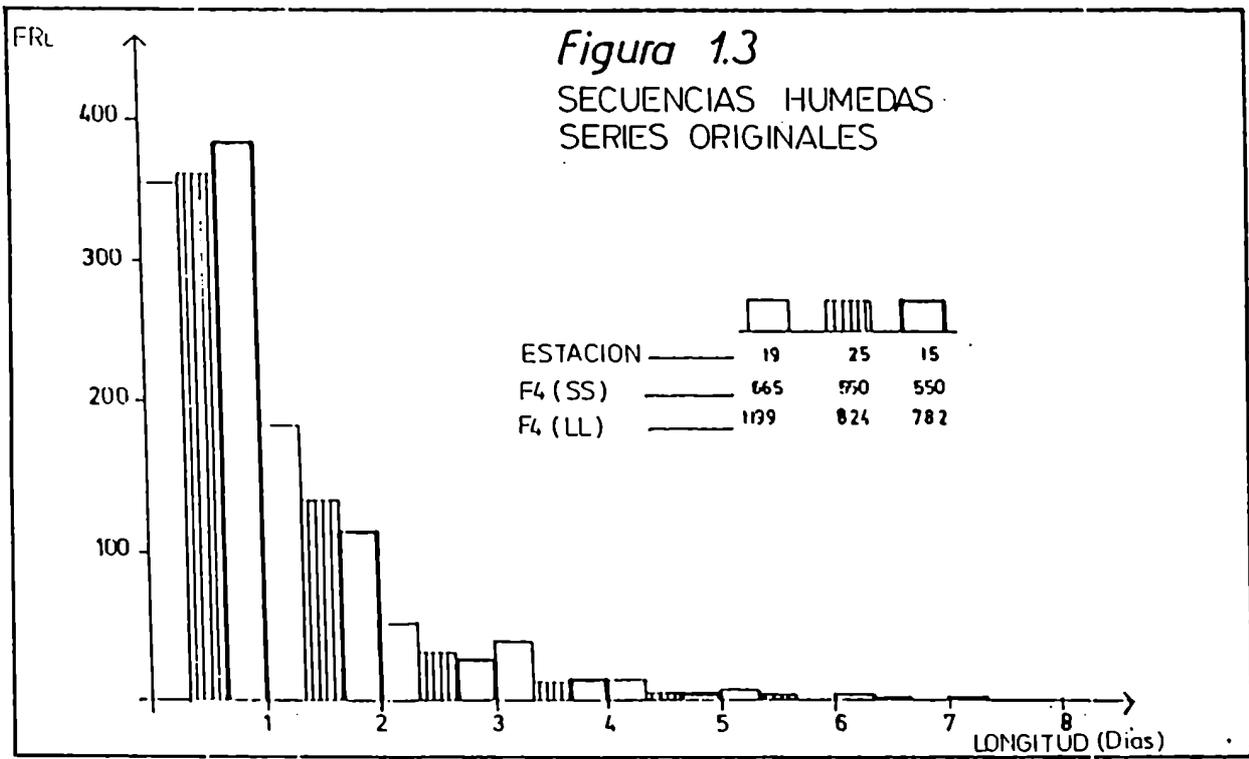
DIA	SABADO	DOMINGO	LUNES	MARTES	MIERCOL	JUEVES	VIERNES
CERO	639	615	617	619	613	624	604
PEQ.	21	32	36	36	39	31	40
GRA.	70	83	78	76	79	75	86

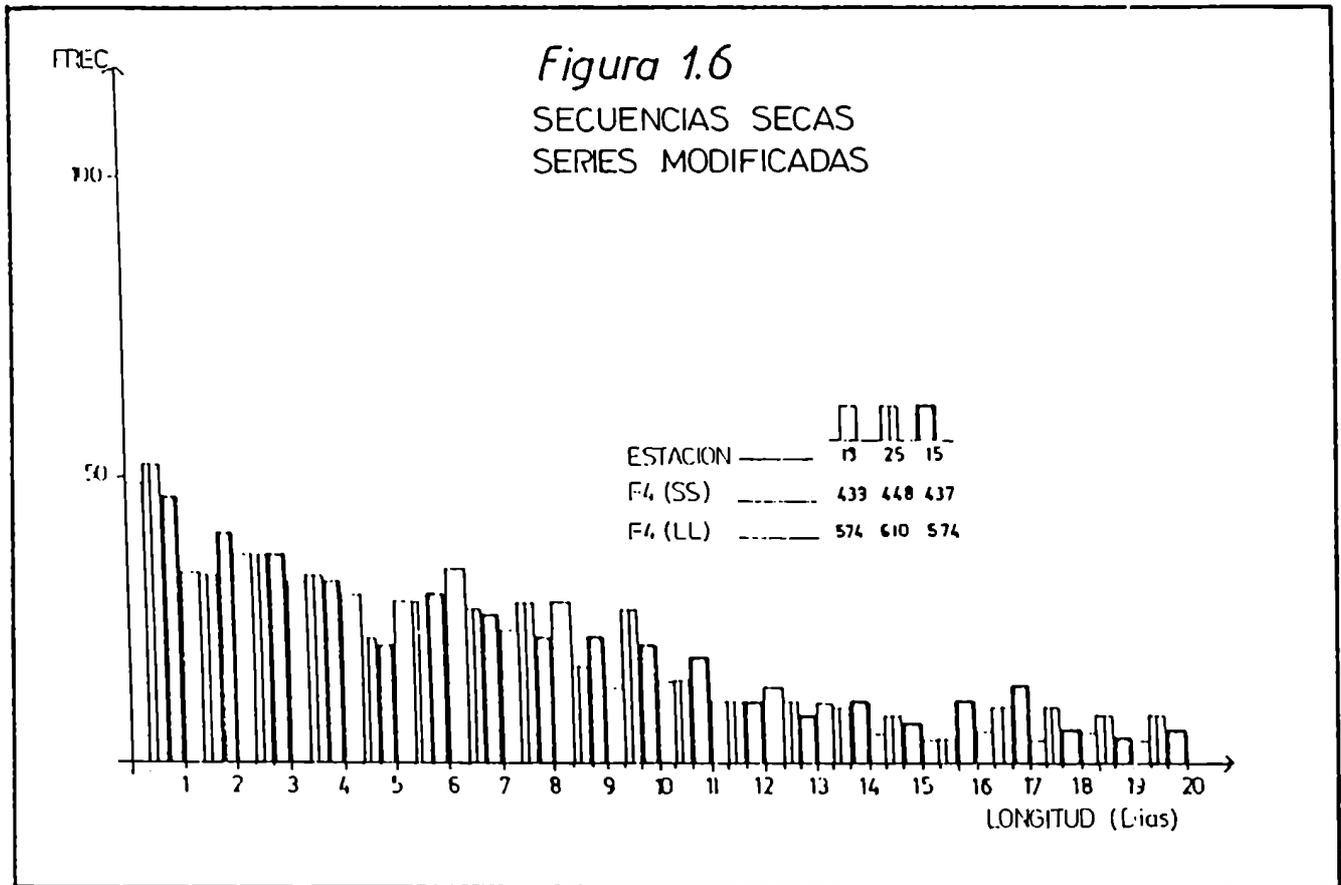
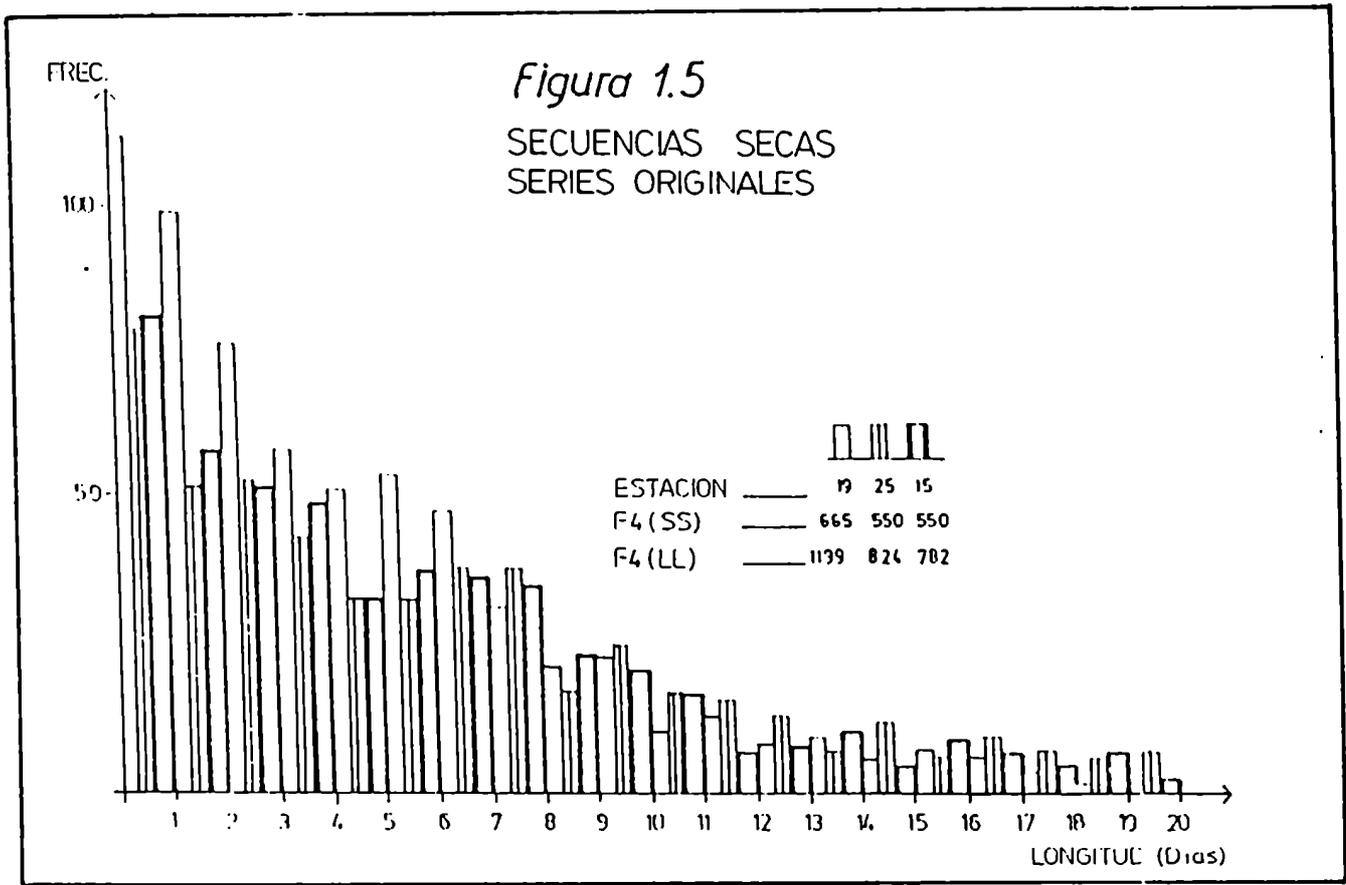
Tabla 1.4

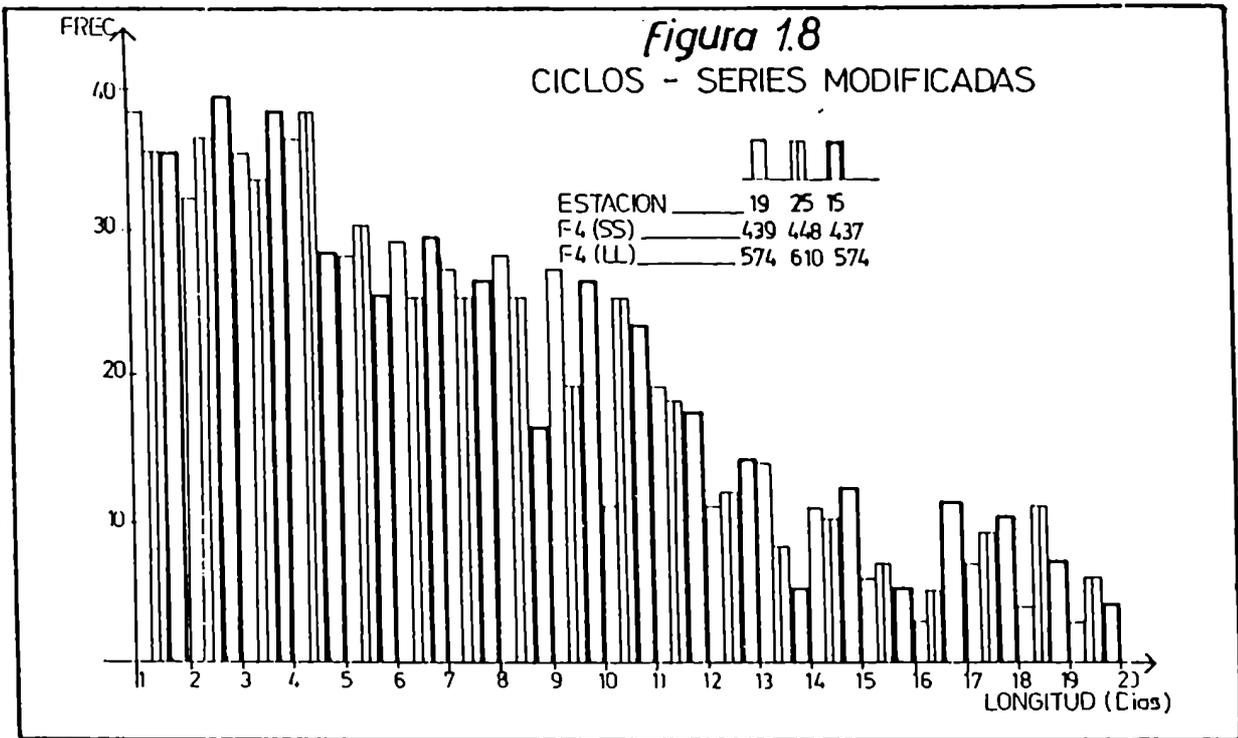
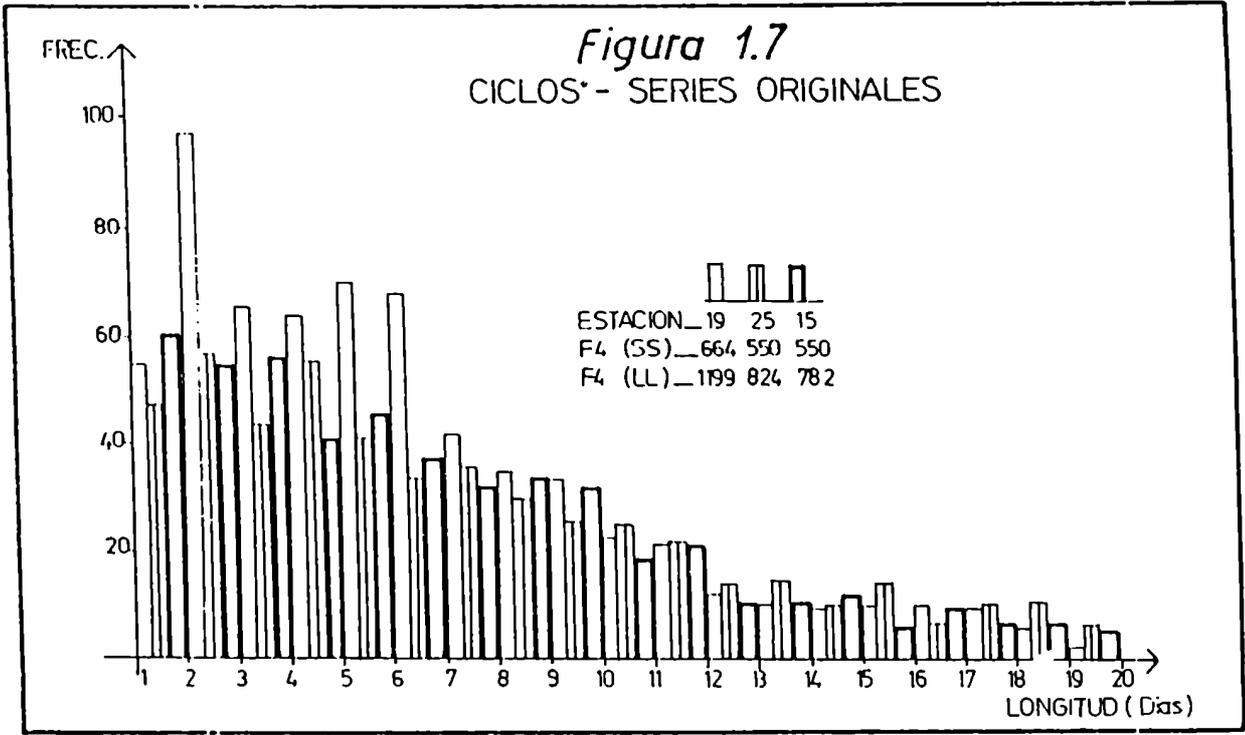
Figura 1.1

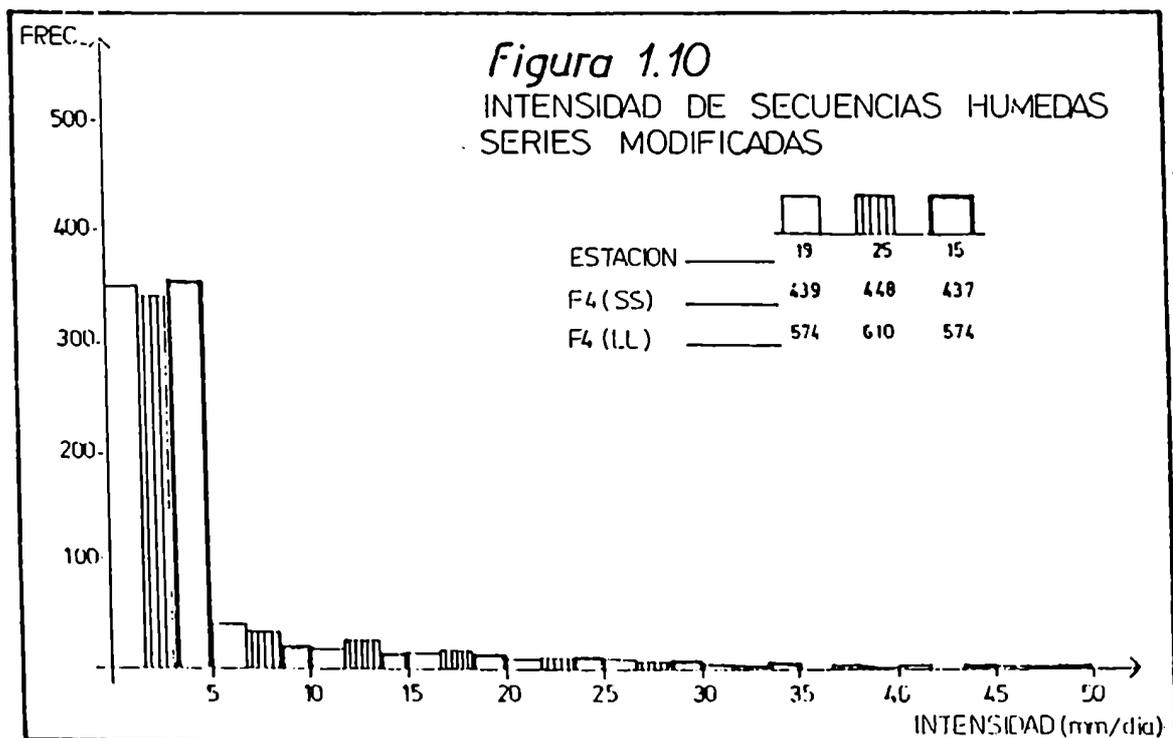
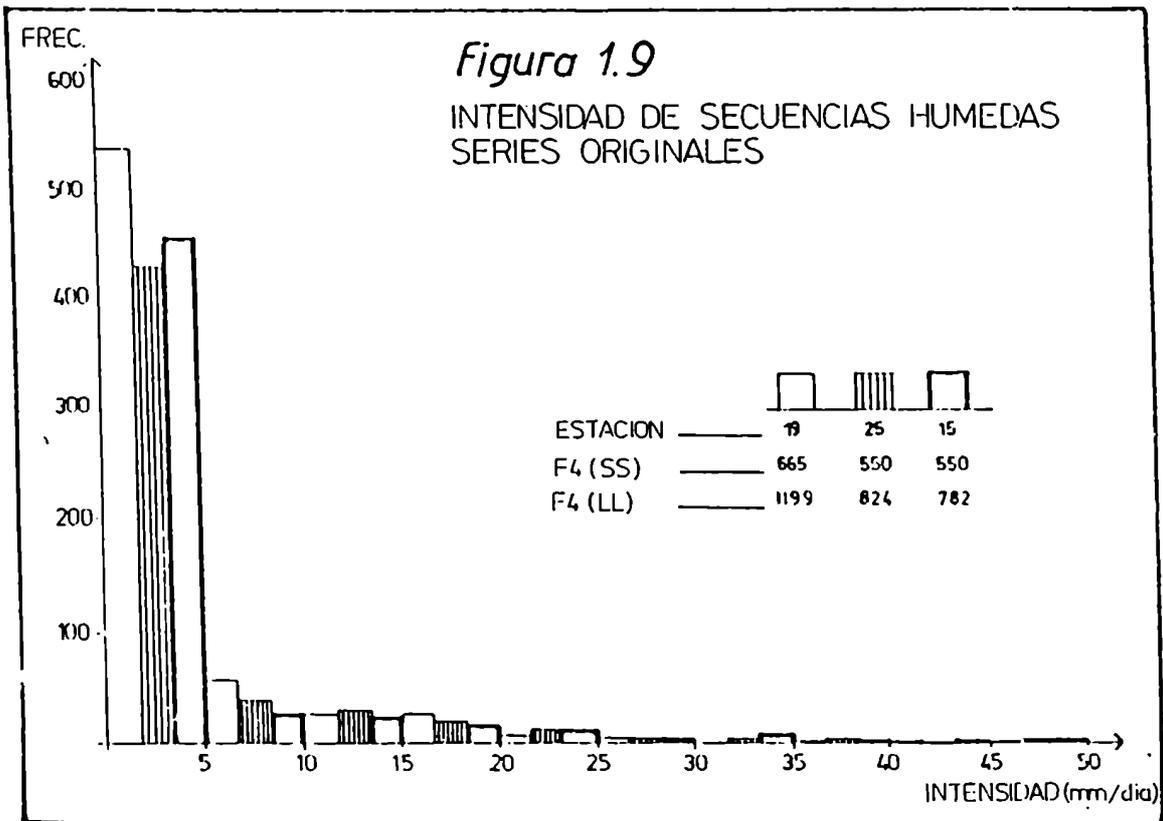
UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO











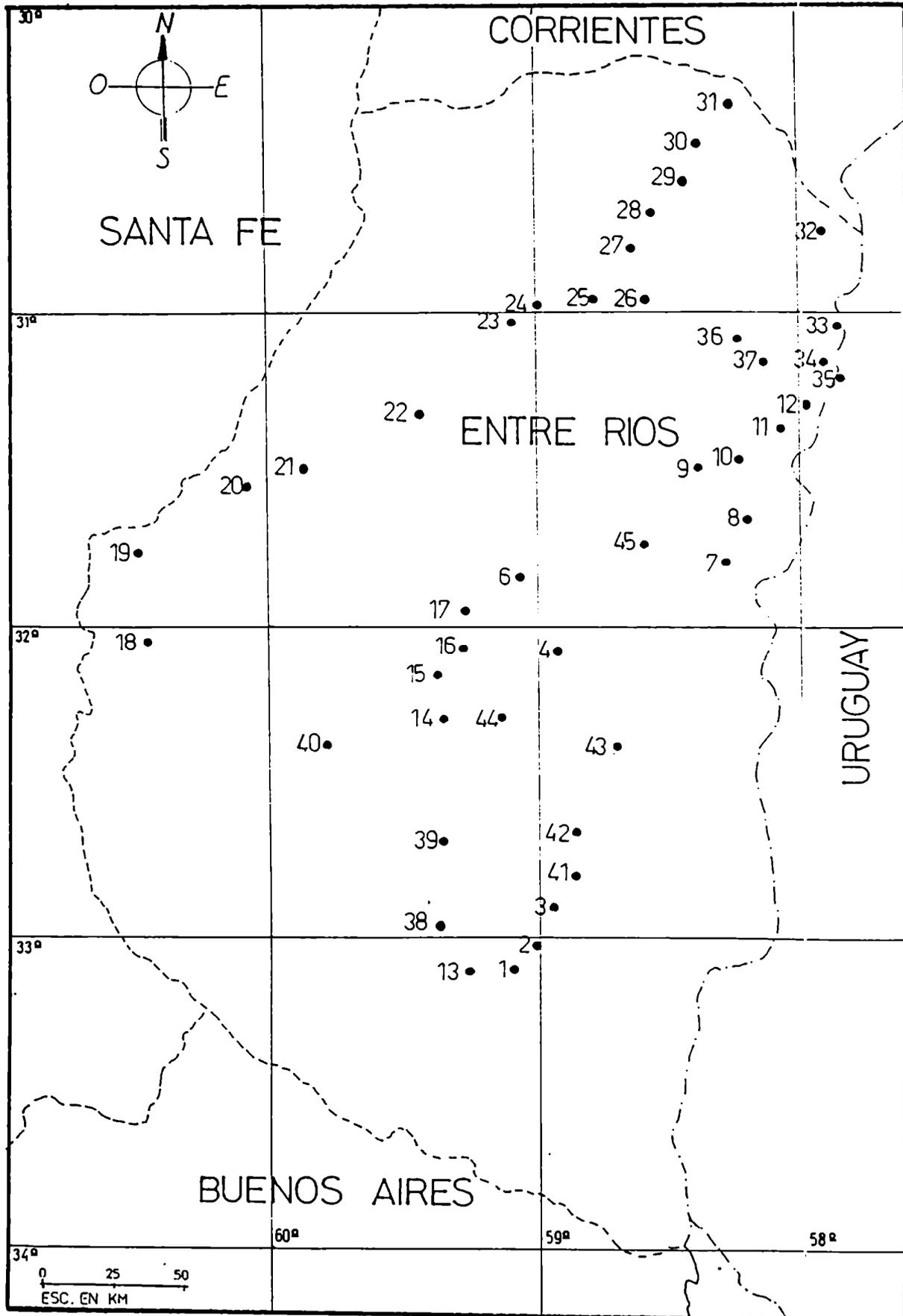


Figura 1.11.: Ubicación de las estaciones de medición.

CAPITULO 2

ANALISIS DEL CAMPO DE PRECIPITACION EN ORDEN A OBTENER UNA NORMALIZACION EN LAS FRECUENCIAS DE DIAS DE LLUVIA

2.1 ANALISIS DE LOS CAMPOS DE PRECIPITACION ACUMULADA Y DE FRECUENCIAS DE DIAS CON PRECIPITACION

Un primer análisis de la estructura temporal de las series pluviométricas y de la correlación espacial diaria entre distintas series, nos obligó a descartar las series de las estaciones 5, 24 y 30 por ser de muy baja calidad; de modo que el total de estaciones secundarias quedó reducido a 40, aparte de las meteorológicas.

El área en la cual se distribuyen las estaciones cubre una superficie de 20.000 Km². Es alargada en la dirección sudoeste - noreste y la separación máxima entre dos estaciones de unos 250 Km. La topografía es llana o suavemente ondulada, de modo que las variaciones espaciales de altura del terreno son irrelevantes como factores generadores de singularidades climáticas en el campo de precipitación. La cubierta vegetal es similar en toda la región, por lo que tampoco puede suponerse una variación climática en las lluvias debido a diferencias espaciales de los balances energéticos y de agua con la atmósfera.

Por otra parte, estudios hechos en escala sinóptica muestran que los sistemas de precipitación en la región litoral, principalmente frentes y sistemas convectivos de masa de aire, tienen frecuencias de ocurrencia que son comunes a toda la zona de estudio.

Sin embargo se verifica la existencia de un gradiente suave en sentido oeste sudoeste - este noreste (OSO-ENE) en las isoyetas medias anuales para el período 1901-1950 del Atlas Climático de la República Argentina (SMN, 1960).

Hemos obtenido una configuración similar al trazar las isoyetas medias anuales para nuestro período, a partir de información contenida en las estadísticas meteorológicas 1961-1970 (SMN, 1981) y 1971-1980 (SMN, 1986) (Figura 2.1).

Hemos hallado un campo más fluctuante, pero básicamente similar al anterior al trazar las isoyetas anuales para el mismo período a partir de nuestros datos de estaciones pluviométricas. (Figura 2.2).

Este aumento hacia el ENE en la precipitación media que se observa tanto en la Figura 1 como en la 2 se debe a que existe en la región un gradiente horizontal sudoeste-noreste de humedad específica del aire en la tropósfera baja. Hemos verificado esto al trazar las isolíneas de presión parcial del vapor en superficie y en el nivel de 900 mb. correspondientes a los meses de enero y julio, con datos del período 1958-1971 elaborados por Velasco y Necco (1982).

Si bien el gradiente de humedad es suave y el área considerada es pequeña, cabe esperar que, debido a estas condiciones, el monto medio precipitado por evento lluvioso sea

mayor a medida que avanzamos hacia el este noreste. Si esto es así, al graficar el campo de frecuencias de días con precipitación mayor que cierto límite, debe aparecer entonces un gradiente en el mismo sentido en el campo respectivo.

Hoffmann y otros (1977-1978) hallaron que existen correlaciones muy altas entre las frecuencias anuales de días con precipitación $Fa(1.0)$ y $Fa(10.0)$ (≥ 1 mm y ≥ 10 mm respectivamente), por lo tanto, y las cantidades anuales de precipitación (Pa) por el otro. Esto significa que la forma de ambos campos es prácticamente la misma. Sobre la base de datos del noroeste argentino, concluyeron que se pueden obtener aproximaciones a los campos reales de $Fa(0.1)$ y $Fa(1.0)$, interpolando los valores de Fa correspondientes a las isoyetas del mapa de precipitación anual, mediante funciones de regresión. Mostraron asimismo que para una región de las dimensiones de la que nos ocupa las rectas de regresión correspondientes al nivel de $F(10.0)$ pueden obtenerse utilizando datos tanto de estaciones meteorológicas como de puestos puvimétricos.

Para una gran parte de América del Sur que incluye al litoral argentino, Hoffmann y Alessandro de Dapunte (1977-1978) obtuvieron varias rectas de regresión de Pa versus $Fa(10.0)$, todas ellas de la forma siguiente:

$$Fa(10.0) = 0,03 \text{ (días / mm)} \cdot Pa + b \quad (1)$$

donde b tomó para todos los casos valores positivos o negativos cercanos a cero.

En lo referente a nuestra zona de estudio, Conde y Codromaz de Rojas (1980) calcularon las precipitaciones diarias máximas anuales esperadas con diferentes períodos de retorno para nueve localidades de la provincia de Entre Ríos, utilizando datos del período 1934 - 1970. Los valores hallados nos permiten ver que el incremento de humedad específica del aire hacia el noreste va acompañado de una mayor cantidad media de lluvia por evento, cuando se trata de precipitaciones diarias máximas.

A fin de analizar la frecuencia de días con precipitación mayor que cierto límite, elegimos éste igual a 5 mm. y llamamos genéricamente valores grandes a los totales diarios iguales o mayores que el límite fijado, y valores pequeños a los menores.

Como ha mostrado un primer análisis basado en nuestros datos y en las estadísticas correspondientes al período normal 1921-1950 (SMN, 1969), la medición de valores grandes en las estaciones secundarias o bien no es omitida, o bien lo es en pequeña proporción (SMN, 1969 y Hoffmann, 1970). De modo que al trazar el campo de frecuencias de valores grandes a partir de nuestros datos debería observarse un incremento medio hacia el ENE. Tal como puede verse en la Figura 2.3, esto se verifica a pesar de que las frecuencias empíricas están afectadas en mayor o menor medida por errores debidos a las omisiones de valores pequeños y grandes, como veremos más adelante. Se observa además un valor máximo muy marcado en la estación Concordia Aero, tanto en este campo como en el de isoyetas de la Figura 2.2 .

Puesto que queremos comparar frecuencias entre distintas estaciones, tanto de valores grandes como pequeños, debemos

remover este gradiente que se observa en la Figura 2.3 y que se corresponde con el de la Figura 2.2 . Asumimos que para nuestros datos pluviométricos existe también una relación lineal similar a (1) que relaciona la frecuencia de valores grandes $Fa(5.0)$ con la precipitación acumulada Pa . Puesto que en adelante nos interesa trabajar con las frecuencias acumuladas en nuestro período de 14 años, $Fa(5.0)$ está multiplicada por 14 en la nueva variable a la cual denominamos $F4o(G)$ teniendo en cuenta exigencias futuras en la notación. La regresión lineal correspondiente se muestra en la Figura 2.4 y su expresión analítica es:

$$F4o(G) = 0,35 \cdot Pa + 225 \quad (2)$$

El coeficiente de correlación r es igual a 0,80 y el error típico de la estimación e es igual a 26,5. Con la cantidad de datos tomada, igual a 42, el coeficiente de correlación es altamente significativo.

Si en lugar de Pa tomamos la precipitación anual media Pg para nuestro período extraído del campo suavizado de la Figura 2.1 la regresión lineal de $F4o(G)$ sobre Pg arroja los resultados siguientes:

$$F4o(G) = 0,29 \cdot Pg + 279 \quad (3)$$

$$r = 0,68 \quad e = 32,6$$

De este análisis extraemos la conclusión de que las frecuencias $F4o(G)$ están más correlacionadas con la precipitación acumulada observada en cada localidad, que con la extraída del campo suavizado.

2.2 NORMALIZACION DE FRECUENCIAS DE LAS DISTINTAS ESTACIONES

En armonía con los resultados de la sección anterior, para remover el gradiente del campo de frecuencias observadas $F4o(G)$ (Figura 2.3) transformamos cada dato de precipitación diaria D en el dato "normalizado" Dr de la siguiente forma:

$$Dr = D \cdot cr$$

donde

$$cr = \frac{\text{Precipitación acumulada de la estación Villaguay Aero}}{\text{Precipitación acumulada de la estación considerada}}$$

Las series así normalizadas tienen todas la misma precipitación acumulada.

Hemos elegido como referencia la localidad de Villaguay por encontrarse en el centro de la región en estudio. De esta forma, cualquier distorsión en la normalización de las frecuencias debida a la relación lineal adoptada es minimizada. Por otra parte, la cantidad de días con precipitación que acusa

esta estación en nuestro período indica que su registro es relativamente bueno y que, por lo tanto, la precipitación acumulada observada no es significativamente menor que la real. Estimaciones posteriores indican que la diferencia porcentual entre estos dos valores es aproximadamente igual a 1,3 por lo que procedimos a incrementar el valor de Pa en dicho porcentaje.

Procedemos luego a obtener las frecuencias de valores grandes y pequeños de los datos "normalizados", a los cuales notamos F4(G) y F4(P) respectivamente. El gráfico de isolíneas de F4(G) se muestra en la Figura 2.5 .

Notamos que el campo obtenido es más uniforme que el de la Figura 2.3, y ya no se observa en este nuevo campo el gradiente en la dirección OSO - ENE.

Asumimos entonces que estas frecuencias normalizadas pertenecen a la misma población. De acuerdo con esto, en adelante compararemos frecuencias normalizadas, tanto de valores grandes como pequeños.

Cabe señalar que las frecuencias utilizadas para construir las Figuras 2.3 y 2.5 están aumentadas con respecto a las "verdaderas" por la presencia de valores "grandes falsos", originados en la omisión de medición de totales diarios pequeños, y a la vez disminuidas debido a la omisión de medición de lluvias grandes. Esto introduce en el campo un "ruido" espacial debido a errores de observación. En el capítulo siguiente, presentamos un método que nos ha permitido reducir dicho "ruido", estimando las frecuencias "verdaderas" en cada localidad. Con estas frecuencias hemos construido el campo que se muestra en la Figura 2.6. Este nuevo campo es más uniforme que el anterior. A pesar de la baja calidad de la información utilizada, este resultado nos permite afirmar que la normalización por precipitación acumulada ha sido efectiva en remover el gradiente en sentido oeste sudoeste - este noreste.

En la Tabla 2.1 se muestran entre otras frecuencias, las de valores grandes y pequeños, antes y después de la normalización por precipitación acumulada.

Es necesario destacar que 11 de las 39 series pluviométricas no reaccionan frente a la normalización, permaneciendo las frecuencias inalteradas según puede apreciarse en la Tabla 2.1 . La explicación de este hecho es que en estos puestos la medición se "redondea" al medio milímetro o aún al milímetro. De otro modo, algunos montos reales cercanos a 5 mm. pasarían en algunas series de pequeños a grandes por efecto de la normalización, y en otras de grandes a pequeños (según sea el coeficiente de normalización mayor o menor que 1). Las estimaciones de probabilidades de omisión que obtendremos, las cuales utilizan estas frecuencias normalizadas, tendrán mayor margen de error en las series donde el efecto de "redondeo" está presente.

También podría esperarse que la frecuencia de precipitaciones mayores que 0.1 mm aumente en el mismo sentido que el gradiente de humedad en forma apreciable. Sin embargo, dadas las dimensiones reducidas del área en estudio, no se observa claramente dicho aumento, si tomamos las frecuencias del período normal 1921-1950 (SMN, 1969). Ello se debe a que la

variabilidad espacial de la frecuencia de días con precipitación es mayor que la diferencia media en dicha variable entre los puntos más distantes de la zona estudiada, en la dirección del gradiente.

En cuanto a nuestro período de estudio, los datos disponibles y aptos para estimar la frecuencia de días con precipitación en el área son los de las estaciones meteorológicas Paraná Aero y Concordia Aero. Estos son analizados a continuación.

2.3 ALGUNAS CONSIDERACIONES SOBRE LOS ESTADISTICOS DE PARANA Y CONCORDIA EN EL PERIODO CONSIDERADO E IMPLICANCIAS DE LA NORMALIZACION ADOPTADA

La normalización del dato diario de precipitación produjo las siguientes modificaciones en las frecuencias de las estaciones meteorológicas Paraná Aero y Concordia Aero:

- a) Los valores de $F4(P)$ son 603 (antes 534) y 601 (antes 625) para las estaciones Concordia y Paraná respectivamente.
- b) El valor de $F4(G)$ correspondiente a Villaguay (donde los datos no han sido modificados por la normalización) es 599, y el de Paraná 598 (antes 574).
- c) Si multiplicamos los datos diarios de la serie de Concordia por el cociente entre las P_a de Paraná y Concordia, la frecuencia resultante de días con precipitación pequeña (esta vez normalizados con respecto a Paraná) es 627 (antes 534), mientras que el valor observado en Paraná es 625.

Estos resultados dan evidencia de que la normalización adoptada es adecuada.

Por otra parte la precipitación media en Concordia (1289 mm.) es un 34,4% mayor que la de Paraná (959 mm.) en este período, mientras que en el período normal 1921-1950 es un 27,4% mayor (1175 mm. y 922 mm. respectivamente). Si tomamos como válida esta última relación, la diferencia porcentual en más en nuestro período resulta ser del 5,5%.

También en nuestro período se observa una diferencia positiva del 4,5% entre la cantidad de días con precipitación en Concordia y Paraná (1253 y 1199 casos respectivamente). Podemos concluir entonces que, en una primera aproximación, el exceso del 5,5% mencionado se corresponde con la diferencia observada del 4,5% en la frecuencia de días con precipitación, y que en consecuencia, esta diferencia se debe principalmente a un sesgo positivo con respecto al valor esperado en Concordia en ese período.

Por lo tanto, a los fines de nuestro análisis hemos considerado constante la cantidad de días con precipitación en toda el área. Además, a causa de la singularidad observada en Concordia, hemos adoptado el valor de Paraná Aero como representativo del área, en vez de tomar el promedio entre éste y el correspondiente de Concordia.

Teniendo en cuenta lo antedicho y el resultado mostrado en a) obtenemos el valor de $F4(G)$ para Concordia por diferencia:

$$F4(G) = 1199 - F4(P) = 596$$

Nótese que este valor es casi idéntico a los correspondientes a Paraná (598) y Villaguay (599).

En los capítulos 3, 4, y 5 tomamos como frecuencias climáticas de referencia a las frecuencias promedio entre las de Paraná Aero y sus respectivas de Concordia Aero, todas ellas ya normalizadas por precipitación acumulada. Designamos a la serie hipotética que presentaría estas frecuencias como serie b, y a las frecuencias respectivas Fb:

$$Fb(LL) = 1199$$

$$Fb(G) = 597$$

$$Fb(P) = 602$$

EST.	F4o(P)	F4o(G)	F4(LL)	F4(C)	Pa	F4(P)	F4(G)	F4(CF)
1(*)	150	561	711	4402	1004	150	561	488
2	172	598	770	4343	1066	210	560	429
3	96	565	661	4452	1149	137	524	538
4	182	627	809	4304	1133	231	578	390
6	408	599	1007	4106	1037	408	599	192
7	228	679	907	4206	1159	279	628	292
8	126	631	757	4356	1141	183	574	442
9	257	672	929	4184	1119	314	615	270
10	162	602	764	4349	1126	205	559	435
11	211	644	855	4258	1169	254	601	344
12	534	665(*)	1199(*)	3914(*)	1289	603	596	0
13(*)	295	575	870	4243	1020	295	575	329
14(*)	126	554	680	4433	987	126	554	519
15	208	574	782	4331	1028	235	547	417
16(*)	117	556	673	4440	1030	150	523	526
17	103	597	700	4413	1062	147	553	499
18(*)	109	507	616	4497	862	109	507	583
19	625	574	1199	3914	959	601	598	0
20(*)	104	515	619	4494	897	102	517	580
21(*)	185	578	763	4350	1025	221	542	436
22	116	602	718	4395	1101	165	553	481
23	102	653	755	4358	1175	149	606	444
25	214	610	824	4289	1161	266	558	375
26	143	651	794	4319	1234	230	564	405
27	120	602	722	4391	1073	171	551	477
28	61	626	687	4426	1321	142	545	512
29	55	631	686	4427	1225	97	589	513
31	95	624	719	4394	1166	153	566	480
32	153	653	806	4307	1139	211	595	393
33	165	669	834	4279	1223	210	624	365
34	138	581	719	4394	1166	183	536	480
35	277	571	848	4265	995	276	572	351
36	68	598	666	4447	1104	112	554	533
37	184	634	818	4295	1183	231	587	381
38(*)	98	544	642	4471	964	98	544	557
39(*)	183	569	752	4361	932	182	570	447
40	197	567	764	4349	1045	227	537	435
41	217	589	806	4307	1063	257	549	393
42	228	587	815	4298	1042	262	553	384
43	180	619	799	4314	1105	235	564	400
44(*)	143	568	711	4402	997	143	568	488
45(*)	146	629	775	4338	986	146	629	424

Tabla 2.1

Columnas 2 y 3: Frecuencias observadas originales.

Columnas 6 y 7: Frecuencias observadas, normalizadas por precipitación acumulada.

(*): Valores modificados.

(.): Series que no reaccionan frente a la normalización.

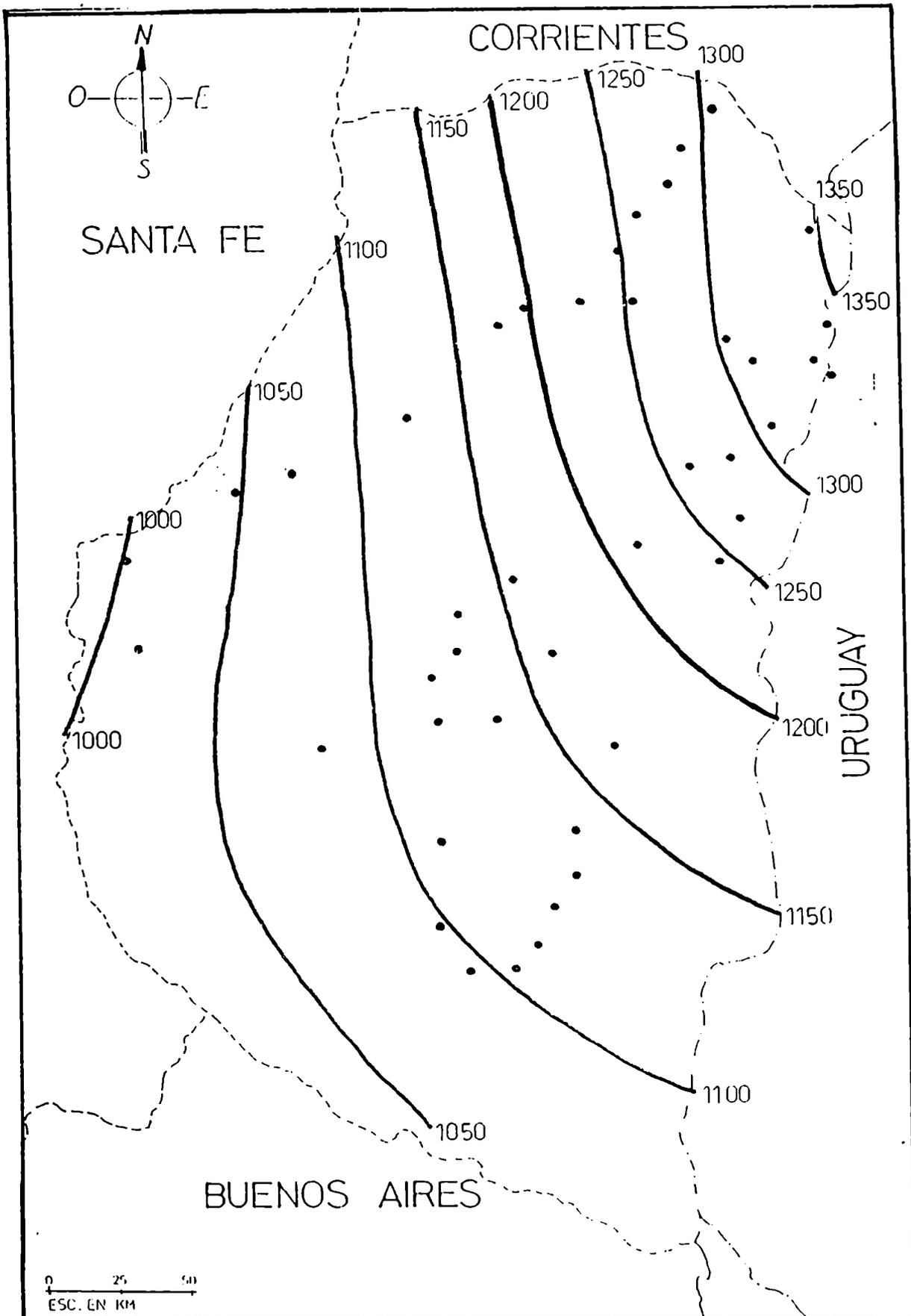


Figura 2.1.: Campo suavizado de precipitación media anual (Período 1952-1975).

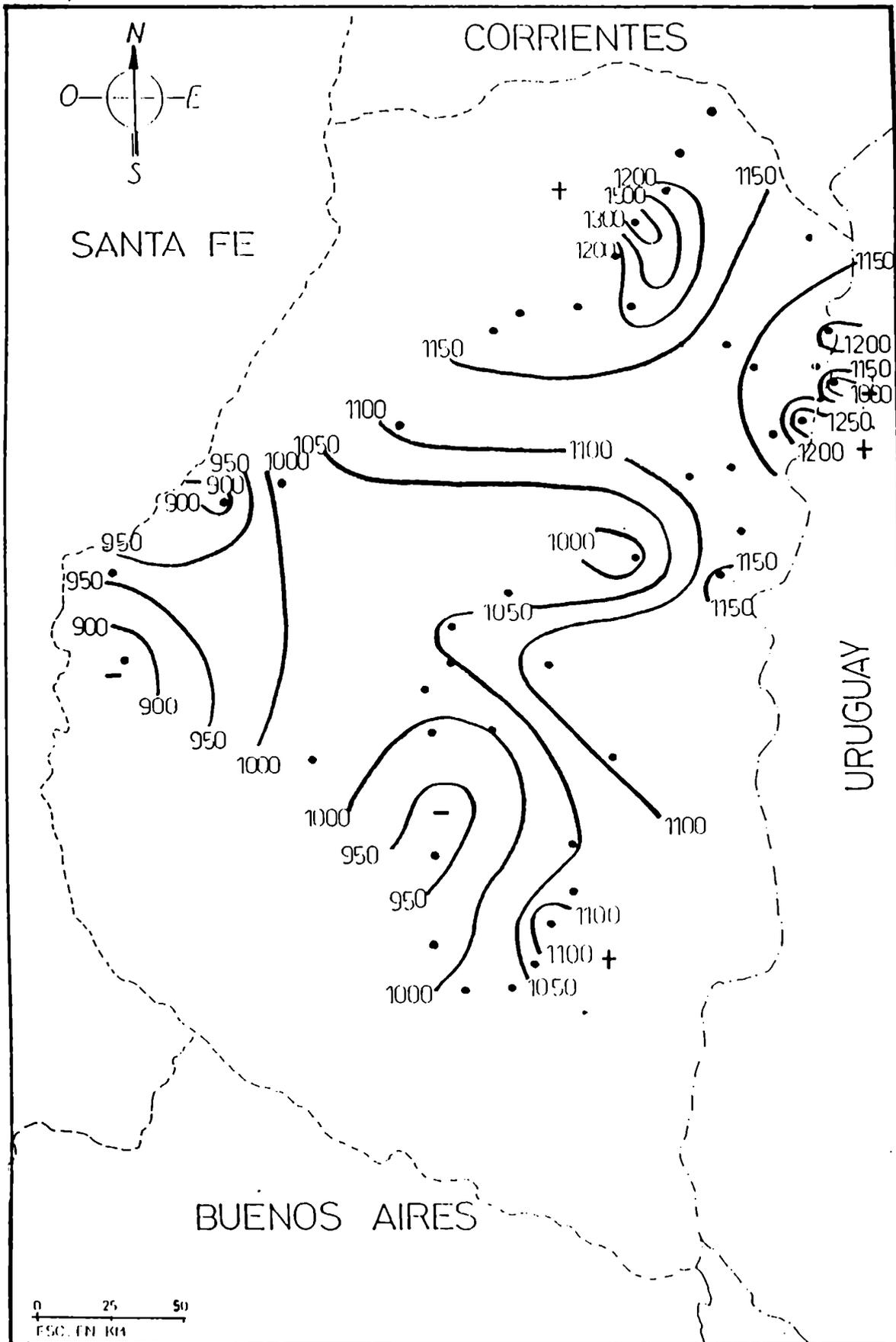


Figura 2.2.: Campo de precipitación media anual obtenido a partir de la información pluviométrica disponible.

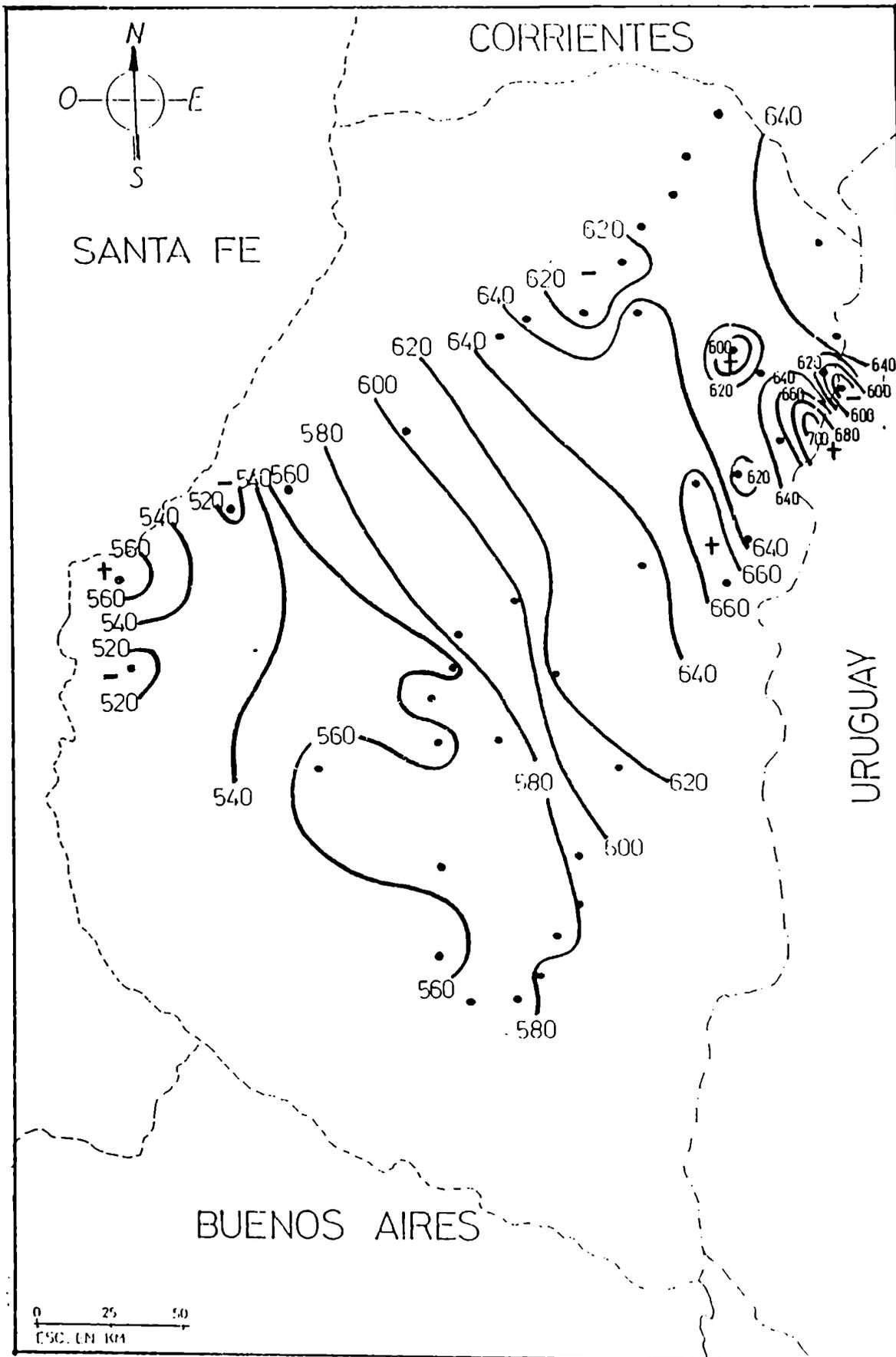


Figura 2.3.: Campo de frecuencias observadas $F_{4o}(G)$.

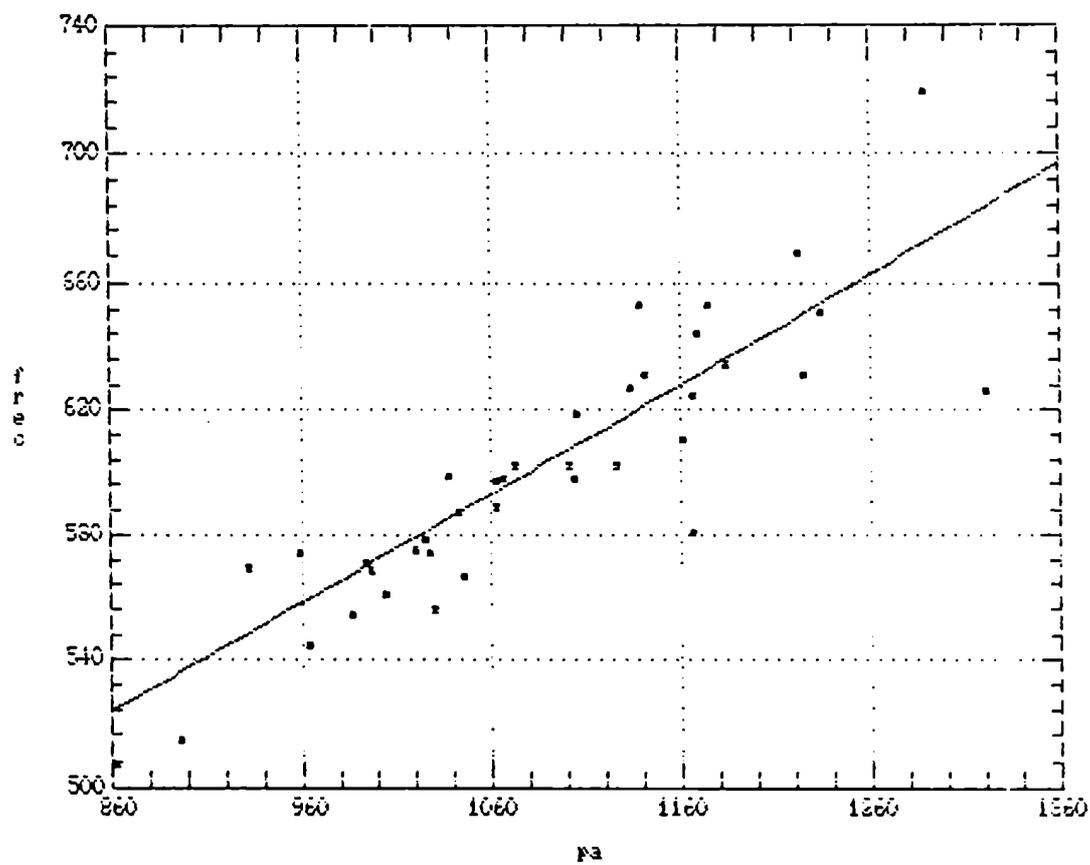


Figura 2.4.:Regresión lineal de F40(G) vs. Pa.

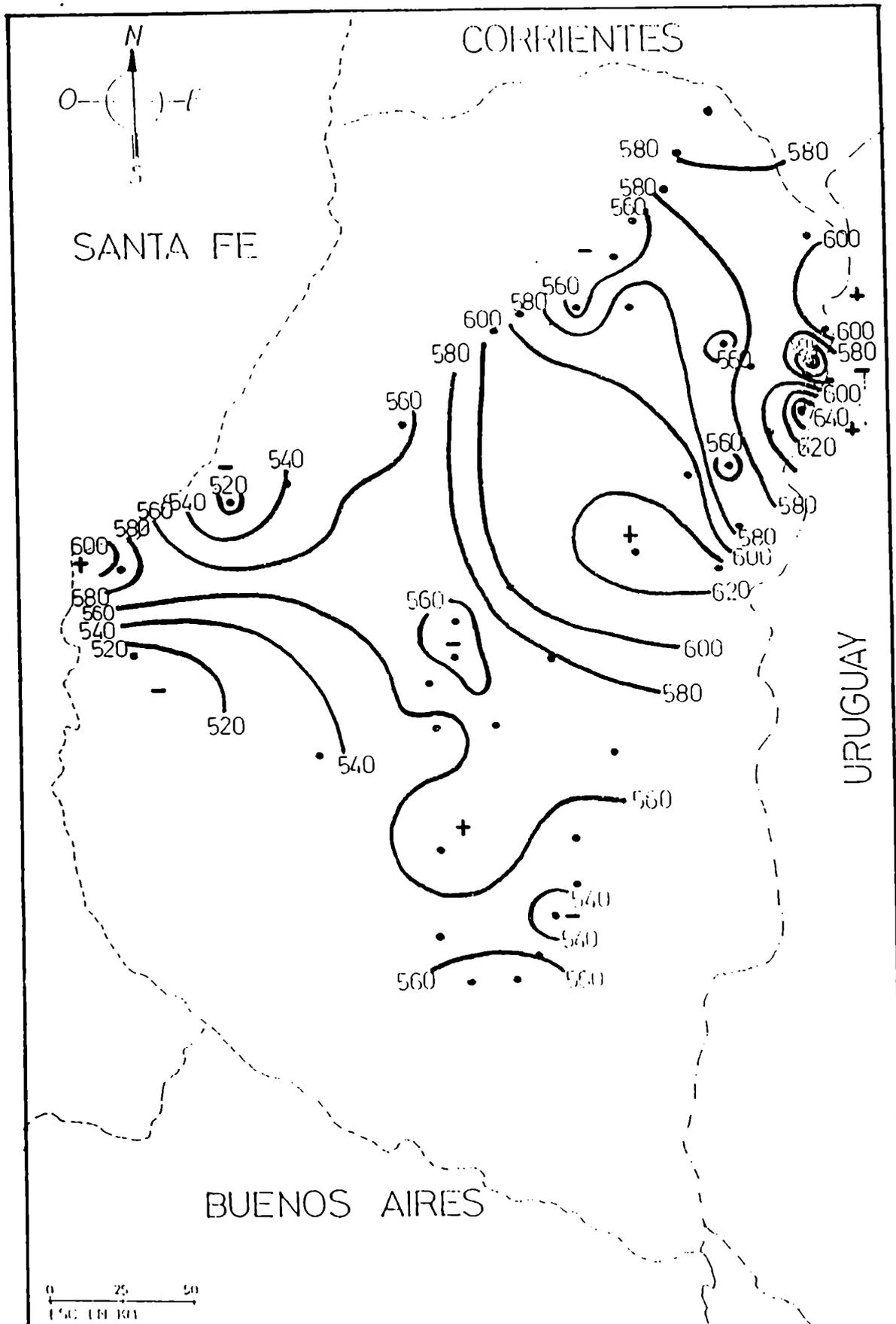


Figura 2.5.: Campo de frecuencias normalizadas $F4(G)$.

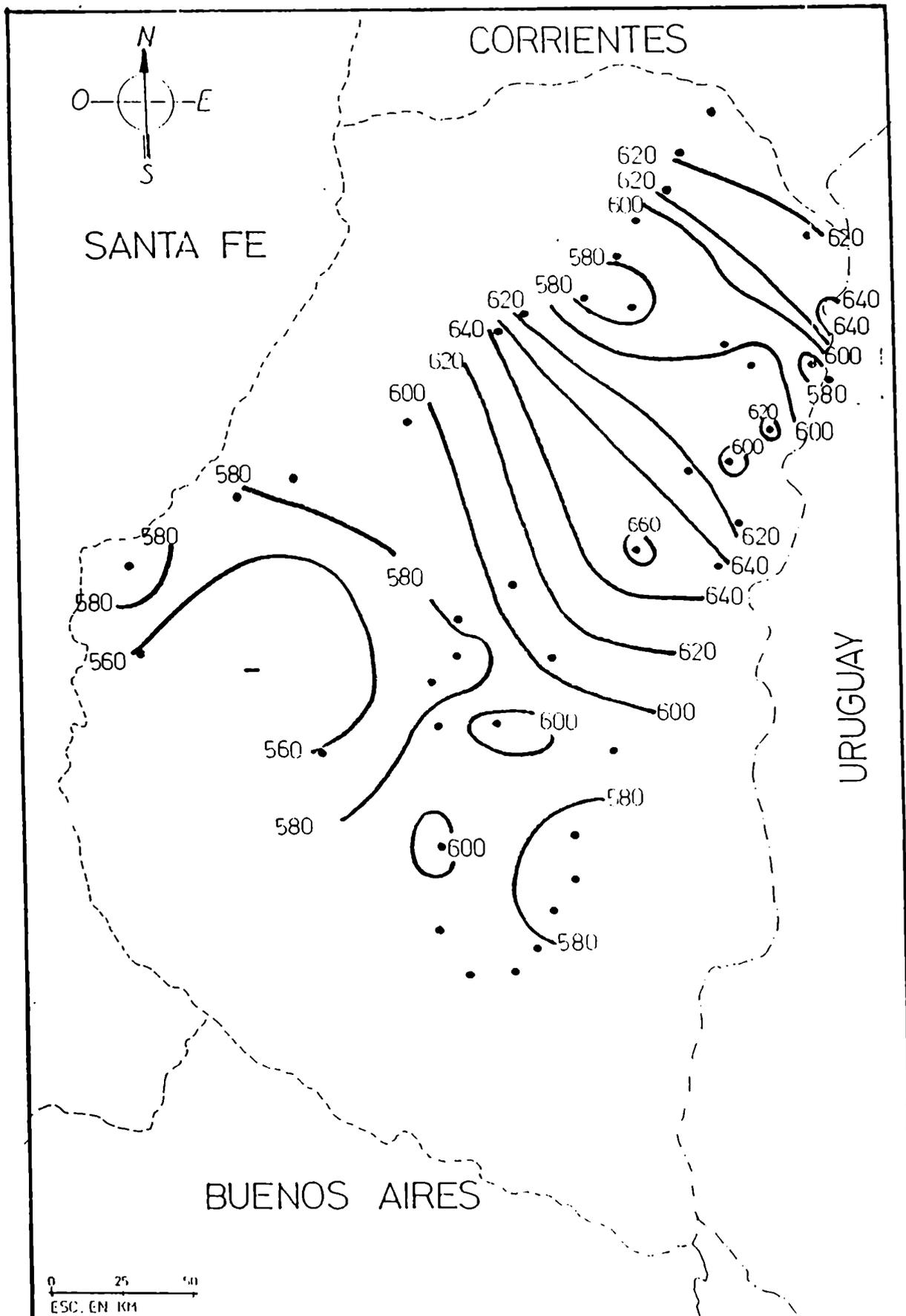


Figura 2.6.: Campo de frecuencias normalizadas y corregidas $F_1(G)$.

CAPITULO 3

ESTIMACION DE LAS PROBABILIDADES CONDICIONALES DE OMISION DE MEDICION SEGUN EL MONTO LLOVIDO.

3.1 EL MONTO LLOVIDO COMO CONDICIONANTE DE LA PROBABILIDAD DE OMISION

El principal condicionante, ya advertido por otros autores, y en particular en nuestro país por Hoffmann (1970) es la magnitud del total caído. Hoffmann y Alessandro de Dapunte (1977-1978) afirman que la probabilidad de que se registre una precipitación diaria cualquiera aumenta con la cantidad de la misma. Vargas y Barrera (1984) encontraron que, para la región en estudio, los totales diarios mayores o iguales que 5 mm., si son omitidos, lo son únicamente en forma ocasional y en cantidad menor que las fluctuaciones climáticas de las frecuencias, de forma tal que dichas omisiones eventuales no afectan la estructura estadística de las series. En la Tabla 2 del capítulo 1 se observan las frecuencias F4(G) y F4(P) de todas las series estudiadas. Para estas últimas el déficit que presentan las series de estaciones secundarias es llamativo.

De acuerdo con estos resultados, puede inferirse que la predisposición del observador a medir cambia en función de la magnitud de la tormenta ocurrida, viéndose afectada si la misma descargó un monto pequeño.

Se han encontrado a su vez otras situaciones relacionadas con el día en que debe realizarse la medición y con los valores precedentes de precipitación, que pueden operar como causas adicionales de cambio en la predisposición del observador a medir, y por lo tanto condicionar la probabilidad de que la medición sea omitida. Dichas situaciones se analizan en los capítulos siguientes.

En función de lo mencionado y a fin de analizar las series en estudio, se efectuó el agrupamiento de los datos de las series según la magnitud, en tres clases: valores nulos (ceros), pequeños (menores que 5 mm.) y grandes (mayores o iguales que 5 mm.).

3.2 ESQUEMA DE ALTERACION DE LAS SERIES HISTORICAS DE PRECIPITACION DIARIA POR OMISION DE MEDICIONES.

De acuerdo con el análisis inicial, podemos establecer un esquema de alteración de la serie "verdadera" (histórica) debido a las omisiones cometidas por el observador. Dicho esquema comprende los siguientes supuestos:

1. No se comete otro tipo de error no aleatorio que no sea el de omisión. Esta suposición está basada en que se utilizan series de datos ya consistidas. Los errores remanentes de algún otro tipo

que no han sido detectados por los controles de consistencia no afectan la estructura estadística de las series, y por lo tanto son irrelevantes en el análisis estadístico que efectuaremos.

2. Frente a un total llovido, el observador omite la medición (o no) con la probabilidad condicional asociada a la particular situación correspondiente a ese día. Se supone además que las probabilidades de omisión no son modificadas por eventuales omisiones anteriores.

3. El o los totales cuya medición ha sido omitida y que permanecen en el pluviómetro, son disminuidos diariamente por evaporación, y acumulados al total del siguiente día lluvioso correctamente observado. Dichos totales omitidos sufren un corrimiento temporal a los días subsiguientes hasta que se efectúa una medición. Denominamos a este efecto "arrastre".

4. Sólo se omiten totales pequeños, por debajo de un valor crítico que para las series en estudio fue fijado en 5 mm. Esta suposición, si bien no es estrictamente cierta, lo es dentro de cierto margen aceptable de error, y nos permite avanzar en el análisis.

De acuerdo con el esquema de alteración, es necesario notar que las series en estudio están modificadas no solo por la no aparición de totales pequeños omitidos, sino también por el arrastre y acumulación de dichos valores omitidos.

Esto ocasiona la imposibilidad de obtener por conteo directo las frecuencias de valores pequeños no omitidos, ya que algunos de ellos se observan como valores grandes.

A fin de facilitar la comprensión de lo expuesto, se presenta el siguiente ejemplo hipotético, donde los totales diarios están en mm.:

Día nro.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Serie 1	3	0	3	3	0	0	2	0	0	2	10	3	3	0
Serie 2	-	0	3	3	0	0	-	0	0	2	10	-	3	0
Serie 3	0	0	6	3	0	0	0	0	0	4	10	0	6	0
Serie 4	0	0	4.9	3	0	0	0	0	0	2.5	10	0	5.4	0

Las cuatro series corresponden a la misma estación de medición.

La serie 1 es la "verdadera", o sea la secuencia realmente ocurrida. La misma no se conoce, salvo que estuviera libre de errores y por lo tanto coincidiera con la observada.

La serie 4 es la que se observa. Está afectada por los efectos de arrastre y acumulación de los totales omitidos. Además, dichos totales omitidos (que, en consecuencia, permanecieron en el pluviómetro), están parcial o totalmente evaporados, dependiendo esto de las condiciones meteorológicas,

del lapso transcurrido hasta su efectiva medición y del monto llovido.

La serie 3 es la que se observaría teniendo en cuenta las omisiones ocurridas, si no hubiera habido evaporación parcial de los volúmenes de agua "arrastrados" cuya medición correcta se omitió. Está afectada solamente por los efectos de arrastre y acumulación de los totales omitidos. Tanto en ésta como en la serie 4, aparecen "ceros falsos" en el lugar de los valores pequeños omitidos .

La serie 2 es una serie intermedia entre la serie 1 y la 3. En dicha serie , los valores pequeños que fueron omitidos ya no figuran. Pero tampoco están presentes los efectos de arrastre y acumulación de valores omitidos. Además, posee "marcas" que permiten identificar los días en que hubo omisión. Puesto que en dichos días hay "marcas" en lugar de "ceros falsos", las secuencias secas permanecen inalteradas.

Obviamente, las series 1, 2 y 3 no están disponibles.

3.3 HIPOTESIS DE TRABAJO ACERCA DE LAS SERIES 1.

Las frecuencias correspondientes a la serie 1 pueden estimarse mediante las relaciones que se desarrollan a continuación. A este fin tenemos en cuenta que en toda serie se cumplen las relaciones:

$$NT = F(C) + F(P) + F(G) = F(C) + F(LL) \quad (1)$$

donde NT: Longitud total de la serie, en días.
F(C): Frecuencia de ceros.
F(P): Frecuencia de valores pequeños.
F(G): Frecuencia de valores grandes.
F(LL): Frecuencia de días con precipitación.

Como hemos dicho en la sección anterior, suponemos que la cantidad de días con precipitación $F_1(LL)$ es la misma en todas las localidades, e igual a la de la serie de referencia $F_b(LL)$. En consecuencia, para la serie 1 de cualquier localidad se cumple la relación:

$$F_1(P) + F_1(G) = F_b(P) + F_b(G) \quad (2)$$

Como la longitud total de cada serie es la misma, resulta:

$$F_1(C) = F_b(C) \quad (3)$$

Hacemos la suposición adicional de que la frecuencia media de totales grandes para todas las localidades consideradas es igual a la de la serie de referencia. Es decir:

$$\overline{F_1(G)} = F_b(G) \quad (4)$$

lo cual, junto con la condición (2) implica que

$$\overline{F1(P)} = Fb(P). \quad (5)$$

Las frecuencias de valores grandes y pequeños en la serie b son 597 y 602 casos respectivamente (frecuencias normalizadas).

3.4 RELACIONES ENTRE LAS SERIES 4, 3 y 2.

Las frecuencias en las series 3 y 4 reflejan las alteraciones que se producen en dichas series debido a la omisión de totales diarios pequeños. Para poder conocer estas frecuencias debemos partir de la serie observada (serie 4), determinando aquellas frecuencias que están relacionadas con las frecuencias de la serie 3, para así poder estimar estas últimas. Por un procedimiento análogo, podemos luego pasar de la serie 3 a la 2.

Consideraremos primero las frecuencias de valores grandes en las series 3, 2 y 1. Luego efectuamos los análisis correspondientes a los valores pequeños .

3.4.1 Frecuencias de valores grandes en las series 3 y 2.

A fin de simplificar los razonamientos y los desarrollos, supondremos en esta sección que no se omiten valores grandes. Esto nos permitirá estimar $F2(G)$ y determinar el margen de error que está asociado con esta suposición, mediante su comparación con $F1(G)$.

La serie 3 contiene una cierta cantidad de valores "grandes falsos" (notados GF), originados cuando a un total pequeño no omitido, se le adiciona un "arrastre" debido a una o más omisiones previas, de tal modo que el dato observado (el total acumulado en el pluviómetro) es un valor grande. Esto hace que se observen más valores G en la serie 3 que en la 2. La relación correspondiente es

$$F3(G) = F2(G) + F3(GF) \quad (6)$$

Además, en la serie 4, algunos de estos valores GF no se observan como tales sino como pequeños, debido a la evaporación producida durante el arrastre. A esta clase la denominamos GFE.

Por lo tanto, la frecuencia de valores GF que se observan en la serie 4 es

$$F4(GF) = F3(GF) - F4(GFE) \quad (7)$$

y la frecuencia de valores G en la serie 4 es

$$F4(G) = F3(G) - F4(GFE) \quad (8)$$

Teniendo en cuenta (6) y (8) obtenemos la expresión

$$F2(G) = F4(G) - F3(GF) + F4(GFE) \quad (9)$$

Si logramos estimar las frecuencias $F3(GF)$ y $F4(GFE)$, las

relaciones (6) y (8) nos permitirán obtener las frecuencias buscadas $F2(G)$ y $F3(G)$ a partir de la frecuencia observada $F4(G)$.

Las frecuencias $F3(GF)$ y $F4(GFE)$ no pueden obtenerse por conteo a partir de la serie observada.

Para estimarlas, vamos a suponer que tienen una relación funcional con la cantidad de valores pequeños omitidos. Puesto que cada omisión origina un "cero" en la serie 4, dicha cantidad es igual a la cantidad de "ceros falsos" (que notamos CF), es decir

$$F4(\text{Pequeños Omitidos}) = F4(CF) = F4(C) - F1(C) \quad (10)$$

Reemplazando por (3) podemos estimar esta frecuencia mediante:

$$F4(CF) = F4(C) - Fb(C)$$

Sus valores calculados se muestran en la Tabla 2.1. Entonces, las suposiciones que hacemos son

$$F3(GF) = \phi_1[F4(CF)] \quad F4(GFE) = \phi_2[F3(GF)] \quad (11)$$

3.4.2 Frecuencias $F3(GF)$ y $F4(GFE)$.

La cantidad de valores "grandes falsos" $F3(GF)$ debe ser directamente proporcional a la cantidad de omisiones, ya que cada omisión origina un "arrastré" que a su vez puede generar un valor GF.

Además, $F3(GF)$ debe ser directamente proporcional a la cantidad de totales pequeños no omitidos, ya que son estos valores los que, adicionados a un "arrastré", pueden generar valores GF.

Hacemos a continuación un razonamiento para estimar $F3(GF)$ basándonos en la teoría de probabilidades.

Para que, dado un valor pequeño en la serie 1, aparezca en su lugar un valor GF en la serie 3, deben ocurrir tres "sucesos", a saber:

1- Que se omita un valor pequeño.

2- Que el arrastre generado se acumule a un valor pequeño no omitido. Esto es equivalente a decir que la siguiente medición que se efectúa corresponda a una lluvia pequeña y no a una grande.

3- Que la adición de este valor pequeño más el arrastre origine un valor grande falso, es decir, que la suma sea mayor o igual que 5 mm.

Podemos considerar que estos tres "sucesos" son independientes. Entonces la probabilidad R buscada es igual al producto de estas tres probabilidades, a las que notamos respectivamente $R1$, $R2$ y $R3$:

$$R = R1 \cdot R2 \cdot R3 \quad (12)$$

Estimamos R , $R1$ y $R2$ de la siguiente forma:

$$R = F3(GF) \% F1(P) \quad (13)$$

$$R1 = F4(CF) \% F1(P) \quad (14)$$

$$R2 = (F1(P) - F4(CF)) \% (F1(P) - F4(CF) + F2(G)) \quad (15)$$

Como hemos supuesto que no se omiten valores grandes, entonces es

$$F2(G) = F1(G) \quad (16)$$

Y podemos poner la expresión (15) en función de F1(LL) de acuerdo con (1). En nuestro caso, este último valor es igual a 1199.

R3 es la probabilidad de que, dada una acumulación de un arrastre y un valor pequeño, la misma resulte mayor o igual que 5 mm. Su estimador c_1 es el cociente entre casos favorables y casos posibles:

$$c_1 = F3(ARRASTRE + P \geq 5 \text{ mm.}) \% F3(ARRASTRE + P) \quad (17)$$

Estas dos frecuencias son desconocidas. Asumimos que c_1 es constante en el rango de omisiones que acusan las series pluviométricas en estudio.

Reemplazando en (12) por las expresiones (13) a (17) obtenemos:

$$F3(GF) = F4(CF) \cdot \{ [F1(P) - F4(CF)] \% [F1(LL) - F4(CF)] \} \cdot c_1 \quad (18)$$

En algunos casos pueden darse dos o más omisiones consecutivas. Estos casos, que no son considerados en la estimación de R1, pueden producir un efecto adicional no tenido en cuenta en el esquema básico planteado por la expresión (12). Sin embargo, podemos incorporar dicho efecto al estimar el coeficiente c_1 en la forma que veremos más adelante.

Por otra parte, F4(GFE) está ligada a F3(GF) por una relación lineal, ya que cuanto mayor sea esta última, mayor será la fracción de la misma que, debido a la evaporación, no se observe en la serie 4 como GF. Proponemos entonces para ϕ_2 la relación

$$F4(GFE) = c_2 F3(GF) \quad (19)$$

3.4.3 Modelo matemático de alteración de las series. Generación de frecuencias F3(GF) y F4(GFE).

Puesto que no podemos calcular c_1 y c_2 a partir de la serie 4, para encontrar los coeficientes c_1 y c_2 en (18) y (19), proponemos simular mediante un modelo matemático el esquema de alteración presentado en la sección anterior, y aplicarlo muchas veces a una serie de referencia (supuesta libre de errores), variando en cada caso en forma arbitraria las probabilidades condicionales de omisión, de modo de obtener muchas series distintas del tipo 4.

El modelo, denominado ALTERA, efectúa las siguientes operaciones:

- a) Lee la serie de referencia de datos de precipitación diaria (Paraná Aero en este caso) para ser alterada. Se considera a ésta como la serie 1.
- b) Lee la serie de temperaturas medias diarias, para igual período, de una estación representativa de la zona en estudio (Villaguay Aero).
- c) Obtiene las frecuencias de ceros $F1(C)$, de valores pequeños $F1(P)$ y de valores grandes $F1(G)$.
- d) Altera la serie 1 siguiendo los pasos del esquema de alteración: si se trata de un valor pequeño, genera un número al azar con distribución uniforme en el intervalo (0,1); luego omite la medición (reemplazando el dato considerado por un cero en la serie) si el número generado es menor o igual que el nivel de probabilidad de omisión P_c asignado a priori. Si el número generado es mayor que P_c no reemplaza el dato por un cero, sino que lo deja inalterado (lo cual equivale a efectuar la medición ese día).
- e) Si el término es omitido, lo disminuye diariamente simulando la evaporación desde el pluviómetro en los días posteriores al de precipitación, hasta que este "arrastre" se acumula con un valor no omitido (grande o pequeño) o bien se evapora totalmente.

Según Sevruk (1982) la evaporación del agua contenida en el pluviómetro es, esencialmente, función de la forma, material y color del aparato, del volumen acumulado en el mismo, y de condiciones meteorológicas tales como la humedad relativa y el viento a nivel de la boca del pluviómetro durante la evaporación. No obstante, existen fórmulas empíricas sencillas que permiten estimar la evaporación producida en forma aproximada. La fórmula utilizada aquí es la obtenida por el mismo autor (1974), quien utiliza la temperatura media diaria T_m obtenida a partir de las temperaturas observadas en las horas 08, 14 y 20:

$$EVAP = 0,029 T_m - 0,196 \quad (\text{mm/día}) \quad (20)$$

El modelo provee además el volumen total evaporado a partir de los "arrastrés" para el período tratado.

- f) Cuenta los casos en que los "arrastrés" originan valores "grandes falsos", sin tener en cuenta la disminución del monto de aquéllos por evaporación. De esta forma obtiene $F3(GF)$.
- g) Cuenta los casos en que la evaporación hace que un valor GF se "vea" en la serie 4 como un valor pequeño. El total de estos casos es $F4(GFE)$.
- h) Cuenta las omisiones producidas, y obtiene $F4(CF)$.

Sobre la base de este modelo se construyó un programa en lenguaje Fortran (también denominado ALTERA) que realiza las operaciones indicadas.

La ejecución del programa se efectuó en forma reiterada, de acuerdo con el siguiente procedimiento:

- 1) Se fijó un valor para la probabilidad condicional de omisión P_c .
- 2) Se obtuvieron 50 muestras independientes de frecuencias

F3(GF), F4(GFE) y F4(CF) mediante la ejecución del programa otras tantas veces.

3) Se repitieron las operaciones 1 y 2 variando el valor de la probabilidad P_c . El rango de variación de P_c fue de 0,5 a 0,8 con incrementos de valor 0,05. En este rango se encuentran los valores que realmente toma P_c en las series pluviométricas estudiadas, de acuerdo con estimaciones previas.

Tomando los puntos generados por el modelo como datos, mediante regresiones ajustadas según el criterio de "cuadrados mínimos" se han hallado las funciones Φ_1 y Φ_2 . Para ello hemos reemplazado $F_1(P)$ en la expresión (18) por 601 (su valor en la serie de referencia), ya que los valores utilizados en el ajuste fueron obtenidos a partir de esa serie. Los gráficos de las funciones se muestran en las Figuras 3.1 y 3.2. Para efectuar las regresiones se utilizó el conjunto de programas estadísticos denominado BMDP. Los valores hallados para c_1 y c_2 son respectivamente 0,192 y 0,668. Si adicionamos a las ecuaciones (18) y (19) sendos términos independientes b_1 y b_2 , los ajustes regresivos mejoran levemente. Los coeficientes hallados en este caso son:

$$c_1 = 0,163 \quad b_1 = 3,197 \quad c_2 = 0,680 \quad b_2 = -0,219$$

Las curvas correspondientes a estos coeficientes se presentan en las Figuras 3.1 y 3.2. Sin embargo, la introducción de los términos independientes prácticamente no modifican los resultados, por lo que hemos preferido retener las expresiones (18) y (19), las cuales han sido derivadas de consideraciones teóricas.

En vez de presentar la nube de 350 puntos utilizada para el ajuste, por razones prácticas se muestran en las figuras los 7 puntos medios obtenidos, promedio cada uno de ellos de los 50 puntos generados para un nivel dado de probabilidad.

A continuación utilizamos las ecuaciones (18) y (19) para efectuar las estimaciones respectivas en las series pluviométricas en estudio.

3.4.4 Cálculo de las frecuencias F3(GF) y F4(GFE) en las series en estudio.

Puesto que en nuestras series no se conoce la frecuencia $F_1(P)$, efectuamos el siguiente reemplazo, de acuerdo con (1) y (16):

$$F_1(P) = F_1(LL) - F_2(G) \quad (21)$$

Teniendo en cuenta (9) y (19) escribimos

$$F_2(G) = F_4(G) - F_3(GF) (1 - c_2) \quad (22)$$

Puesto que ahora $F_4(CF)$ es un dato del problema, la expresiones (18), (21) y (22) nos permiten derivar la siguiente fórmula de cálculo:

$$F3(GF) = \frac{(F1(LL) - F4(G) - F4(CF))}{[F1(LL) - F4(CF)] \% [c_1 \cdot F4(CF)]} - 1 + c_2 \quad (23)$$

Luego estimamos $F4(GFE)$ mediante la fórmula (19) y también $F2(G)$ por medio de la ecuación (22).

Los resultados para todas las estaciones se muestran en las Tablas 3.1 y 3.2.

3.5 COMPARACION ENTRE LAS SERIES 1 Y 2.

Si es cierto que no se omiten valores grandes tal como hemos supuesto en (16), entonces, según la hipótesis expresada por la relación (4), deberían coincidir $F2(G)$ y $Fb(G)$ dentro de cierto margen de discrepancia atribuible a fluctuaciones climáticas.

El promedio $F2(G)$ tomado sobre los 39 puestos pluviométricos, es igual a 565,8 con una desviación típica igual a 4,5 . Recordemos que $Fb(G)$ vale 597.

Si aplicamos una prueba de hipótesis, vemos que podemos rechazar la de la igualdad de $F2(G)$ y $Fb(G)$ con el nivel de significación generalmente usado del 5%, y aún con un nivel tan pequeño como el 0,1%.

Ahora bien, la cantidad estimada $F3(GF) - F4(GFE)$ tiene un valor promedio cercano a 8. Si se hubiera cometido un error del 100% en esta estimación, el error en el cálculo de $F2(G)$ mediante la relación (9) habría sido de sólo el 1,4% aproximadamente. De modo que este eventual error no habría cambiado el resultado del test de hipótesis.

Podemos concluir entonces que $F2(G)$ es distinto de $F1(G)$, y esto es atribuible a que las series de los puestos pluviométricos analizados presentan omisiones de valores grandes.

Más adelante mostramos que estas omisiones son unas ocho veces menos frecuentes que las de totales pequeños. Por lo tanto, podemos considerar que los resultados del modelo de alteración son aceptables, si bien éste asume que solamente se omiten valores pequeños.

Cabe preguntarse si todas las series presentan omisiones de valores grandes, o sólo algunas. Si este último fuera el caso, al quitar las series de peor calidad debería obtenerse con el resto un valor de $F2(G)$ mucho más cercano a $Fb(G)$.

Hemos seguido los criterios que se presentan a continuación para identificar las series de peor calidad:

- 1) Aquéllas en que $F4(P) < 150$ (12 estaciones- Tabla 2.2).
- 2) Aquéllas en que $F4(C) > 4400$ (12 estaciones- Tabla 2.2).
- 3) Aquéllas en que $F4(SL) \% F4(SS) \geq 0.61$ (12 estaciones- Tabla 5.2).

Este último criterio está justificado más adelante, en el capítulo 5. Quitando sucesivamente de nuestra muestra las series afectadas por cada una de estas tres condiciones, los valores de $F2(G)$ que se obtuvieron fueron prácticamente iguales al correspondiente a la muestra completa. Estos resultados nos indican que todos o la gran mayoría de los observadores de los

puestos pluviométricos omiten medir lluvias grandes en forma esporádica.

3.6 MODIFICACION DE LAS FORMULAS DESARROLLADAS CONSIDERANDO LA OMISION DE VALORES GRANDES.

Presentamos a continuación algunos ajustes en las fórmulas desarrolladas en la sección 3.4 a fin de tener en cuenta la omisión de valores grandes.

3.6.1 "Ceros falsos" debidos a la omisión de valores grandes.

Tomemos en primer lugar la expresión para $F_4(CF)$:

$$F_4(CF) = F_4(CF_1) + F_4(CF_2) \quad (24)$$

con $F_4(CF_1)$: Frecuencia de omisión de valores pequeños.
 $F_4(CF_2)$: Frecuencia de omisión de valores grandes.
y entonces resulta:

$$F_1(G) = F_2(G) + F_4(CF_2) \quad (25)$$

Es lógico suponer que cuanto mayor sea la cantidad total de omisiones en una serie, mayor será la cantidad de omisiones de valores grandes. Podemos asumir que estas dos frecuencias están ligadas por una relación lineal:

$$F_4(CF_2) = k_1 \cdot (F_4(CF) - k_2) \quad , \quad F_4(CF_2) \geq 0 \quad (26)$$

en donde k_2 representa una cantidad total de omisiones crítica, por debajo de la cual no se omiten valores grandes.

La inclusión de esta frecuencia crítica responde al siguiente razonamiento: Podemos pensar que estaciones de jerarquía media tales como Villaguay Aero (en donde las omisiones, 192 en 14 años, son aproximadamente el 16% del total de días con precipitación) sólo se omiten totales pequeños, a los cuales los observadores otorgan generalmente menos importancia. Cabría entonces la hipótesis de que $F_4(CF_2)$ es una fracción constante del número total de omisiones por encima de ese valor:

$$F_4(CF_2) = k_1 \cdot (F_4(CF) - 192) \quad , \quad F_4(CF_2) \geq 0 \quad (27)$$

Sin embargo, como surge de un primer análisis de la Tabla 4.2, las frecuencias observadas en la serie de Villaguay Aero permiten suponer que presenta algunas omisiones de valores grandes en el grupo S (día sábado), aunque en menor medida que la mayoría de los puestos pluviométricos. Por lo tanto hemos adoptado la expresión simplificada:

$$F_4(CF_2) = k_1 \cdot F_4(CF) \quad (28)$$

la cual se ajusta mejor a nuestros datos. El coeficiente k_1 es

desconocido por el momento.

Obtenemos luego por diferencia la frecuencia $F4(CF1)$ según la expresión (24).

3.6.2 Valores "grandes falsos" según su origen.

Consideramos ahora la desagregación de $F3(GF)$ como sigue:

$$F3(GF) = F3(GF1) + F3(GF2) \quad (29)$$

con $F3(GF1)$: Frecuencia de valores GF originados por la omisión, el arrastre y la acumulación de valores P.

$F3(GF2)$: Frecuencia de valores GF originados por la omisión, el arrastre y la acumulación de valores G.

Para la estimación de $F3(GF1)$ hacemos el mismo razonamiento que para estimar $F3(GF)$ expresado en (12). Las relaciones (13), (14) y (15) son reemplazadas por las siguientes:

$$R = F3(GF1) \% F1(P) \quad (30)$$

$$R1 = F4(CF1) \% F1(P) \quad (31)$$

$$R2 = [F1(P) - F4(CF1)] \% [F1(P) - F4(CF1) + F2(G)] \quad (32)$$

Con estas tres ecuaciones y teniendo en cuenta (17) llegamos a una expresión similar a la (18):

$$F3(GF1) = F4(CF1) \cdot \{[F1(P)-F4(CF1)]\%[F1(LL)-F4(CF)]\} \cdot c_1 \quad (33)$$

Para el cálculo en las series de datos, escribimos, corrigiendo la expresión (21):

$$F1(P) = F1(LL) - F2(G) - F4(CF2) \quad (34)$$

Reemplazando $F2(G)$ según (22), introduciendo la expresión (34) en (33) y reagrupando los términos, finalmente obtenemos la expresión análoga a la (23):

$$F3(GF1) = \frac{[F1(LL) - F4(G) - F4(CF)]}{\{[F1(LL)-F4(CF)] \% [c_1 \cdot F4(CF1)]\} - 1 + c_2} \quad (35)$$

Para la estimación de $F3(GF2)$ tenemos en cuenta que un arrastre producto de la omisión de un valor grande siempre origina un valor acumulado mayor que 5 mm. Por lo tanto, en este caso la probabilidad $R3$ es igual a uno.

Estimamos en forma análoga a las expresiones (30) a (32) las probabilidades correspondientes a este caso:

$$R = F3(GF2) \% F1(G) \quad (36)$$

$$R1 = F4(CF2) \% F1(G) \quad (37)$$

$$R2 = [F1(P) - F4(CF1)] \% [F1(P) - F4(CF1) + F2(G)] \quad (38)$$

Con estas tres relaciones y teniendo en cuenta (12) obtenemos, en analogía con (18) y (33):

$$F3(GF2) = F4(CF2) \cdot \{[F1(P)-F4(CF1)] \% [F1(LL)-F4(CF)]\} \quad (39)$$

En esta ecuación F1(P) es desconocida. Reemplazando esta frecuencia según las expresiones (34), (22) y (29) y reagrupando términos queda:

$$F3(GF2) = \frac{F4(CF2) \cdot [F1(LL)-F4(G)+F3(GF1) \cdot (1-c_2)-F4(CF)]}{F1(LL) - F4(CF) - F4(CF2)} \quad (40)$$

Esta expresión es análoga a (23) y (35). Las relaciones (35) y (40) nos permitirán estimar en nuestras series puviométricas las frecuencias F3(GF1) y F3(GF2) una vez que conozcamos el valor del coeficiente k_1 en la ecuación (28).

3.6.3 Nueva estimación de F4(GFE)

Los valores GF2 que se forman debido al arrastre de un valor grande omitido tienen una probabilidad (desconocida) muy baja de ser observados como pequeños en la serie 4 debido a la evaporación a partir del arrastre, es decir, de convertirse en valores GFE2.

Puesto que la frecuencia F4(GF2) ya es del orden del 1,5% de la frecuencia buscada F1(G), la frecuencia F4(GFE2) es prácticamente despreciable. Asumimos que esta frecuencia es cero.

Entonces los valores GFE son generados solamente a partir de valores GF1.

Por lo tanto, reemplazamos la expresión (19) por la siguiente:

$$F4(GFE) = c_2 \cdot F3(GF1) \quad (41)$$

3.6.4 Estimación de frecuencias de valores grandes y pequeños en las series 3, 2 y 1.

Mediante las relaciones (8) y (6) estimamos las frecuencias F3(G) y F2(G) respectivamente.

Puesto que la cantidad de días con precipitación es la misma en las series 4, 3 y 2 de cada estación de medición, las relaciones (1), (6) y (8) conducen a las siguientes expresiones para los valores pequeños:

$$F3(P) = F4(P) - F4(GFE) \quad (42)$$

$$\text{y} \quad F2(P) = F3(P) + F3(GF) \quad (43)$$

A partir de esta última ecuación obtenemos la frecuencia

en la serie 1 sumando la frecuencia correspondiente de omisiones:

$$F1(P) = F2(P) + F4(CF1) \quad (44)$$

Ahora bien, el promedio $F1(G)$ para todas las estaciones es igual a $Fb(G)$ según la suposición expresada por la relación (4).

Variando el coeficiente k_1 en la ecuación (28) y efectuando los cálculos propuestos para todas las estaciones, se puede hallar el valor medio de $F1(G)$ que satisface la expresión (4). En nuestro caso, el valor hallado es 0,118. Esta es la fracción de las omisiones que, en término medio, corresponde a omisiones de valores grandes.

3.7 ESTIMACION DE LAS PROBABILIDADES CONDICIONALES DE OMISION. RESULTADOS OBTENIDOS.

Podemos ahora estimar las probabilidades de omisión de medición para cada estación, condicionadas según sea el monto llovido grande o pequeño ($Pc(G)$ y $Pc(P)$ respectivamente), de la siguiente forma:

$$Pc(G) = F4(CF2) \% F1(G) \quad (45)$$

$$Pc(P) = F4(CF1) \% F1(P) \quad (46)$$

La probabilidad de que una medición sea omitida (sin distinguir entre valores pequeños y grandes) la estimamos mediante la siguiente expresión:

$$Pm(LL) = F4(CF) \% F1(LL) \quad (47)$$

Los resultados obtenidos figuran en las Tablas 3.1 y 3.2.

En la Tabla 2.2 se aprecia claramente la influencia de la jerarquía de la estación en la cantidad de omisiones de medición, estimada mediante $F4(CF)$: ninguna omisión en las meteorológicas Paraná Aero y Concordia Aero, 192 en Villaguay Aero (sinóptica de segunda) y cantidades que oscilan entre 270 y 583 en los puestos pluviométricos.

Se observa además en las series 4 que el déficit en la cantidad de días con precipitación con respecto a las estaciones meteorológicas está fincado en las frecuencias de valores pequeños: 601 y 603 en Paraná Aero y Concordia Aero respectivamente, 408 en Villaguay Aero y entre 97 y 314 en los puestos pluviométricos.

Las frecuencias de valores grandes, en cambio, oscilan alrededor del valor climático dado por la frecuencia en Paraná Aero.

Las omisiones de lluvias grandes, estimadas mediante $F4(CF2)$ (Tabla 3.1) van desde 22,6 en Villaguay Aero (a razón de 1,6 por año) hasta 68,5 en el puesto pluviométrico 18 (4,9 por año).

Las frecuencias de valores $GF1$ son aproximadamente 1,5 veces las de valores $GF2$. Esta relación, como era de esperar, es

mucho menor que la existente entre $F4(CF1)$ y $F4(CF2)$ debido a que una gran proporción de valores pequeños omitidos no llega a generar valores "grandes falsos", mientras que los valores $CF2$ que se acumulan a un valor pequeño causan siempre que ese valor pequeño se convierta en "grande falso".

Las probabilidades de omisión de medición, dado un valor grande, son muy pequeñas: sólo un 4% en Villaguay Aero y a lo sumo un 12% en los puestos pluviométricos.

En el caso de valores pequeños la probabilidad de omisión de medición es mucho mayor: 29% en Villaguay Aero, y desde 42% a 81% en los puestos pluviométricos.

La probabilidad de omisión de medición sin tener en cuenta si el total llovido es grande o pequeño, es igual a 16% en Villaguay Aero y desde 23% a 49% en los puestos pluviométricos.

EST.	F3(CF1)	F4(CF2)	F3(GF1)	F3(GF2)	F3(GF)	F4(GFE)	F3(G)	F3(P)
1	430.6	57.4	18.2	13.7	31.9	12.2	573.2	137.8
2	378.6	50.4	20.5	15.2	35.7	13.7	573.7	196.3
3	474.8	63.2	19.9	15.2	35.0	13.3	537.3	123.7
4	344.2	45.8	19.4	14.3	33.7	13.0	591.0	218.0
6	169.4	22.6	13.4	9.5	22.8	8.9	607.9	399.1
7	257.7	34.3	15.5	11.2	26.7	10.4	638.4	268.6
8	390.0	52.0	18.8	13.9	32.7	12.5	586.5	170.5
9	238.3	31.7	15.8	11.3	27.1	10.5	625.5	303.5
10	383.9	51.1	20.5	15.2	35.7	13.7	572.7	191.3
11	303.6	40.4	17.8	12.9	30.7	11.9	612.9	242.1
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	596.0	603.0
13	290.3	38.7	19.4	14.0	33.4	12.9	587.9	282.1
14	458.0	61.0	17.1	13.0	30.1	11.4	565.4	114.6
15	368.0	49.0	22.0	16.2	38.2	14.7	561.7	220.3
16	464.2	61.8	20.8	15.9	36.7	13.9	536.9	136.1
17	440.3	58.7	18.5	14.0	32.6	12.4	565.4	134.6
18	514.5	68.5	18.5	14.4	32.9	12.4	519.4	96.6
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	598.0	601.0
20	511.8	68.2	17.1	13.3	30.5	11.5	528.5	90.5
21	384.7	51.3	22.2	16.4	38.6	14.8	556.8	206.2
22	424.5	56.5	19.5	14.7	34.2	13.0	566.0	152.0
23	391.8	52.2	15.4	11.4	26.8	10.3	616.3	138.7
25	330.9	44.1	21.1	15.4	36.5	14.1	572.1	251.9
26	357.4	47.6	20.5	15.1	35.6	13.7	577.7	216.3
27	420.9	56.1	19.9	15.0	34.9	13.3	564.3	157.7
28	451.8	60.2	18.8	14.2	33.0	12.5	557.5	129.5
29	452.7	60.3	12.9	9.8	22.6	8.6	597.6	88.4
31	423.6	56.4	18.0	13.5	31.6	12.0	578.0	141.0
32	346.8	46.2	18.0	13.2	31.2	12.0	607.0	199.0
33	322.1	42.9	16.0	11.7	27.7	10.7	634.7	199.3
34	423.6	56.4	21.6	16.2	37.8	14.4	550.4	168.6
35	309.7	41.3	19.9	14.5	34.3	13.3	585.3	262.7
36	470.3	62.7	15.9	12.2	28.1	10.7	564.7	101.3
37	336.2	44.8	18.8	13.7	32.5	12.5	599.5	218.5
38	491.5	65.5	15.2	11.7	26.9	10.1	554.1	87.9
39	394.4	52.6	19.0	14.1	33.2	12.7	582.7	169.3
40	383.9	51.1	22.7	16.8	39.5	15.2	552.2	211.8
41	346.8	46.2	21.9	16.1	38.0	14.6	563.6	242.4
42	338.9	45.1	21.5	15.8	37.3	14.4	567.4	247.6
43	353.0	47.0	20.6	15.1	35.7	13.7	577.7	221.3
44	430.6	57.4	17.3	13.1	30.4	11.6	579.6	131.4
45	374.2	49.8	14.0	10.4	24.4	9.4	638.4	136.6

Tabla 3.1

EST.	F2(P)	F1(P)	F2(G)	F1(G)	Pc(P)	Pc(G)	Fm(LL)
1	169.7	600.4	541.3	598.6	0.72	0.10	0.41
2	232.0	610.6	538.0	588.4	0.62	0.09	0.36
3	158.8	633.5	502.2	565.5	0.75	0.11	0.45
4	251.7	595.9	557.3	603.1	0.58	0.08	0.33
6	421.9	591.3	585.1	607.7	0.29	0.04	0.16
7	295.3	553.0	611.7	646.0	0.47	0.05	0.24
8	203.2	593.2	553.8	605.8	0.66	0.09	0.37
9	330.5	568.8	598.5	630.2	0.42	0.05	0.23
10	227.0	610.9	537.0	588.1	0.63	0.09	0.36
11	272.8	576.4	582.2	622.6	0.53	0.06	0.29
12	602.9	602.9	596.1	596.1	0.00	0.00	0.00
13	315.5	605.8	554.5	593.2	0.48	0.07	0.27
14	144.6	602.6	535.4	596.4	0.76	0.10	0.43
15	258.5	626.5	523.5	572.5	0.59	0.09	0.35
16	172.8	637.0	500.2	562.0	0.73	0.11	0.44
17	167.2	607.5	532.8	591.5	0.72	0.10	0.42
18	129.6	644.0	486.4	555.0	0.80	0.12	0.49
19	601.0	601.0	598.0	598.0	0.00	0.00	0.00
20	121.0	632.8	498.0	566.2	0.81	0.12	0.48
21	244.8	629.5	518.2	569.5	0.61	0.09	0.36
22	186.1	610.6	531.9	588.4	0.70	0.10	0.40
23	165.6	557.4	589.4	641.6	0.70	0.08	0.37
25	288.4	619.4	535.6	579.6	0.53	0.08	0.31
26	251.9	609.3	542.1	589.7	0.59	0.08	0.34
27	192.6	613.5	529.4	585.5	0.69	0.10	0.40
28	162.5	614.3	524.5	584.7	0.74	0.10	0.43
29	111.0	563.7	575.0	635.3	0.80	0.09	0.43
31	172.5	596.1	546.5	602.9	0.71	0.09	0.40
32	230.2	577.0	575.8	622.0	0.60	0.07	0.33
33	227.0	549.1	607.0	649.9	0.59	0.07	0.30
34	206.4	629.9	512.6	569.1	0.67	0.10	0.40
35	297.1	606.8	550.9	592.2	0.51	0.07	0.29
36	129.5	599.8	536.5	599.2	0.78	0.10	0.44
37	251.0	587.2	567.0	611.8	0.57	0.07	0.32
38	114.7	606.3	527.3	592.7	0.81	0.11	0.46
39	202.5	596.9	549.5	602.1	0.66	0.09	0.37
40	251.4	635.2	512.6	563.8	0.60	0.09	0.36
41	280.3	627.1	525.7	571.9	0.55	0.08	0.33
42	284.9	623.8	530.1	575.2	0.54	0.08	0.32
43	256.9	609.9	542.1	589.1	0.58	0.08	0.33
44	161.8	592.4	549.2	606.6	0.73	0.09	0.41
45	161.0	535.2	614.0	663.8	0.70	0.08	0.35

Tabla 3.2

Figura 3.1
 Ajuste teórico - $F3(GF)$ vs. $F3(CF)$
 Puntos generados por el modelo ALTERA

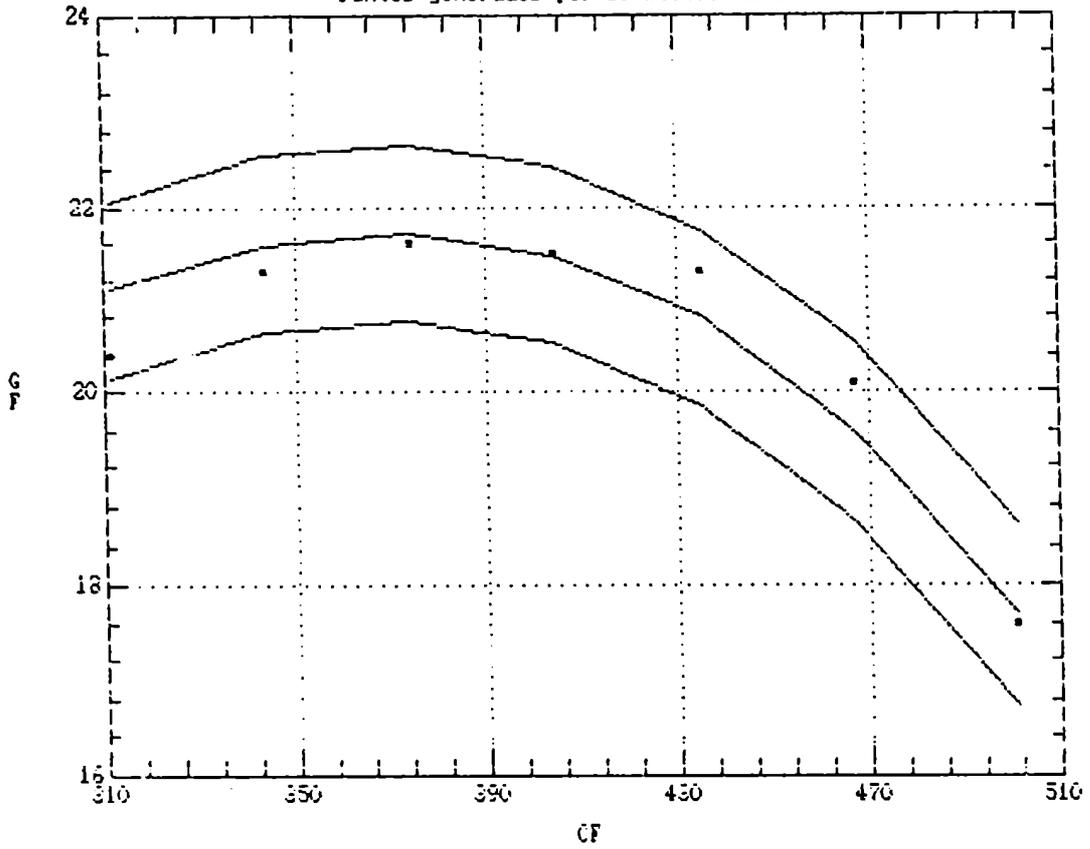
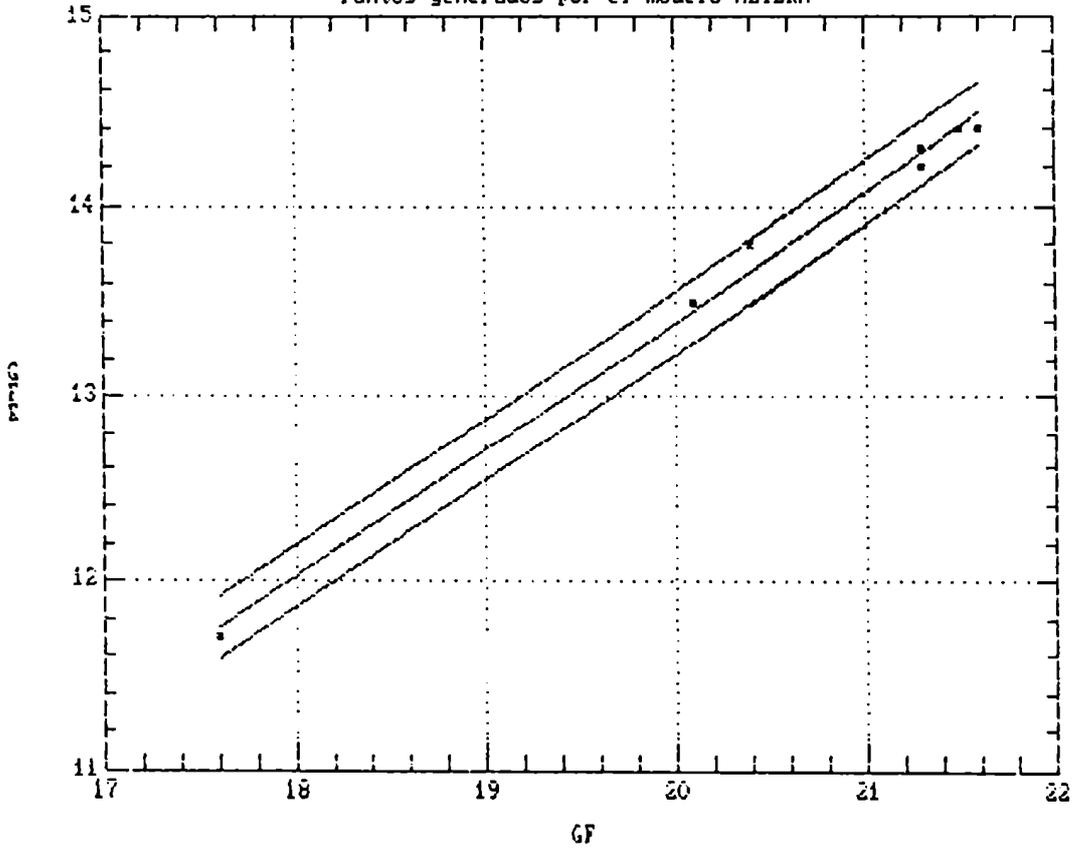


Figura 3.2
 Ajuste teórico - $F4(GFE)$ vs. $F3(GF)$
 Puntos generados por el modelo ALTERA



CAPITULO 4

SISTEMATICIDAD EN LA OMISION SEGUN EL DIA DE LA SEMANA Y SEGUN EL MONTO LLOVIDO.

El que las omisiones de medición son proporcionalmente más frecuentes los fines de semana y días feriados es un hecho que en muchas publicaciones se da por sentado.

Para los datos pluviométricos de nuestro país, el SMN (1969) ha llamado la atención sobre este hecho. Sin embargo, no hemos encontrado en la bibliografía especializada ninguna cuantificación de las omisiones referida a este problema particular.

A fin de estudiar la posible sistematicidad en la omisión de medición según el día de la semana en que ésta debe efectuarse, se contaron las frecuencias de días con precipitación, de valores grandes y de valores pequeños para cada día de la semana (Tablas 4.1, 4.2 y 4.6 respectivamente).

No hemos encontrado diferencias significativas entre las frecuencias de días con precipitación en domingo, lunes, martes, miércoles y jueves. Por lo tanto las presentamos agrupadas en la frecuencia $F4(LL,DJ)$. En cambio, las frecuencias en viernes $F4(LL,V)$ y en sábado $F4(LL,S)$ tienen particularidades que analizamos en las secciones siguientes. Es necesario aclarar que la medición que se efectúa el domingo a la hora 9 corresponde al "día de precipitación sábado".

A continuación se analiza la omisión de medición de valores grandes.

4.1 OMISION DE MEDICION DE VALORES GRANDES SEGUN EL DIA DE LA SEMANA.

En la Tabla 4.2 se presentan: en las cuatro primeras columnas las frecuencias observadas originales; y en las cuatro últimas las frecuencias observadas y normalizadas por precipitación acumulada.

Las frecuencias conjuntas obtenidas muestran que en el caso de valores grandes, no existen diferencias sistemáticas significativas entre las frecuencias de los días domingo a jueves $F4(G,DJ)$ de las distintas series.

Se observan asimismo en la Tabla 4.2 dos hechos singulares que son comunes a casi todas las estaciones.

El primero es que las frecuencias en viernes son sistemáticamente más altas que las frecuencias medias de los días domingo a jueves, incluso en las estaciones meteorológicas Paraná Aero y Concordia Aero.

Podemos concluir entonces que se trata de un sesgo climático positivo que afecta las frecuencias de ese día en particular en el período considerado.

El segundo hecho observado es que la frecuencia de valores grandes en sábado es en general menor que en los restantes días de la semana en casi todas las estaciones. Sin embargo, esto no

se observa en las estaciones Paraná Aero ni Concordia Aero.

Es decir, puede apreciarse un leve déficit de frecuencias de totales grandes en sábado en todas las series correspondientes a puestos pluviométricos. Estas frecuencias son inferiores, en promedio, a las de Paraná Aero, a pesar de que contienen valores grandes falsos, como se muestra más adelante. El déficit mencionado queda reflejado en el valor medio de la proporción de las mismas con respecto a la frecuencia $F4(G)$ de la estación respectiva (12,7% para los 39 puestos pluviométricos contra 13,7% en Paraná Aero y 13,2% en Concordia Aero) (Tabla 4.4). Si se remueve el sesgo climático en viernes, los porcentajes mencionados pasan a ser 13,3% en promedio para los 39 puestos pluviométricos y 14,0% en Paraná Aero y en Concordia Aero. Esta última frecuencia porcentual es muy cercana a la proporción de sábados en la muestra, igual a 14,28%.

En virtud de esto podemos suponer que la omisión de medición es más frecuente en sábado, aún en caso de valores grandes, ya que en el caso de valores pequeños, esto es evidente (Tabla 4.7). Por lo tanto, hemos formado dos grupos: sábado (S) y no sábado (NS). El grupo S se integra con los totales diarios pequeños que, según la serie observada, ocurrieron en día sábado. En forma análoga se integra el grupo NS.

4.1.1 Estimación de las frecuencias grupales en la serie 1.

A fin de estimar las frecuencias de valores grandes en la serie 1 en sábado y no-sábado, las cuales notamos respectivamente $F1(G,S)$ y $F1(G,NS)$, hacemos la suposición de que las frecuencias observadas en todos los días de la semana, excepto en sábado, están afectadas por omisiones y sus efectos en la misma proporción. Entonces podemos escribir la siguiente relación:

$$F1(G,NS) = F1(G) \cdot [F4(G,NS) \% F4_c(G)] \quad (1)$$

donde $F4_c(G)$ es la frecuencia total de valores grandes en la serie 4, "corregida" mediante la sustitución de la frecuencia observada $F4(G,S)$ por la que debería observarse, de estar la frecuencia en sábado afectada por omisiones en igual grado que las frecuencias de los restantes días de la semana. A esta última frecuencia la denominamos $F4_c(G,S)$. Para evitar la influencia del sesgo en viernes, la estimamos mediante la expresión:

$$F4_c(G,S) = \begin{cases} F4(G,DJ) \% 5 & \text{si es mayor que } F4(G,S) \\ F4(G,S) & \text{si no lo es} \end{cases} \quad (2)$$

Se presentan en la Tabla 4.4 los valores que toma el cociente $F4(G,S) \% F4_c(G,S)$.

Entonces escribimos la frecuencia $F4_c(G)$ como sigue:

$$F4_c(G) = F4(G,DJ) + F4(G,V) + F4_c(G,S) \quad (3)$$

La frecuencia en la serie 1 en sábado la obtenemos por diferencia:

$$F1(G,S) = F1(G) - F1(G,NS) \quad (4)$$

Presentamos a continuación dos formas alternativas de estimación de las frecuencias en la serie 1, y las limitaciones que implican, debido a las cuales hemos preferido las ecuaciones (1) y (4).

Las frecuencias $F1(G,S)$ y $F1(G,NS)$ también podrían estimarse por la proporción de días respectivos en la semana, es decir:

$$\begin{aligned} F1(G,S) &= (1 \% 7) \cdot F1(G) \\ y \quad F1(G,NS) &= (6 \% 7) \cdot F1(G) \end{aligned} \quad (5)$$

En realidad, éstas son las frecuencias climáticas más probables, ya que la física del clima no da lugar a suponer que otras frecuencias lo sean. Pero como las frecuencias bajo análisis presentan fluctuaciones genuinas, propias de la muestra considerada (según el período y la localidad), es necesario utilizar las expresiones (1) y (4) para tener en cuenta dichas fluctuaciones.

Por otra parte, si supusiéramos que las fluctuaciones por la ubicación espacial se pudieran despreciar, entonces podríamos estimar las frecuencias en la serie 1 a partir de la serie de referencia, como sigue:

$$F1(G,S) = F1(G) \cdot [Fb(G,S) \% Fb(G)] \quad (6)$$

$$y \quad F1(G,NS) = F1(G) \cdot [Fb(G,NS) \% Fb(G)] \quad (7)$$

4.1.2 Estimación de las frecuencias grupales en la serie 2.

Para obtener la frecuencia $F2(G,S)$ seguimos el mismo razonamiento que empleamos en el capítulo 3 para estimar $F2(G)$. Por analogía con la ecuación (9) de ese capítulo, obtenemos la expresión siguiente:

$$F2(G,S) = F4(G,S) - F3(GF,S) + F4(GFE,S) \quad (8)$$

Para estimar la frecuencia $F4(GF,S)$ asumimos que la probabilidad $P2$ de que, dado un total pequeño en la serie 2, éste se observe en la serie 3 como GF, es independiente del día de la semana. Entonces resulta:

$$P2[(P - GF) / S] = P2(P - GF) \quad (9)$$

$$y \quad P2((P - GF),S) = P2(P - GF) \cdot P2(P,S) \quad (10)$$

Las frecuencias respectivas son:

$$F3(GF,S) = F3(GF) \cdot [F2(P,S) \% F2(P)] \quad (11)$$

Si se cumple esta última relación, entonces también se cumple que, dado un valor GF en la serie 3, la probabilidad de que éste se observe en la serie 4 como pequeño debido a la evaporación durante el arrastre, es independiente del día de la semana:

$$P3[(GF \quad GFE)/S] = P3(GF \quad GFE) \quad (12)$$

y
$$P3[(GF \quad GFE),S] = P3(GF \quad GFE) \cdot P3(GF,S) \quad (13)$$

Las frecuencias respectivas son:

$$F4(GFE,S) = F4(GFE) \cdot [F3(GF,S) \% F3(GF)] \quad (14)$$

Teniendo en cuenta la expresión (11) nos queda:

$$F4(GFE,S) = F4(GFE) \cdot [F2(P,S) \% F2(P)] \quad (15)$$

Las ecuaciones (11) y (15) indican que las desagregaciones de las frecuencias F2(P), F3(P) y F4(P) en frecuencias parciales de los grupos S y NS, siguen la misma proporción en las tres series. Por lo tanto se cumple la relación:

$$F2(P,S) \% F2(P) = F4(P,S) \% F4(P) \quad (16)$$

Ahora podemos reemplazar en (11) y (15) la frecuencia desconocida F2(P,S) según la relación hallada:

$$F3(GF,S) = F3(GF) \cdot [F4(P,S) \% F4(P)] \quad (18)$$

$$F4(GFE,S) = F4(GFE) \cdot [F4(P,S) \% F4(P)] \quad (19)$$

Hemos desarrollado entonces las fórmulas necesarias para estimar los términos desconocidos en la ecuación (8). La frecuencia F2(G,NS) se obtiene por diferencia:

$$F2(G,NS) = F2(G) - F2(G,S) \quad (19)$$

4.1.3 Estimación de las probabilidades condicionales de omisión.

Ahora bien, la diferencia entre las frecuencias respectivas de valores grandes en las series 1 y 2 es el total de ceros "falsos" que se originaron en la serie 4 por omisión de valores grandes.

La desagregación en los grupos S y NS nos da las siguientes expresiones; en analogía con la ecuación (28) del capítulo anterior:

$$F4(CF2,S) = F1(G,S) - F2(G,S) \quad (20)$$

$$F4(CF2,NS) = F1(G,NS) - F2(G,NS) \quad (21)$$

Las probabilidades condicionales de omisión respectivas se

estiman como sigue:

$$P_c(G,S) = F_4(CF_2,S) \% F_1(G,S) \quad (22)$$

$$P_c(G,NS) = F_4(CF_2,NS) \% F_1(G,NS) \quad (23)$$

Los resultados obtenidos se muestran en las tablas 4.3 a 4.5.

4.1.4 Algunas conclusiones sobre la omisión de valores grandes según las situaciones S y NS.

Puede verse en la tabla 4,5 que la probabilidad condicional de omisión de valores grandes en el grupo NS es en todos los casos muy pequeña: 25 puestos pluviométricos sobre 39 presentan probabilidades menores o iguales que 0,07, y si tomamos todos sin excepción, este límite es igual a 0,10.

De acuerdo con estos resultados podemos concluir que, con un margen de error del 10%, la probabilidad de omisión de valores grandes en el grupo NS es nula, es decir, que los observadores no omiten medir lluvias grandes en cualquier día de la semana distinto de domingo.

En el "día de precipitación" sábado la situación es completamente distinta: 7 puestos sobre un total de 39 presentan probabilidades menores o iguales que 0.07, y si tomamos la cota del 10% la cantidad de puntos asciende a 11 sobre 39.

Con el mismo margen de error que en el caso anterior, podemos concluir que aproximadamente el 28% de los observadores efectúan siempre la medición de valores grandes, mientras que el 72% restante omiten algunas mediciones si el día del relevamiento es domingo.

En cinco puestos (esto es, en el 12,8% de los mismos) la probabilidad de omisión en el grupo S es mayor o igual que el 33% (un valor omitido de cada tres), en tanto que el 5% de los observadores omiten medir al menos uno de cada dos valores grandes en domingo (grupo S).

Además, si efectuamos la diferencia entre las probabilidades de omisión de los grupos S y NS respectivamente para todas las estaciones, vemos que ésta es sistemáticamente positiva. Esto muestra claramente que la mayoría de las series (35 sobre 39) presentan mayor o igual cantidad de omisiones en sábado, mientras que las restantes no tienen diferencias significativas en la probabilidad de omisión.

En general, se verifica que las series que tienen menor diferencia entre $P_c(G,S)$ y $P_c(G,NS)$ son también las que tienen probabilidades medias de omisión más bajas.

4.2 OMISION DE MEDICION DE VALORES PEQUEÑOS SEGUN EL DIA DE LA SEMANA.

En la tabla 10 se muestran las frecuencias observadas de valores pequeños. La notación es análoga a la utilizada para valores grandes. Se observa, como cabía esperar, la misma

particularidad climática el día viernes.

Las frecuencias en sábado son en general inferiores a las de otros días, siendo las diferencias más marcadas que en el caso de valores grandes.

4.2.1 Estimación de las frecuencias grupales en la serie 1.

En analogía con los razonamientos de la sección anterior, obtenemos:

$$F1(P,NS) = F1(P) \cdot [F4(P,NS) \% F4_c(P)] \quad (24)$$

$$F4_c(P,S) = \begin{cases} F4(P,DJ)\%5 & \text{si es mayor que } F4(P,S) \\ F4(P,S) & \text{si no lo es.} \end{cases} \quad (25)$$

$$F4_c(P) = F4(P,DJ) + F4(P,V) + F4_c(P,S) \quad (26)$$

4.2.2 Estimación de las frecuencias grupales en la serie 2.

La frecuencia $F2(P,S)$, en analogía con la expresión (8), y teniendo en cuenta que la frecuencia de valores GF debe en este caso sumarse, se expresa como sigue:

$$F2(P,S) = F4(P,S) + F3(GF,S) - F4(GFE,S) \quad (27)$$

4.2.3 Estimación de las probabilidades condicionales de omisión.

En analogía con las ecuaciones (20) a (23) tenemos:

$$F4(CF1,S) = F1(P,S) - F2(P,S) \quad (28)$$

$$F4(CF1,NS) = F1(P,NS) - F2(P,NS) \quad (29)$$

$$Pc(P,S) = F4(CF1,S) \% F1(P,S) \quad (30)$$

$$Pc(P,NS) = F4(CF1,NS) \% F1(P,NS) \quad (31)$$

Los resultados obtenidos se muestran en las Tablas 4.7 y 4.8.

4.2.4 Algunas conclusiones sobre la omisión de valores pequeños según las situaciones S y NS.

A continuación se mencionan algunos resultados salientes que se observan en las Tablas 4.7 y 4.8.

El cociente $F4(P,S) \% F4(P)$ es inferior al valor 0,142 (proporción de sábados en la semana) en 35 series sobre 39 correspondientes a puestos pluviométricos. Sus valores van de 0,06 (estación 1) a 0,15 (estación 3).

La probabilidad $\hat{P}_c(P,S)$ es mayor o igual que $\hat{P}_c(P,NS)$ en todas las series.

Los valores máximos y mínimos de $\hat{P}_c(P,S)$ son respectivamente 0,89 (estaciones 20 y 38) y 0,52 (estaciones 9 y 35). Los valores máximos y mínimos de $\hat{P}_c(P,NS)$ son respectivamente 0,80 (estación 38) y 0,40 (estación 9).

Si bien las omisiones de valores pequeños son mucho más frecuentes que las de valores grandes, las diferencias entre las probabilidades de omisión en S y en NS son en general menores para los valores pequeños. Es decir, la relación siguiente es válida para la mayoría de los puestos pluviométricos:

$$\hat{P}_c(P,S) - \hat{P}_c(P,NS) < \hat{P}_c(G,S) - \hat{P}_c(G,NS)$$

El valor máximo de esta diferencia es igual a 24% (estación 37) en el caso de valores P e igual a 44% (estación 38) en el caso de valores G.

Las probabilidades condicionales de omisión halladas ponen de manifiesto que los observadores no siguen un único patrón de comportamiento común a todos, en los referente a las omisiones de valores pequeños en sábado y no-sábado. Para ejemplificar esta afirmación, vemos que en 8 estaciones pluviométricas la diferencia $\hat{P}_c(P,S) - \hat{P}_c(P,NS)$ es menor o igual que 4% (despreciable), mientras que en el otro extremo, en otras 8 estaciones esa diferencia es mayor o igual que 17%.

EST.	F4(LL,S)	F4(LL,V)		F4(LL)	F4(C)	F4(LL,DJ)		F4(CF2)
						5	F4(CF1)	
1	63	527	121	711	4402	105.4	430.6	57.4
2	95	543	132	770	4343	108.6	378.6	50.4
3	80	469	112	661	4452	93.8	474.8	63.2
4	95	576	138	809	4304	115.2	344.2	45.8
6	136	704	167	1007	4106	140.8	169.4	22.6
7	119	645	143	907	4206	129.0	257.7	34.3
8	100	538	119	757	4356	107.6	390.0	52.0
9	134	649	146	929	4184	129.8	238.3	31.7
10	104	536	124	764	4349	107.2	383.9	51.1
11	118	596	141	855	4258	119.2	303.6	40.4
12	163	833	203	1199	3914	166.6	1.9	1.4
13	91	617	162	870	4243	123.4	290.3	38.7
14	67	496	117	680	4433	99.2	458.0	61.0
15	91	565	126	782	4331	113.0	368.0	49.0
16	80	485	108	673	4440	97.0	464.2	61.8
17	88	500	112	700	4413	100.0	440.3	58.7
18	51	470	95	616	4497	94.0	514.5	68.5
19	175	835	189	1199	3914	167.0	0.0	1.5
20	62	451	106	619	4494	90.2	511.8	68.2
21	89	554	120	763	4350	110.8	384.7	51.3
22	85	513	120	718	4395	102.6	424.5	56.5
23	85	544	126	755	4358	108.8	391.8	52.2
25	93	586	145	824	4289	117.2	330.9	44.1
26	86	581	127	794	4319	116.2	357.4	47.6
27	84	519	119	722	4391	103.8	420.9	56.1
28	87	490	110	687	4426	98.0	451.8	60.2
29	76	502	108	686	4427	100.4	452.7	60.3
31	77	520	122	719	4394	104.0	423.6	56.4
32	103	572	131	806	4307	114.4	346.8	46.2
33	116	580	138	834	4279	116.0	322.1	42.9
34	100	496	123	719	4394	99.2	423.6	56.4
35	116	588	144	848	4265	117.6	309.7	41.3
36	69	480	117	666	4447	96.0	470.3	62.7
37	95	576	147	818	4295	115.2	336.2	44.8
38	51	477	114	642	4471	95.4	491.5	65.5
39	71	560	121	752	4361	112.0	394.4	52.6
40	77	561	126	764	4349	112.2	383.9	51.1
41	98	576	132	806	4307	115.2	346.8	46.2
42	98	584	133	815	4298	116.8	338.9	45.1
43	100	568	131	799	4314	113.6	353.0	47.0
44	81	517	113	711	4402	103.4	430.6	57.4
45	103	541	131	775	4338	108.2	374.2	49.8

Tabla 4.1

EST.	F4o(G,S)	F4o(G,DJ)	F4o(G,V)	F4o(G)	F4(G,S)	F4(G,DJ) (5)	F4(G,V)	F4(G)
1	54	413	94	561	54	82.6	94	561
2	75	423	100	598	71	79.2	93	560
3	64	403	98	565	60	74.8	90	524
4	71	454	102	627	66	83.6	94	578
6	74	428	97	599	74	85.2	97	599
7	97	474	108	679	92	87.4	99	628
8	87	444	100	631	84	80.8	86	574
9	104	462	106	672	97	84.2	97	615
10	83	416	103	602	78	76.6	98	559
11	88	445	111	644	84	82.8	103	601
12	92	456	117	665	79	80.4	115	596
13	62	418	95	575	62	83.6	95	575
14	58	402	94	554	58	80.4	94	554
15	70	411	93	574	70	78.2	86	547
16	72	399	85	556	69	75.8	75	523
17	76	427	94	597	72	79.2	85	553
18	43	387	77	507	43	77.4	77	507
19	80	404	90	574	82	83.8	97	598
20	54	371	90	515	54	74.6	90	517
21	72	416	90	578	69	78.2	82	542
22	75	424	103	602	68	78.0	95	553
23	77	467	109	653	72	87.2	98	606
25	69	439	102	610	66	79.6	94	558
26	74	475	102	651	67	80.6	94	564
27	75	427	100	602	71	77.4	93	551
28	83	443	100	626	76	77.2	83	545
29	73	462	96	631	68	86.6	88	589
31	71	450	103	624	64	82.0	92	566
32	81	466	106	653	73	85.0	97	595
33	89	474	106	669	87	87.8	98	624
34	83	398	100	581	77	73.0	94	536
35	79	396	96	571	79	79.4	96	572
36	64	435	99	598	61	80.0	93	554
37	85	439	110	634	79	81.4	101	587
38	43	402	99	544	43	80.4	99	544
39	51	428	90	569	51	85.8	90	570
40	65	407	95	567	61	77.4	89	537
41	78	409	102	589	71	76.2	97	549
42	72	424	91	587	67	80.2	85	553
43	73	442	104	619	67	80.0	97	564
44	73	402	93	568	72	80.6	93	568
45	90	432	107	629	90	86.4	107	629

Tabla 4.2

EST.	F3(GF,S)		F3(GF1,S)		F4(GFE,S)	
		F3(GF,NS)		F3(GF1,NS)		F4(GFE,NS)
1	1.9	30.0	1.1	17.1	0.7	11.4
2	4.1	31.6	2.3	18.2	1.6	12.1
3	5.1	29.9	2.9	17.0	1.9	11.3
4	4.2	29.5	2.4	17.0	1.6	11.4
6	3.4	19.5	2.0	11.4	1.3	7.6
7	2.6	24.1	1.5	14.0	1.0	9.4
8	2.9	29.9	1.6	17.1	1.1	11.4
9	3.2	23.9	1.9	13.9	1.2	9.3
10	4.5	31.2	2.6	17.9	1.7	12.0
11	4.1	26.6	2.4	15.4	1.6	10.3
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	3.3	30.1	1.9	17.5	1.3	11.7
14	2.1	27.9	1.2	15.9	0.8	10.6
15	3.4	34.7	2.0	20.0	1.3	13.4
16	2.7	34.0	1.5	19.3	1.0	12.9
17	3.5	29.0	2.0	16.5	1.3	11.0
18	2.4	30.5	1.4	17.2	0.9	11.5
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	2.4	28.1	1.3	15.8	0.9	10.6
21	3.5	35.1	2.0	20.2	1.3	13.5
22	3.5	30.7	2.0	17.5	1.3	11.7
23	2.3	24.5	1.3	14.1	0.9	9.4
25	3.7	32.8	2.1	19.0	1.4	12.7
26	2.9	32.7	1.7	18.8	1.1	12.6
27	2.7	32.2	1.5	18.4	1.0	12.3
28	2.6	30.4	1.5	17.3	1.0	11.6
29	1.9	20.8	1.1	11.8	0.7	7.9
31	2.7	28.9	1.5	16.5	1.0	11.0
32	4.4	26.7	2.6	15.4	1.7	10.3
33	3.8	23.9	2.2	13.8	1.5	9.2
34	4.7	33.0	2.7	18.9	1.8	12.6
35	4.6	29.7	2.7	17.2	1.8	11.5
36	2.0	26.1	1.1	14.8	0.8	9.9
37	2.3	30.3	1.3	17.5	0.9	11.7
38	2.2	24.7	1.2	13.9	0.8	9.3
39	3.6	29.5	2.1	16.9	1.4	11.3
40	2.8	36.7	1.6	21.1	1.1	14.1
41	4.0	34.0	2.3	19.6	1.5	13.1
42	4.4	32.9	2.5	19.0	1.7	12.7
43	5.0	30.7	2.9	17.7	1.9	11.8
44	1.9	28.5	1.1	16.3	0.7	10.9
45	2.2	22.2	1.2	12.8	0.8	8.5

Tabla 4.3

EST.	F2(G,S)	F2(G,NS)	F2(G)	$\frac{F4(G,S)}{F4(G)}$	$\frac{F4(G,NS)}{F4(G)}$	$\frac{F4(G,S)}{F4c(G,S)}$
1	52.8	488.4	541.3	0.10	0.90	0.65
2	68.5	469.5	538.0	0.13	0.87	0.90
3	56.8	445.4	502.2	0.11	0.89	0.80
4	63.4	493.9	557.3	0.11	0.89	0.79
6	74.0	511.2	585.1	0.12	0.88	0.89
7	90.4	521.2	611.7	0.15	0.85	1.00
8	82.2	471.6	553.8	0.15	0.85	1.00
9	95.1	503.4	598.5	0.15	0.85	1.00
10	75.2	461.8	537.0	0.14	0.86	1.00
11	81.5	500.7	582.2	0.14	0.86	1.00
12	78.9	517.2	596.1	0.13	0.87	0.98
13	60.0	494.6	554.5	0.11	0.89	0.74
14	56.7	478.7	535.4	0.10	0.90	0.72
15	67.9	455.6	523.5	0.13	0.87	0.90
16	67.3	432.9	500.2	0.13	0.87	0.91
17	69.8	463.0	532.8	0.13	0.87	0.91
18	41.5	444.9	486.4	0.08	0.92	0.56
19	82.0	516.0	598.0	0.14	0.86	0.98
20	52.5	445.5	498.0	0.10	0.90	0.72
21	66.8	451.4	518.2	0.13	0.87	0.88
22	65.8	466.0	531.9	0.12	0.88	0.87
23	70.6	518.9	589.4	0.12	0.88	0.83
25	63.7	471.8	535.6	0.12	0.88	0.83
26	65.2	476.9	542.1	0.12	0.88	0.83
27	69.4	460.1	529.4	0.13	0.87	0.92
28	74.4	450.1	524.5	0.14	0.86	0.98
29	66.8	508.1	575.0	0.12	0.88	0.79
31	62.3	484.1	546.5	0.11	0.89	0.78
32	70.3	505.6	575.8	0.12	0.88	0.86
33	84.7	522.4	607.0	0.14	0.86	0.99
34	74.1	438.6	512.6	0.14	0.86	1.00
35	76.2	474.8	550.9	0.14	0.86	0.99
36	59.8	476.8	536.5	0.11	0.89	0.76
37	77.6	489.4	567.0	0.13	0.87	0.97
38	41.6	485.6	527.3	0.08	0.92	0.53
39	48.8	500.8	549.5	0.09	0.91	0.59
40	59.3	453.4	512.6	0.11	0.89	0.79
41	68.5	457.1	525.7	0.13	0.87	0.93
42	64.3	465.8	530.1	0.12	0.88	0.84
43	63.9	478.1	542.1	0.12	0.88	0.84
44	70.8	478.4	549.2	0.13	0.87	0.89
45	88.7	525.3	614.0	0.14	0.86	1.00

Tabla 4.4

EST.	F4(CF2,S)	F4(CF2,NS)	F1(G,S)	F1(G,NS)	Pc(G,S)	Pc(G,NS)	[(1)-(2)]*100
						(1)	(2)
1	31.1	26.3	83.9	514.8	0.37	0.05	32
2	13.5	36.9	82.0	506.4	0.17	0.07	9
3	21.7	41.6	78.5	487.0	0.28	0.09	19
4	21.3	24.6	84.7	518.5	0.25	0.05	20
6	11.2	11.4	85.1	522.6	0.13	0.02	11
7	4.2	30.1	94.6	551.4	0.04	0.05	-1
8	6.4	45.5	88.7	517.1	0.07	0.09	-2
9	4.3	27.4	99.4	530.8	0.04	0.05	-1
10	6.9	44.3	82.1	506.1	0.08	0.09	0
11	5.5	34.9	87.0	535.6	0.06	0.07	0
12	1.4	0.0	80.2	515.9	0.02	0.00	2
13	23.1	15.5	83.1	510.1	0.28	0.03	25
14	26.5	34.5	83.2	513.2	0.32	0.07	25
15	12.7	36.3	80.6	491.9	0.16	0.07	8
16	13.1	48.8	80.4	481.6	0.16	0.10	6
17	13.8	44.8	83.6	507.9	0.17	0.09	8
18	37.9	30.7	79.3	475.6	0.48	0.06	41
19	1.5	0.0	83.5	514.5	0.02	0.00	2
20	26.1	42.1	78.6	487.6	0.33	0.09	25
21	13.9	37.3	80.8	488.7	0.17	0.08	10
22	15.7	40.9	81.5	506.9	0.19	0.08	11
23	19.5	32.7	90.1	551.6	0.22	0.06	16
25	17.0	27.1	80.7	498.9	0.21	0.05	16
26	17.1	30.5	82.3	507.4	0.21	0.06	15
27	11.9	44.1	81.3	504.2	0.15	0.09	6
28	8.2	52.0	82.6	502.1	0.10	0.10	0
29	23.7	36.6	90.5	544.7	0.26	0.07	19
31	22.3	34.1	84.7	518.3	0.26	0.07	20
32	16.8	29.4	87.1	534.9	0.19	0.05	14
33	6.7	36.2	91.3	558.6	0.07	0.06	1
34	7.7	48.7	81.8	487.3	0.09	0.10	-1
35	6.0	35.3	82.1	510.1	0.07	0.07	0
36	23.9	38.8	83.7	515.5	0.29	0.08	21
37	6.9	37.9	84.5	527.3	0.08	0.07	1
38	40.3	25.1	82.0	510.8	0.49	0.05	44
39	36.7	15.9	85.4	516.7	0.43	0.03	40
40	19.6	31.6	78.9	484.9	0.25	0.07	18
41	10.1	36.1	78.6	493.2	0.13	0.07	5
42	17.2	28.0	81.5	493.7	0.21	0.06	15
43	17.8	29.3	81.7	507.4	0.22	0.06	16
44	14.0	43.4	84.8	521.8	0.16	0.08	8
45	6.3	43.5	95.0	568.9	0.07	0.08	-1

Tabla 4.5

EST.	F4o(P,S)	F4o(P,V)		F4(P,S)		F4(P,V)		F4(P)
	F4o(P,DJ)		F4o(P)		F4(P,DJ)		F4(P)	
					5			
1	9	114	27	150	9	22.8	27	150
2	20	120	32	172	24	29.4	39	210
3	16	66	14	96	20	19.0	22	137
4	24	122	36	182	29	31.6	44	231
6	60	278	70	408	60	55.6	70	408
7	22	171	35	228	27	41.6	44	279
8	13	94	19	126	16	26.8	33	183
9	30	187	40	257	37	45.6	49	314
10	21	120	21	162	26	30.6	26	205
11	30	151	30	211	34	36.4	38	254
12	70	387	77	534	84	86.2	88	603
13	29	199	67	295	29	39.8	67	295
14	9	94	23	126	9	18.8	23	126
15	21	154	33	208	21	34.8	40	235
16	8	86	23	117	11	21.2	33	150
17	12	73	18	103	16	20.8	27	147
18	8	83	18	109	8	16.6	18	109
19	95	431	99	625	93	83.2	92	601
20	8	80	16	104	8	15.6	16	102
21	17	138	30	185	20	32.6	38	221
22	10	89	17	116	17	24.6	25	165
23	8	77	17	102	13	21.6	28	149
25	24	147	43	214	27	37.6	51	266
26	12	106	25	143	19	35.6	33	230
27	9	92	19	120	13	26.4	26	171
28	4	47	10	61	11	20.8	27	142
29	3	40	12	55	8	13.8	20	97
31	6	70	19	95	13	22.0	30	153
32	22	106	25	153	30	29.4	34	211
33	27	106	32	165	29	28.2	40	210
34	17	98	23	138	23	26.2	29	183
35	37	192	48	277	37	38.2	48	276
36	5	45	18	68	8	16.0	24	112
37	10	137	37	184	16	33.8	46	231
38	8	75	15	98	8	15.0	15	98
39	20	132	31	183	20	26.2	31	182
40	2	164	31	197	16	34.8	37	227
41	20	167	30	217	27	39.0	35	257
42	26	160	42	228	31	36.6	48	262
43	27	126	27	180	33	33.6	34	235
44	9	114	20	143	9	22.8	20	143
45	13	109	24	146	13	21.8	24	146

Tabla 4.6

EST.	F2(P,S)	F2(P,NS)	P2(P)	$\frac{F4(P,S)}{F4(P)}$	$\frac{F4(P,NS)}{F4(P)}$	$\frac{F4(P,S)}{F4(P)}$
1	10.2	159.6	169.7	0.06	0.94	0.39
2	26.5	205.5	232.0	0.11	0.89	0.82
3	23.2	135.6	158.8	0.15	0.85	1.00
4	31.6	220.1	251.7	0.13	0.87	0.92
6	62.0	359.8	421.9	0.15	0.85	1.00
7	28.6	266.8	295.3	0.10	0.90	0.65
8	17.8	185.4	203.2	0.09	0.91	0.60
9	38.9	291.6	330.5	0.12	0.88	0.81
10	28.8	198.2	227.0	0.13	0.87	0.85
11	36.5	236.3	272.8	0.13	0.87	0.93
12	84.0	519.0	603.0	0.14	0.86	0.97
13	31.0	284.4	315.5	0.10	0.90	0.73
14	10.3	134.3	144.6	0.07	0.93	0.48
15	23.1	235.4	258.5	0.09	0.91	0.60
16	12.7	160.1	172.8	0.07	0.93	0.52
17	18.2	149.0	167.2	0.11	0.89	0.77
18	9.5	120.1	129.6	0.07	0.93	0.48
19	93.0	508.0	601.0	0.15	0.85	1.00
20	9.5	111.5	121.0	0.08	0.92	0.51
21	22.2	222.6	244.8	0.09	0.91	0.61
22	19.2	167.0	186.1	0.10	0.90	0.69
23	14.4	151.1	165.6	0.09	0.91	0.60
25	29.3	259.2	288.4	0.10	0.90	0.72
26	20.8	231.1	251.9	0.08	0.92	0.53
27	14.6	177.9	192.6	0.08	0.92	0.49
28	12.6	149.9	162.5	0.08	0.92	0.53
29	9.2	101.9	111.0	0.08	0.92	0.58
31	14.7	157.9	172.5	0.08	0.92	0.59
32	32.7	197.4	230.2	0.14	0.86	1.00
33	31.3	195.6	227.0	0.14	0.86	1.00
34	25.9	180.4	206.4	0.13	0.87	0.88
35	39.8	257.2	297.1	0.13	0.87	0.97
36	9.2	120.2	129.5	0.07	0.93	0.50
37	17.4	233.6	251.0	0.07	0.93	0.47
38	9.4	105.4	114.7	0.08	0.92	0.53
39	22.2	180.2	202.5	0.11	0.89	0.76
40	17.7	233.6	251.4	0.07	0.93	0.46
41	29.5	250.9	280.3	0.11	0.89	0.69
42	33.7	251.2	284.9	0.12	0.88	0.85
43	36.1	220.9	256.9	0.14	0.86	0.98
44	10.2	151.6	161.8	0.06	0.94	0.39
45	14.3	146.7	161.0	0.09	0.91	0.60

Tabla 4.7

EST.	F4(CF1,S)	F4(CF1,NS)	F1(P,S)	F1(P,NS)	PC(P,S) (1)	PC(P,NS) (2)	[(1)-(2)]*100
1	73.4	357.2	83.6	516.8	0.88	0.69	19
2	56.8	321.7	83.3	527.2	0.68	0.61	7
3	69.3	405.4	92.5	541.0	0.75	0.75	0
4	49.0	295.1	80.6	515.3	0.61	0.57	4
6	24.9	144.5	87.0	504.4	0.29	0.29	0
7	49.8	207.9	78.4	474.7	0.64	0.44	20
8	64.3	325.8	82.0	511.2	0.78	0.64	15
9	41.5	196.8	80.4	488.4	0.52	0.40	11
10	60.4	323.5	89.2	521.7	0.68	0.62	6
11	45.3	258.3	81.8	494.5	0.55	0.52	3
12	1.9	0.0	85.9	517.0	0.02	0.00	2
13	47.8	242.5	78.8	526.9	0.61	0.46	15
14	73.1	384.9	83.4	519.2	0.88	0.74	13
15	64.5	303.5	87.6	538.8	0.74	0.56	17
16	71.6	392.5	84.3	552.7	0.85	0.71	14
17	65.0	375.3	83.2	524.3	0.78	0.72	7
18	81.4	433.1	90.9	553.1	0.90	0.78	11
19	0.0	0.0	93.0	508.0	0.00	0.00	0
20	80.6	431.2	90.1	542.8	0.89	0.79	10
21	65.7	319.0	87.9	541.7	0.75	0.59	16
22	67.8	356.6	87.0	523.6	0.78	0.68	10
23	61.9	329.9	76.4	481.0	0.81	0.69	13
25	54.9	276.0	84.2	535.2	0.65	0.52	14
26	67.2	290.2	88.0	521.3	0.76	0.56	21
27	73.2	347.7	87.8	525.7	0.83	0.66	17
28	71.6	380.2	84.2	530.1	0.85	0.72	13
29	66.5	386.2	75.7	488.0	0.88	0.79	9
31	66.3	357.3	81.0	515.1	0.82	0.69	13
32	49.3	297.5	82.0	494.9	0.60	0.60	0
33	44.5	277.6	75.8	473.3	0.59	0.59	0
34	62.7	360.9	88.6	541.3	0.71	0.67	4
35	43.8	265.9	83.6	523.2	0.52	0.51	2
36	70.7	399.6	80.0	519.8	0.88	0.77	12
37	62.4	273.8	79.8	507.4	0.78	0.54	24
38	77.2	414.3	86.6	519.7	0.89	0.80	9
39	60.8	333.6	83.1	513.8	0.73	0.65	8
40	72.2	311.6	89.9	545.3	0.80	0.57	23
41	61.5	285.3	90.9	536.2	0.68	0.53	14
42	51.6	287.3	85.3	538.5	0.60	0.53	7
43	50.9	302.1	87.0	522.9	0.59	0.58	1
44	76.0	354.7	86.1	506.3	0.88	0.70	18
45	61.0	313.1	75.4	459.8	0.81	0.68	13

Tabla 4.8

CAPITULO 5

SISTEMATICIDAD EN LA OMISION SEGUN LOS VALORES DE PRECIPITACION PRECEDENTES Y SEGUN EL MONTO LLOVIDO.

5.1 FORMACION DE LOS GRUPOS A SER ANALIZADOS.

Puesto que los valores pequeños son particularmente susceptibles de ser omitidos, según hemos visto en el capítulo 3, cabe preguntarse si existe alguna otra situación condicionante de la predisposición del observador a omitir dichos valores, además de su ubicación en día sábado o no-sábado.

En este capítulo analizamos si los valores de precipitación ocurridos en días precedentes al de observación influyen en la predisposición del observador a efectuar la medición de un valor pequeño.

Hemos agrupado a los totales diarios llovidos según los valores de precipitación (positivos o nulos) ocurridos en los días precedentes al día considerado. Según que el día inmediato anterior haya llovido o no, se consideraron los siguientes agrupamientos:

a) Si el día anterior fue seco, el lapso transcurrido desde el último día lluvioso, en días.

Se agruparon los totales pequeños según la longitud, en días, de la secuencia seca precedente, como sigue: secuencia anterior corta ($1 \leq SAC \leq 4$) y secuencia anterior larga ($SAL \geq 5$).

b) La magnitud del total llovido el día precedente, si fue lluvioso. Se formaron dos grupos: el de valores pequeños precedidos por un valor pequeño (AP) y por un valor grande (AG). Los grupos SAL, SAC, AP y AG son tales que un valor cualquiera considerado tiene asociado uno y sólo uno de ellos.

Dichos posibles condicionantes se analizan en las secciones siguientes.

En la Tabla 5.1 se muestran las frecuencias observadas (originales) de valores pequeños, desagregadas según los grupos SAL, SAC, AP y AG. Las frecuencias correspondientes a totales diarios normalizados según la precipitación acumulada se muestran en la Tabla 5.2. En adelante llamaremos frecuencias observadas a estas últimas (ya normalizadas).

Si bien las frecuencias no son las que se observarían en la serie 2, las diferencias que se observan en la serie 4 entre las frecuencias grupales porcentuales en las series de estaciones meteorológicas y las respectivas de las demás estaciones, nos llevan a suponer que los valores de precipitación precedentes a un día dado son factores condicionantes de la predisposición del observador a efectuar la medición ese día.

La intersección de los grupos SAL, SAC, AP y AG con los grupos S y NS dan lugar a ocho grupos disjuntos entre sí, de tal modo que un valor en estudio (pequeño o grande) pertenece a uno y solo uno de ellos. Por lo tanto, tendremos en principio

ocho probabilidades condicionales correspondientes a cada uno de estos grupos o situaciones particulares.

Sin embargo, a fin de analizar cómo afectan las omisiones y arrastres la estructura temporal de las series de datos, consideraremos en una primera aproximación que solamente existen los cuatro grupos mencionados en primer término.

Esta unificación implica suponer que las probabilidades de omisión según el día de la semana (S y NS) y según los valores precedentes (SAL, SAC, AP y AG) son independientes (condición 1). Si esto se cumple, las frecuencias $F2(i)$ de grupos S y sus respectivas de grupos NS deberían estar ligadas por la misma constante de proporcionalidad, mostrando ello que podrían unificarse en cuatro grupos.

La unificación de los casos S y NS también implica suponer lo siguiente: Puesto que las estimaciones se efectúan a partir de las series observadas, la misma condición de proporcionalidad entre las frecuencias de los grupos S y NS debería también verificarse en la serie 4. Debido a esto, la unificación propuesta implica que los arrastres y acumulaciones anteriores al día considerado son independientes de que el día sea sábado o no (condición 2). Entonces debería verificarse que las frecuencias según S y las respectivas según NS están ligadas por las relaciones siguientes:

$$F4(S,SIT) \% F4(NS,SIT) = K$$

donde K es una constante y SIT simboliza a cada uno de las situaciones condicionantes SAL, SAC, AP y AG. Es decir, debe cumplirse que los casos que componen las frecuencias según S y las respectivas según NS pertenecen a la misma población.

A fin de comprender si esta condición se cumple en nuestras series pluviométricas, hemos realizado una prueba de X^2 (chi cuadrado) para las series observadas entre el conjunto de 4 frecuencias grupales de valores pequeños según S y el correspondiente según NS, tomando a estas últimas como las frecuencias "teóricas".

El resultado de la prueba fue en general negativo. Para un nivel de probabilidad del 5%, en 33 de las 39 series pluviométricas fue rechazada la hipótesis de pertenencia a la misma población, siendo aceptada en los 6 casos restantes (estaciones número 2, 3, 4, 27, 35 y 43). Por lo tanto, en los casos en que el resultado de la prueba fue negativo se comete un error indeterminado debido a esta causa en las estimaciones que se realizan en este capítulo. No obstante ello, se presentan los cálculos efectuados para todas las estaciones. Cabe aclarar que un resultado negativo de la prueba de X^2 no implica que las probabilidades condicionales de omisión según S y NS y según los valores precedentes no sean independientes, pues tal resultado podría deberse a que no se cumple la condición 2.

5.2 OMISION DE MEDICION DE TOTALES DIARIOS PEQUEÑOS SEGUN LOS VALORES PRECEDENTES.

Para saber si hay sistematicidad en la omisión según la situación precedente, deben poder estimarse las frecuencias "verdaderas" en cada grupo (frecuencias F1 obtenidas a partir de la serie 1) y las frecuencias "reales" que presenta cada grupo luego de haberse producido las omisiones (frecuencias F2 de la serie 2), las cuales tienen en cuenta la verdadera secuencia de valores precedentes a un término pequeño bajo estudio.

De acuerdo con el esquema de alteración, es necesario notar que las series en estudio están alteradas no sólo por la no aparición de totales pequeños omitidos, sino también por el arrastre y acumulación de dichos valores omitidos.

Esto ocasiona la imposibilidad de obtener por conteo directo las frecuencias de valores pequeños no omitidos de cada uno de los cuatro grupos mencionados, ya que, dado un valor pequeño, las eventuales omisiones previas y sus efectos de arrastre y acumulación impiden determinar a qué grupo pertenece.

A fin de facilitar la comprensión de lo expuesto, volvemos al ejemplo presentado en el capítulo 3.

Día nro.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Serie 1	3	0	3	3	0	0	2	0	0	2	10	3	3	0
Serie 2	-	0	3	3	0	0	-	0	0	2	10	-	3	0
Serie 3	0	0	6	3	0	0	0	0	0	4	10	0	6	0
Serie 4	0	0	4.9	3	0	0	0	0	0	2.5	10	0	5.4	0

En el ejemplo, en el día 4 un valor pequeño precedido por otro valor pequeño, figura en la serie 3 como precedido por un valor grande, debido a la acumulación de un valor omitido con anterioridad (eventualmente podrían acumularse dos o más valores anteriores omitidos). Por la misma causa, un valor pequeño podría contarse (tanto en la serie 3 como en la 4) como un valor grande (en el ejemplo, el día 13). El día 10 muestra a un valor pequeño perteneciente al grupo SAC, que es observado como perteneciente al grupo SAL. En el día 4 se ve además que el valor que debería observarse como grande (serie 3), en realidad se observa como pequeño, debido a la evaporación producida durante el "arrastre" a partir del valor omitido.

Como se observa, la frecuencia de valores pertenecientes a un grupo dado en una de las series difiere, en general, de la frecuencia correspondiente al mismo grupo en otra serie.

5.2.1 Relaciones para estimar las frecuencias buscadas en la serie 2 a partir de frecuencias en la serie 3.

Las frecuencias que deberían observarse en cada grupo si

no existieran las alteraciones en la serie originadas por omisiones previas (tal como se podrían contar en la serie 2), están relacionadas con las frecuencias en la serie 3 de la siguiente manera, de acuerdo con el esquema supuesto de omisión, arrastre y acumulación de totales pequeños:

$$F2(P,SAL) = F3(P,SAL)+F3(GF,SAL)-F3(P,SALF)-F3(GF,SALF) \quad (1)$$

$$F2(P,SAC) = F3(P,SAC)+F3(GF,SAC)+F3(P,SALF)+F3(GF,SALF)-F3(P,ACF)-F3(GF,ACF) \quad (2)$$

$$F2(P,AP) = F3(P,AP) + F3(P,AGF) + F3(P,ACF) + F3(GF,ACF) \quad (3)$$

$$F2(P,AG) = F3(P,AG) - F3(P,AGF) \quad (4)$$

La coma denota intersección entre dos grupos. Una F agregada a un grupo significa que se trata de casos "falsos", es decir, elementos que se encuentran en ese grupo en las series 3 ó 4 debido a arrastres y acumulaciones de omisiones previas, pero que en realidad pertenecen a otro grupo.

Por el contrario, los casos que integran las frecuencias de los cuatro grupos en la serie 2 están referidos a la verdadera secuencia de valores precedentes a un término pequeño bajo estudio.

En el ejemplo presentado se tienen las siguientes frecuencias en la serie 3:

F3(P,SAL)	= 1 (día 10)	
F3(GF,SAL)	= 0	(*)
F3(P,SALF)	= 1 (día 10)	(*)
F3(GF,SALF)	= 0	(*)
F3(P,SAC)	= 0	
F3(GF,SAC)	= 2 (días 3 y 13)	(*)
F3(P,SALF)	= 0	(*)
F3(GF,SALF)	= 0	(*)
F3(P,ACF)	= 0	(*)
F3(GF,ACF)	= 1 (día 13)	(*)
F3(P,AP)	= 0	
F3(P,AGF)	= 1 (día 4)	(*)
F3(P,ACF)	= 0	(*)
F3(GF,ACF)	= 1 (día 13)	(*)
F3(P,AG)	= 1 (día 4)	
F3(P,AGF)	= 1 (día 4)	(*)

Las frecuencias grupales en la serie 2 son:

F2(P,SAL)	= 1 + 0 - 1 - 0 = 0
F2(P,SAC)	= 0 + 2 + 0 + 0 - 0 - 1 = 1
F2(P,AP)	= 0 + 1 + 0 + 1 = 2
F2(P,AG)	= 1 - 1 = 0

Las frecuencias señaladas con (*) no podrían contarse directamente a partir de la serie 3 aun si ésta fuera la serie observada.

Por otra parte, como puede inferirse de este ejemplo, las omisiones producen en la serie observada un corrimiento desde la situación AP hacia SAC y desde SAC hacia SAL.

A raíz de los hechos señalados, las frecuencias observadas a partir de las series de datos no permiten identificar correctamente situaciones probablemente condicionantes de la probabilidad de omisión cuando dichas situaciones están referidas a los valores precedentes.

A continuación se desarrollan fórmulas para la estimación de cada una de estas frecuencias.

5.2.2 Relaciones para estimar frecuencias en la serie 3 a partir de frecuencias en la serie 4.

La frecuencia $F3(P,AGF)$ difiere de la cantidad respectiva en la serie 4, en la cantidad $F4(P,AGFE)$ de valores pequeños que deberían estar precedidos por valores "grandes falsos", pero que, por efecto de la evaporación a partir de los "arrastrés", se observan en la serie 4 como valores pequeños precedidos a su vez de valores pequeños. Aunque estas frecuencias son desconocidas, podemos escribir la relación que las liga:

$$F3(P,AGF) = F4(P,AGF) + F4(P,AGFE) \quad (5)$$

En función de lo antedicho, las frecuencias $F3(P,AP)$ y $F3(P,AG)$ están relacionadas con las correspondientes en la serie 4 mediante las siguientes ecuaciones:

$$F3(P,AP) = F4(P,AP) - F4(P,AGFE) \quad (6)$$

$$F3(P,AG) = F4(P,AG) + F4(P,AGFE) \quad (7)$$

A su vez, las frecuencias de los grupos (P,SAL) y (P,SAC) en la serie 3 están relacionadas con las respectivas en la serie 4 mediante las ecuaciones:

$$F3(P,SAL) = F4(P,SAL) - F4(GFE,SAL)$$

$$F3(P,SAC) = F4(P,SAC) - F4(GFE,SAC)$$

donde GFE se refiere a valores GF de la serie 3 que, debido a la evaporación a partir de los "arrastrés", se observan en la serie 4 como valores pequeños. Como en la serie 3 todo ocurre como si hubiera omisiones y sus correspondientes "arrastrés" pero sin tener en cuenta la evaporación, los casos GFE deben restarse.

En el ejemplo tenemos las siguientes frecuencias en la serie 4:

$$F4(P,AP) = 1 \text{ (día 4)}$$

$$F4(P,AG) = 0$$

$F4(P,AGFE) = 1$ (día 4)
 $F4(GFE,SAL) = 0$
 $F4(GFE,SAC) = 1$ (día 3)

Las frecuencias grupales en la serie 3 son:

$F3(P,SAL) = 1 - 0 = 1$
 $F3(P,SAC) = 1 - 1 = 0$
 $F3(P,AP) = 1 - 1 = 0$
 $F3(P,AG) = 0 + 1 = 1$

El problema planteado puede resumirse así: el hecho de no disponer de las frecuencias reales de cada grupo antes y después de realizadas las omisiones (frecuencias F1 y F2 respectivamente) impide estimar las probabilidades condicionales de omisión mediante conteo directo.

Un método para estimar las frecuencias F1 se presenta en la sección siguiente. Luego se desarrollan dos métodos para estimar las frecuencias F2, uno en este capítulo y otro en el siguiente.

5.2.3 Estimación de las frecuencias grupales en la serie 1.

Si bien la variabilidad espacial debiera tenerse en cuenta, en este caso no tenemos otra referencia válida que la de la serie b. Asumimos entonces las relaciones siguientes para estimar las frecuencias grupales en una localidad dada:

$$F1(P,SAL) = F_b(P,SAL) \cdot (F1(P) \% F_b(P)) \quad (8)$$

$$F1(P,SAC) = F_b(P,SAC) \cdot (F1(P) \% F_b(P)) \quad (9)$$

$$F1(P,AP) = F_b(P,AP) \cdot (F1(P) \% F_b(P)) \quad (10)$$

$$F1(P,AG) = F_b(P,AG) \cdot (F1(P) \% F_b(P)) \quad (11)$$

5.2.4 Estimación de las frecuencias grupales en la serie 2.

Comenzaremos estimando las frecuencias que permiten pasar de la serie 4 (observada) a la serie 3.

5.2.4.1 Estimación de las frecuencias F3(P,AGF) y F4(P,AGFE).

Consideraremos a continuación la estimación de la frecuencia F3(P,AGF).

Para ello, recurrimos a la teoría de las probabilidades.

Utilizaremos la siguiente propiedad de la probabilidad condicional P(X/Y) (Probabilidad de que ocurra el suceso X dada la condición de que ha ocurrido el suceso Y):

$$P(X/Y) = P(X,Y) \% P(Y) \quad (12)$$

Como en el caso de las frecuencias, la coma denota intersección.

Recordemos que en el caso de independencia de los X e Y es $P(X/Y)=P(X)$. Esta condición de independencia junto con la relación (12) implica que, para dos sucesos independientes:

$$P(X,Y) = P(X) \cdot P(Y) \quad (13)$$

Suponemos que la probabilidad de que un total pequeño P, no omitido en la serie 3, se convierta en un valor GF es independiente del valor siguiente en la serie, sea éste cero, pequeño o grande. Entonces podemos escribir:

$$P3[(AP \rightarrow AGF)/(P,AP)] = P3(AP \rightarrow AGF)$$

y entonces:

$$P3[(AP \rightarrow AGF),(P,AP)] = P3(AP \rightarrow AGF) \cdot P3(P,AP)$$

El término del primer miembro es la probabilidad de encontrar en la serie 3 un valor pequeño precedido de un valor "grande falso". Cambiando la notación, podemos escribir este término $P3(P,AGF)$. Por otra parte, en el segundo miembro la probabilidad $P3(AP \rightarrow AGF)$ ya no está referida a un valor siguiente, y por lo tanto es igual a $P3(P \rightarrow GF)$. Queda entonces:

$$P3(P,AGF) = P3(P \rightarrow GF) \cdot P3(P,AP) \quad (14)$$

Ahora estimamos las probabilidades en ambos miembros mediante el cociente entre casos favorables y casos posibles contados en nuestra muestra.

$$P3(P,AGF) = F3(P,AGF) \% NT \quad (15)$$

$$P3(P \rightarrow GF) = F3(GF) \% TOTNO \quad (16)$$

$$P3(P,AP) = [F3(P,AP) + F3(P,AGF)] \% NT \quad (17)$$

Nótese que esta última expresión incluye los términos de la ecuación (3) en los cuales los elementos AP no han sido omitidos.

Reemplazando en (14) por las relaciones (15), (16) y (17) y teniendo en cuenta (6) obtenemos:

$$F3(P,AGF) = F3(GF) \cdot [F4(P,AP) - F4(P,AGFE) + F3(P,AGF)] \% TOTNO \quad (18)$$

En esta ecuación, no sólo la frecuencia buscada $F3(P,AGF)$ es desconocida, sino también $F4(P,AGFE)$. Para estimar esta última, asumimos que la probabilidad de que un valor GF de la serie 3 se convierta en la serie 4 en un valor GFE (y por lo tanto se observe en dicha serie como P) debido a la evaporación durante el arrastre que lo originó, es independiente de que la precipitación del día siguiente sea pequeña, grande o nula. Es

decir:

$$P4[(AGF \rightarrow AGFE) / (P,AGF)] = P4(AGF \rightarrow AGFE)$$

y entonces:

$$P4[(AGF \rightarrow AGFE), (P,AGF)] = P4(AGF \rightarrow AGFE) \cdot P3(P,AGF)$$

es decir:

$$P4(P,AGFE) = P4(GF \rightarrow GFE) \cdot P3(P,AGF)$$

Reemplazando ahora estas probabilidades por sus estimadores con un procedimiento análogo al utilizado en el caso de $F3(P,AGF)$ obtenemos:

$$F4(P,AGFE) = [F4(GFE) \% F3(GF)] \cdot F3(P,AGF) \quad (19)$$

Introduciendo esta última expresión en (18) y despejando la incógnita obtenemos:

$$F3(P,AGF) = F3(GF) \cdot FA(P,AP) \% [TOTNO - F3(GF) + F4(GFE)] \quad (20)$$

en donde el denominador es la frecuencia $F4(P)$ de totales pequeños contados en la serie 4. Introduciendo la expresión (20) en (19) obtenemos también $F4(P,AGFE)$. Asimismo podemos ahora calcular $F3(P,AP)$ y $F3(P,AG)$ mediante las relaciones (6) y (7) respectivamente.

5.2.4.2 Estimación de las frecuencias $F3(P,SAL)$ y $F3(P,SAC)$

Estas frecuencias son menores que las correspondientes observadas en la serie 4. Las diferencias están dadas por las cantidades respectivas $F4(GFE,SAL)$ y $F4(GFE,SAC)$ de valores GF que, debido a la evaporación a partir de los "arrastres" correspondientes, se convierten en la serie 4 en valores GFE y por lo tanto se cuentan como pequeños en dicha serie. Podemos escribir entonces las siguientes relaciones:

$$F3(P,SAL) = F4(P,SAL) - F4(GFE,SAL) \quad (21)$$

$$F3(P,SAC) = F4(P,SAC) - F4(GFE,SAC) \quad (22)$$

La suma miembro a miembro de estas dos ecuaciones nos da la expresión:

$$F3(P,SA) = F4(P,SA) - F4(GFE,SA) \quad (23)$$

donde SA agrupa a las secuencias secas precedentes de todas las longitudes.

Para poder estimar los términos $F4(GFE,SAL)$ y $F4(GFE,SAC)$, debemos primero hacer algunas consideraciones sobre los valores GF y cómo se originan. Esto lo efectuamos a continuación.

5.2.4.3 Estimación de los términos $F_3(GF,SAL)$ y $F_3(GF,SAC)$

La transformación de un valor P en GF se origina a causa de la omisión de uno o más valores P anteriores. Este valor GF está precedido necesariamente de uno o más ceros en la serie 3, ya que si estuviera precedido por un valor no nulo, el "arrastre" se habría acumulado con ese valor efectivamente medido, quitando la posibilidad al valor considerado de ser adicionado a un "arrastre" y de esa manera convertirse en GF. Por lo tanto

$$F_3(GF,SA) = F_3(GF) = F_3(GF,SAL) + F_3(GF,SAC) \quad (24)$$

Además, la frecuencia $F_3(SS)$ de secuencias secas cumple la relación

$$F_3(SS) = F_3(SL) + F_3(SC) \quad (25)$$

Si consideramos el subconjunto de las secuencias de ceros SA precedentes a valores pequeños en la serie 3, tenemos:

$$F_3(P,SA) = F_3(P,SAL) + F_3(P,SAC) \quad (26)$$

La suma de $F_3(P,SA)$ y $F_3(GF)$ nos da la cantidad de casos posibles para la generación de valores GF.

Hacemos la suposición de que la probabilidad de aparición en la serie 3 de un valor GF (es decir, de que un valor pequeño no omitido precedido por una secuencia seca se convierta en la serie 3 en un valor GF) es independiente de que la secuencia seca precedente sea corta o larga. Es decir

$$P_3[(P \rightarrow GF) / (P,SAL)] = P_3[(P \rightarrow GF) / (P,SA)]$$

y entonces

$$P_3[(P \rightarrow GF), (P,SAL)] = P_3[(P \rightarrow GF) / (P,SA)] \cdot P_3(P,SAL) \quad (27)$$

Estimamos estas probabilidades mediante las siguientes expresiones:

$$P_3[(P \rightarrow GF), (P,SAL)] = F_3(GF,SAL) \% [F_3(P,SA) + F_3(GF,SA)]$$

$$P_3[(P \rightarrow GF) \% (P,SA)] = F_3(GF) \% [F_3(P,SA) + F_3(GF,SA)]$$

$$P_3(P,SAL) = [F_3(P,SAL) + F_3(GF,SAL)] \% [F_3(P,SA) + F_3(GF,SA)]$$

La frecuencia $F_3(GF,SAL)$ resulta entonces, teniendo en cuenta (24):

$$F_3(GF,SAL) = F_3(GF) \cdot [F_3(P,SAL) + F_3(GF,SAL)] \% [F_3(P,SA) + F_3(GF)] \quad (28)$$

Despejando la frecuencia buscada nos queda

$$F_3(GF,SAL) = F_3(GF) \cdot F_3(P,SAL) \% F_3(P,SA) \quad (29)$$

Esta última expresión nos dice que, en la serie 3 la proporción de totales pequeños que se "ven" como GF, con secuencia anterior larga, es la misma que la proporción de totales pequeños con secuencia seca anterior de cualquier longitud. (corta o larga).

Reemplazando las frecuencias desconocidas $F3(P, SAL)$ y $F3(P, SA)$ en (29) por (21) y (23) respectivamente, nos queda:

$$F3(GF, SAL) = F3(GF) \cdot [F4(P, SAL) - F4(GFE, SAL)] \% [F4(P, SA) - F4(GFE, SA)] \quad (30)$$

Si tenemos en cuenta la primera igualdad en (24) y el hecho de que los valores GFE son una fracción de los GF, podemos escribir, en analogía con (24):

$$F4(GFE, SA) = F4(GF) \quad (31)$$

Entonces en la ecuación (30), las frecuencias desconocidas son $F3(GF, SAL)$ y $F4(GFE, SAL)$.

A continuación presentamos el razonamiento para estimar $F4(GF, SAL)$ como una fracción de $F3(GF, SAL)$.

Si la secuencia seca precedente a un valor GF es larga, entonces la probabilidad de obtener un valor GFE debido a la evaporación durante el "arrastre" es mayor que si la secuencia seca precedente es corta, a causa de la cantidad de días disponibles para evaporar. Por lo tanto, la proporción de casos (GFE, SAL) entre los casos (GF, SAL) es mayor que la proporción correspondiente al total de casos:

$$F4(GFE, SAL) \% F3(GF, SAL) = m \cdot [F4(GFE) \% F3(GF)] \quad (32)$$

con $m > 1$.

Ahora bien, podemos suponer que cada día de arrastre se evapora una cantidad de agua que es independiente del volumen remanente en el pluviómetro. Prueba de ello es la mayoría de las fórmulas empíricas de evaporación desde el pluviómetro no lo tienen en cuenta (SEVRUK, 1982). En consecuencia, la cantidad diaria evaporada es independiente de la posición temporal del día considerado, dentro de la secuencia seca de "arrastre". Por lo tanto la cantidad total evaporada, en término medio, es proporcional a la cantidad de días de "arrastre".

Puesto que la probabilidad de que un valor GF se "vea" como GFE es directamente proporcional a la cantidad de agua evaporada, es también proporcional a la cantidad de días de "arrastre". Suponemos que la distribución de frecuencias de longitudes de "secuencias de arrastre" es igual a la de secuencias secas correspondiente (SL o SC). Nótese que las secuencias no se alteran al pasar de la serie 3 a la 4. Por lo tanto la frecuencia total de secuencias largas $F3(SL)$ es igual a $F4(SL)$. También lo son la distribución de frecuencias según su longitud y la longitud media. Lo mismo vale para las secuencias cortas.

Las longitudes medias de las secuencias secas largas y cortas son:

$$l_1 = \left[\sum_{i=5}^{\infty} F4(SS_i) \cdot i \right] \% F4(SL) \quad (33)$$

$$y \quad l_c = \left[\sum_{i=1}^4 F4(SS_i) \cdot i \right] \% F4(SC) \quad (34)$$

$$\text{donde } F4(SL) = \sum_{i=5}^{\infty} F4(SS_i) \quad y \quad F4(SC) = \sum_{i=1}^4 F4(SS_i)$$

Obtenemos la longitud media de las secuencias secas l_m como el producto ponderado de estas dos longitudes medias:

$$l_m = [l_1 \cdot F4(SL) + l_c \cdot F4(SC)] \% F4(SS) \quad (35)$$

En función de lo antedicho, podemos considerar que el coeficiente m está dado por la razón entre las longitudes l_1 y l_m . Entonces podemos escribir, de acuerdo con la relación (32):

$$F4(GFE, SAL) = (F4(GFE) \% F3(GF)) \cdot F3(GF, SAL) \cdot (l_1 \% l_m) \quad (36)$$

$$F4(GFE, SAC) = (F4(GFE) \% F3(GF)) \cdot F3(GF, SAC) \cdot (l_c \% l_m) \quad (37)$$

Introduciendo la expresión (36) en (30), teniendo en cuenta (31) y despejando la incógnita, obtenemos:

$$\begin{aligned} F3(GF, SAL) &= \\ &= [F3(GF) \cdot F4(P, SAL)] \% \{F4(P, SA) + F4(GFE) \cdot [(l_1 \% l_m) - 1]\} \end{aligned} \quad (38)$$

Por un procedimiento análogo se estima la otra frecuencia buscada:

$$\begin{aligned} F3(GF, SAC) &= \\ &= [F3(GF) \cdot F4(P, SAC)] \% \{F4(P, SA) + F4(GFE) \cdot [(l_c \% l_m) - 1]\} \end{aligned} \quad (39)$$

la cual también puede hallarse por simple resta:

$$F3(GF, SAC) = F3(GF) - F3(GF, SAL) \quad (40)$$

Asimismo, podemos ahora calcular $F3(P, SAL)$ y $F3(P, SAC)$ por medio de las expresiones (21) y (22) respectivamente.

5.2.4.4 Término $F3(P \cup GF, SALF)$

Este término corresponde a la relación siguiente:

$$F3(P \cup GF, SALF) = F3(P, SALF) + F3(GF, SALF) \quad (41)$$

Consideremos la probabilidad $P3(P \cup GF, SALF)$. Podemos suponer que la probabilidad de que en la serie 3 una secuencia SAL sea en realidad una SALF es independiente del valor ocurrido siguiente, sea este pequeño o grande. Esto implica que

$$P3(SALF / (P U GF , SAL) = P3(SALF / SAL) \quad (42)$$

Entonces podemos escribir:

$$P3[(P U GF , SALF) / SAL] = P3(P U GF , SAL) \cdot P3(SLF / SL)$$

y las estimaciones de las frecuencias respectivas de esta expresión nos da la siguiente:

$$F3(P U GF , SALF) = F3(P U GF , SAL) \cdot P3(SLF / SL) \quad (43)$$

con

$$P3(SLF / SL) = \{F3(SL) - F1(SL) [F3(LL) \% F1(LL)]\} \% F3(SL) \quad (44)$$

El coeficiente $F3(LL) \% F1(LL)$ es la relación de frecuencias totales de días con precipitación en las series 1 y 3. Mediante él se reduce $F1(SL)$ al tamaño que tendría si la cantidad de días con precipitación en la serie 1 fuera $F3(LL)$. Esta reducción es necesaria, ya que la cantidad de secuencias de ceros disminuye como consecuencia de las omisiones aumentando en cambio su longitud media.

La ecuación (42) expresa que la relación entre las probabilidades de ocurrencia de una secuencia SLF y una SL no se ve alterada por el valor del término siguiente en la serie 3.

Ahora bien, las frecuencias de secuencias en la serie 1 no se conocen. Pero podemos suponer que la frecuencia de secuencias secas $F1(SS)$ y la de secuencias secas largas $F1(SL)$ son iguales a las correspondientes de la serie de referencia:

$$F1(SS) = Fb(SS) \quad \text{y} \quad F1(SL) = Fb(SL) \quad (45)$$

Esto es una consecuencia lógica de la suposición ya hecha de la constancia de la frecuencia de días con precipitación en las distintas localidades del área considerada.

5.2.4.5 Término $F3(P U GF , ACF)$

Este término expresa la frecuencia en la serie 3 de valores pequeños o grandes falsos, los cuales están precedidos por un cero falso, el cual se debe a la omisión de un valor pequeño.

Consideremos de qué formas pueden ser omitidos los valores pequeños que se dan consecutivamente en la realidad. Estos aparecerían en la serie 1 agrupados en secuencias húmedas P,AP. Hay tres posibilidades distintas de omisión que ocasionan que una secuencia húmeda P,AP del tipo considerado sea destruida y deje de observarse como tal en la serie 3: que se omita el primero solamente, o bien el segundo solamente, o bien los dos. A continuación consideramos estas tres posibilidades.

Primeramente veamos la probabilidad de que el primero de ellos (el valor AP) sea omitido, independientemente de lo que ocurra con el siguiente. Puesto que el valor que precede a AP puede ser nulo, pequeño o grande, podemos suponer que las situaciones SAL, SAC, AP y AG precedentes al valor considerado AP (y que pueden estar condicionando la probabilidad de omisión de éste) se hallan en la misma proporción que en la muestra total. Esta suposición es equivalente a suponer que se cumplen las siguientes relaciones:

$$F2(P, AP, SIT) = K \cdot F2(P, SIT)$$

donde SIT es cualquiera de las cuatro posibles situaciones mencionadas, y K es la misma constante en las cuatro relaciones.

Es decir, la muestra de valores precedentes a una secuencia P,AP tiene aproximadamente la misma composición que la muestra de valores precedentes a un valor P. Haciendo esta suposición tenemos:

$$P1(AP \rightarrow 0 / P, AP) = P1(P \rightarrow 0) = t2 \quad (46)$$

con $t2 = [F1(P) - TOTNO] / F1(P)$

Consideremos ahora la probabilidad de omisión del valor pequeño P que está ubicado en el segundo lugar en la secuencia P, AP, independientemente de lo que ocurra con AP. En este caso, sabemos que el valor P considerado está siempre precedido de un total pequeño llovido el día anterior, y hacemos la hipótesis de que esta circunstancia puede influir en la predisposición del observador a medir. Tenemos que:

$$P1(P \rightarrow 0 / P, AP) = P1[(P \rightarrow 0), (P, AP)] / P1(P, AP) = t1 \quad (47)$$

Esta probabilidad no puede estimarse directamente a partir de la series 1 y 3, ya que no sabemos cuántas omisiones hubo en esta situación.

Consideremos ahora la probabilidad de omisión de dos valores pequeños consecutivos. Si, como hemos supuesto, la predisposición del observador a omitir no es influida por el hecho de que haya cometido una omisión el día anterior, entonces los eventos son independientes, y se puede escribir

$$P1[(P \rightarrow 0 / P, AP), (AP \rightarrow 0 / P, AP)] = t1 \cdot t2 \quad (48)$$

Ahora bien, a la probabilidad de que una secuencia P,AP sea destruida por omisión de uno de los dos o ambos valores pequeños la llamamos q:

$$P1[(P \rightarrow 0 \cup AP \rightarrow 0) / P, AP] = q$$

Ponemos esta expresión en términos de las probabilidades consideradas:

$$q = P1(P \rightarrow 0 / P, AP) + P1(AP \rightarrow 0 / P, AP) - P1(P \rightarrow 0, AP \rightarrow 0 / P, AP) \quad (49)$$

$$\text{o sea: } q = t_1 + t_2 - t_1 \cdot t_2 = t_1 + t_2 \cdot (1 - t_1) \quad (50)$$

Resulta entonces

$$t_1 = (q - t_2) \% (1 - t_2) \quad (51)$$

Ahora bien, q se estima mediante la expresión:

$$q = \{F_1(P,AP) - [F_3(P,AP) + F_3(P,AGF)]\} \% F_1(P,AP) \quad (52)$$

Entonces t_1 se puede estimar introduciendo esta expresión en la (51).

Podemos estimar ahora las cantidades W_1 , W_2 y W_3 de secuencias P, AP destruidas, respectivamente, por omisión de valores P solamente; por omisión de AP solamente; y por omisión de ambos. Tenemos las siguientes expresiones:

$$F_1(P, AP) = W_1 + W_2 + W_3 \quad (53)$$

$$W_1 = t_1 \cdot (1 - t_2) \cdot F_1(P, AP) \quad (54)$$

$$W_2 = t_2 \cdot (1 - t_1) \cdot F_1(P, AP) \quad (55)$$

$$W_3 = t_1 \cdot t_2 \cdot F_1(P, AP) \quad (56)$$

donde W_2 es la frecuencia $F_3(P \cup GF, ACF_1)$ buscada.

5.2.4.6 Estimación de la frecuencia $F_3(GF, ACF_2)$.

Este término expresa la frecuencia en la serie de valores GF precedidos por un cero falso, el cual se debe a la omisión de un valor grande. La acumulación de este valor G omitido con el valor P del día siguiente resulta necesariamente en un valor GF y no en un valor P . Asumimos que la probabilidad de que el valor GF se observe como P debido a la evaporación producida en un solo día de "arrastre" es cero. De lo contrario, la frecuencia buscada debería ser $F_3(P \cup GF, ACF_2)$.

Por analogía con la expresión (46) tenemos:

$$P_1(AG \rightarrow 0 / P, AG) = P_1(G \rightarrow 0) = f_2 \quad (57)$$

$$\text{con } f_2 = CF_2 \% F_1(G)$$

Siguiendo el mismo razonamiento que en el punto anterior obtenemos expresiones análogas a (47), (50), (51) y (52):

$$P_1(P \rightarrow 0 / P, AG) = P_1[(P \rightarrow 0, (P, AG))] \% P_1(P, AG) = t_3 \quad (58)$$

$$r = t_3 + f_2 - t_3 \cdot f_2 \quad (59)$$

$$t_3 = (r - f_2) \% (1 - f_2) \quad (60)$$

$$r = \{F_1(P, AG) - [F_3(P, AG) - F_3(P, AGF)]\} \% F_1(P, AG) \quad (61)$$

Obtenemos finalmente la expresión análoga a la (55):

$$F3(GF,ACF2) = f2 \cdot (1 - t3) \cdot F1(P,AG) \quad (62)$$

Hemos estimado todos los términos necesarios para calcular las frecuencias grupales en la serie 2 buscadas, mediante las ecuaciones (1) a (4).

5.2.5 Estimación de las probabilidades condicionales de omisión.

Estimamos las frecuencias grupales de omisiones mediante:

$$F4(CF1,SAL) = F1(P,SAL) - F2(P,SAL) \quad (63)$$

$$F4(CF1,SAC) = F1(P,SAC) - F2(P,SAC) \quad (64)$$

$$F4(CF1,AP) = F1(P,AP) - F2(P,AP) \quad (65)$$

$$F4(CF1,AG) = F1(P,AG) - F2(P,AG) \quad (66)$$

Estimamos luego las probabilidades condicionales de omisión en forma análoga con lo visto en los capítulos 3 y 4:

$$Pc(P,SAL) = F4(CF1,SAL) \% F1(P,SAL) \quad (67)$$

$$Pc(P,SAC) = F4(CF1,SAC) \% F1(P,SAC) \quad (68)$$

$$Pc(P,AP) = F4(CF1,AP) \% F1(P,AP) \quad (69)$$

$$Pc(P,AG) = F4(CF1,AG) \% F1(P,AG) \quad (70)$$

5.2.6 Algunas conclusiones sobre las estimaciones efectuadas y las alteraciones presentes en las series observadas.

Los resultados obtenidos se presentan en las Tablas 5.1 a 5.12.

Se observan en las Tablas 5.1 y 5.2 las frecuencias originales y normalizadas de los grupos SAL, SAC, AP y AG. Puede apreciarse en la Tabla 5.2 una gran diferencia en las proporciones que tienen las frecuencias grupales en los puestos pluviométricos, con respecto a las respectivas proporciones en las estaciones de referencia. Esto es particularmente notable en el grupo AP, ya que los valores anteriores, por ser pequeños,, han sido omitidos en gran medida.

Por otra parte, el cociente entre $F4(P,SAL)$ y $F4(P)$ (Tabla 5.2) muestra claramente una correspondencia directa con la frecuencia de omisiones $F4(CF1)$. Este resultado es coherente con el esquema de alteración supuesto, el cual tiene como consecuencia un corrimiento de frecuencias desde el grupo SAC hacia el grupo SAL, más marcado cuanto mayor es la cantidad de omisiones. La causa de esto ha sido explicada en el punto 5.2.1. El valor climático del cociente citado es 0,27 (registros de Paraná Aero y Concordia Aero); en Villaguay Aero es 0,32, y en 35

de los 39 puestos pluviométricos es mayor o igual que 0,35. Además, 9 de éstos tienen valores mayores o iguales que 0,45.

Al calcular el mismo cociente en las series 2 (Tabla 5.4) vemos que este corrimiento ha desaparecido, quedando en evidencia el alto grado de deformación que tienen las series observadas.

Un efecto similar se verifica en el cociente entre $F4(SL)$ y $F4(SS)$ (Tabla 5.2).

La Tabla 5.3 muestra las frecuencias grupales en la serie 3 y las frecuencias $F3(GF)$ y $F4(GFE)$.

En la Tabla 5.10 se observan las probabilidades condicionales de omisión. Los valores hallados para los grupos AP y AG mediante las ecuaciones (69) y (70) son iguales a las probabilidades t_1 y t_3 halladas mediante (51) y (60) (Tabla 5.11). Esto prueba que las fórmulas desarrolladas para el cálculo de todos los términos necesarios para estimar $F2(P,AP)$ y $F3(P,AG)$ son consistentes desde el punto de vista algebraico. La mayoría de las fórmulas deducidas en este capítulo han intervenido en el cálculo de dichas frecuencias, las cuales se observan en las Tablas 5.7 y 5.8 .

Las estimaciones efectuadas en este capítulo, si bien tienen errores indeterminados, permiten inferir que el ordenamiento de mayor a menor de las probabilidades condicionales de omisión según los valores precedentes no es común a todas las estaciones secundarias, sino más bien cada estación tiene su ordenamiento característico.

Es importante señalar que las probabilidades halladas, promediadas según su grupo para las 40 estaciones que registran omisiones, dan los siguientes valores:

$$\hat{P}_c(P,SAL)=0,65 \quad \hat{P}_c(P,SAC)=0,64 \quad \hat{P}_c(P,AP)=0,61 \quad \hat{P}_c(P,AG)=0,66$$

Estos valores, casi idénticos en los cuatro grupos, nos permite concluir que, en término medio, ninguna de las cuatro situaciones analizadas es condicionante de la omisión de medición en la región.

Podemos concluir que no hay un patrón regional de la predisposición a omitir según los valores precedentes, contrariamente a lo que hacían suponer las frecuencias observadas (serie 4). En cambio, existe sistematicidad en la omisión en muchas estaciones, para las cuales las probabilidades halladas son netamente diferentes en cada grupo.

EST.	F4o(P,SAL)	F4o(P,SAC)	F4o(P,AP)	F4o(P,AG)	F4o(P)	F4(SS)	F4(SL)
1	66	43	11	30	150	509	297
2	72	53	9	38	172	530	320
3	49	21	3	23	96	478	300
4	74	50	10	48	182	554	315
6	132	116	72	88	408	628	327
7	82	63	19	64	228	579	325
8	46	35	8	37	126	534	319
9	77	77	34	69	257	585	327
10	72	45	13	32	162	512	317
11	70	55	17	69	211	551	316
12	145	152	107	130	534	664	317
13	120	95	23	57	295	621	340
14	51	36	4	35	126	483	293
15	78	66	14	50	208	549	311
16	54	35	4	24	117	476	297
17	38	31	7	27	103	513	309
18	50	32	3	24	109	459	287
19	167	176	132	150	625	664	319
20	50	30	6	18	104	461	295
21	76	55	12	42	185	534	311
22	45	38	4	29	116	525	308
23	38	27	5	32	102	542	314
25	74	61	30	49	214	549	323
26	69	37	9	28	143	564	326
27	46	38	7	29	120	509	301
28	21	16	1	23	61	499	301
29	20	16	1	18	55	501	306
31	44	24	7	20	95	509	306
32	54	31	10	58	153	514	308
33	53	38	13	61	165	538	305
34	61	40	7	30	138	494	287
35	83	86	36	72	277	533	264
36	26	23	3	16	68	485	299
37	72	54	13	45	184	551	317
38	53	17	7	21	98	490	317
39	82	45	16	69	183	528	315
40	86	46	12	53	197	522	310
41	79	50	17	71	217	529	325
42	92	66	21	49	228	552	340
43	68	56	14	42	180	533	306
44	67	37	8	31	143	495	295
45	59	43	9	35	146	525	325

Tabla 5.1

EST.	F4(P,SAL)	F4(P,AP)		F4(P)	F4(CF1)	<u>F4(P,SAL)</u>	<u>F4(SL)</u>	
	F4(P,SAC)		F4(P,AG)			F4(P)	F4(SS)	
1	66	43	11	30	150	431	0.44	0.58
2	86	62	14	48	210	379	0.41	0.60
3	67	32	6	32	137	475	0.49	0.63
4	92	68	20	51	231	344	0.40	0.57
6	132	116	72	88	408	169	0.32	0.52
7	106	74	29	70	279	258	0.38	0.56
8	79	46	11	47	183	390	0.43	0.60
9	101	91	44	78	314	238	0.32	0.56
10	87	57	20	41	205	384	0.42	0.62
11	91	65	26	72	254	304	0.36	0.57
12	162	174	130	137	603	0	0.27	0.48
13	120	95	23	57	295	290	0.41	0.55
14	51	36	4	35	126	458	0.40	0.61
15	93	72	19	51	235	368	0.40	0.57
16	66	44	6	34	150	464	0.44	0.62
17	58	44	12	33	147	440	0.39	0.60
18	50	32	3	24	109	514	0.46	0.63
19	162	170	120	149	601	0	0.27	0.48
20	49	30	5	18	102	512	0.48	0.64
21	87	67	18	49	221	385	0.39	0.58
22	67	53	9	36	165	424	0.41	0.59
23	59	39	11	40	149	392	0.40	0.58
25	99	74	40	53	266	331	0.37	0.59
26	104	68	16	42	230	357	0.45	0.58
27	69	46	17	39	171	421	0.40	0.59
28	50	37	12	43	142	452	0.35	0.60
29	40	27	4	26	97	453	0.41	0.61
31	73	36	12	32	153	424	0.48	0.60
32	80	46	19	66	211	347	0.38	0.60
33	67	55	19	69	210	322	0.32	0.57
34	83	53	14	33	183	424	0.45	0.58
35	82	86	36	72	276	310	0.30	0.50
36	44	33	5	30	112	470	0.39	0.62
37	93	61	20	57	231	336	0.40	0.58
38	53	17	7	21	98	492	0.54	0.65
39	82	45	16	39	182	394	0.45	0.60
40	96	56	17	58	227	384	0.42	0.59
41	95	61	28	73	257	347	0.37	0.61
42	108	72	31	51	262	339	0.41	0.62
43	88	69	22	56	235	353	0.37	0.57
44	67	37	8	31	143	431	0.47	0.60
45	59	43	9	35	146	374	0.40	0.62

Tabla 5.2

EST.	F3(P,SAL)	F3(P,SAC)	F3(P,AP)	F3(P,AG)	F3(P)	F3(GF)	F4(GFE)
1	55.4	41.5	10.1	30.9	137.8	31.9	12.2
2	74.7	59.6	13.1	48.9	196.3	35.7	13.7
3	54.7	31.0	5.4	32.6	123.7	35.0	13.3
4	81.0	66.1	18.9	52.1	218.0	33.7	13.0
6	124.5	114.6	70.4	89.6	399.1	22.8	8.9
7	96.8	72.8	27.9	71.1	268.6	26.7	10.4
8	67.7	44.7	10.2	47.8	170.5	32.7	12.5
9	92.7	88.8	42.5	79.5	303.5	27.1	10.5
10	75.5	54.9	18.7	42.3	191.3	35.7	13.7
11	80.8	63.3	24.8	73.2	242.1	30.7	11.9
12	162.0	174.0	130.0	137.0	603.0	0.0	0.0
13	109.1	93.0	22.0	58.0	282.1	33.4	12.9
14	41.6	34.0	3.6	35.4	114.6	30.1	11.4
15	80.8	69.6	17.8	52.2	220.3	38.2	14.7
16	54.5	41.6	5.4	34.6	136.1	36.7	13.9
17	48.1	41.5	11.0	34.0	134.6	32.6	12.4
18	39.7	30.0	2.7	24.3	96.6	32.9	12.4
19	162.0	170.0	120.0	149.0	601.0	0.0	0.0
20	39.4	28.1	4.4	18.6	90.5	30.5	11.5
21	74.9	64.3	16.8	50.2	206.2	38.6	14.8
22	56.5	50.4	8.3	36.7	152.0	34.2	13.0
23	50.0	37.7	10.2	40.8	138.7	26.8	10.3
25	87.4	71.5	37.9	55.1	251.9	36.5	14.1
26	91.9	66.4	15.0	43.0	216.3	35.6	13.7
27	57.6	44.1	15.7	40.3	157.7	34.9	13.3
28	39.9	34.5	10.9	44.1	129.5	33.0	12.5
29	32.9	25.6	3.6	26.4	88.4	22.6	8.6
31	61.6	35.4	11.1	32.9	141.0	31.6	12.0
32	69.1	44.9	17.9	67.1	199.0	31.2	12.0
33	58.3	53.0	18.0	70.0	199.3	27.7	10.7
34	70.2	51.4	12.9	34.1	168.6	37.8	14.4
35	71.4	83.4	34.3	73.7	262.7	34.3	13.3
36	35.6	30.8	4.5	30.5	101.3	28.1	10.7
37	81.9	59.6	18.9	58.1	218.5	32.5	12.5
38	42.8	17.1	6.3	21.7	87.9	26.9	10.1
39	70.3	44.0	14.9	40.1	169.3	33.2	12.7
40	82.3	54.5	15.9	59.1	211.8	39.5	15.2
41	82.5	58.8	26.4	74.6	242.4	38.0	14.6
42	95.9	69.7	29.3	52.7	247.6	37.3	14.4
43	76.7	66.6	20.7	57.3	221.3	35.7	13.7
44	56.3	36.1	7.4	31.6	131.4	30.4	11.6
45	51.5	41.2	8.4	35.6	136.6	24.4	9.4

Tabla 5.3

EST.	F2(P,SAL)	F2(P,SAC)	F2(P,AP)	F2(P,AG)	(1)	(2)	(3)	(4)
	(1)	(2)	(3)	(4)	F2(P)	F2(P)	F2(P)	F2(P)
1	46.7	47.4	44.0	31.6	0.28	0.28	0.26	0.19
2	60.4	80.0	40.7	50.9	0.26	0.35	0.18	0.22
3	45.0	51.1	27.7	35.0	0.28	0.32	0.17	0.22
4	67.8	79.1	51.6	53.3	0.27	0.31	0.20	0.21
6	111.4	117.3	104.4	88.8	0.26	0.28	0.25	0.21
7	83.0	82.7	57.5	72.1	0.28	0.28	0.19	0.24
8	55.0	62.4	35.7	50.1	0.27	0.31	0.18	0.25
9	80.3	90.9	79.7	79.7	0.24	0.27	0.24	0.24
10	61.4	63.4	59.6	42.6	0.27	0.28	0.26	0.19
11	70.3	68.5	59.0	74.9	0.26	0.25	0.22	0.27
12	162.5	173.5	130.0	137.0	0.27	0.29	0.22	0.23
13	86.3	122.7	47.2	59.3	0.27	0.39	0.15	0.19
14	35.8	51.4	19.1	38.3	0.25	0.36	0.13	0.26
15	67.5	86.6	50.7	53.7	0.26	0.34	0.20	0.21
16	45.2	64.9	25.5	37.2	0.26	0.38	0.15	0.22
17	39.4	43.4	49.6	34.8	0.24	0.26	0.30	0.21
18	33.3	51.8	17.7	26.7	0.26	0.40	0.14	0.21
19	161.5	170.5	120.0	149.0	0.27	0.28	0.20	0.25
20	31.8	38.8	31.0	19.4	0.26	0.32	0.26	0.16
21	62.2	79.6	51.3	51.7	0.25	0.33	0.21	0.21
22	46.1	68.2	33.3	38.6	0.25	0.37	0.18	0.21
23	41.7	40.5	41.1	42.2	0.25	0.24	0.25	0.25
25	72.7	68.9	93.1	53.7	0.25	0.24	0.32	0.19
26	72.7	92.8	42.4	44.0	0.29	0.37	0.17	0.17
27	49.2	41.6	61.0	40.8	0.26	0.22	0.32	0.21
28	34.9	29.7	51.9	46.0	0.21	0.18	0.32	0.28
29	27.1	32.6	23.2	28.1	0.24	0.29	0.21	0.25
31	50.9	41.3	46.8	33.6	0.29	0.24	0.27	0.19
32	61.1	47.7	52.0	69.4	0.27	0.21	0.23	0.30
33	52.8	52.3	49.7	72.2	0.23	0.23	0.22	0.32
34	61.1	62.4	48.2	34.6	0.30	0.30	0.23	0.17
35	74.2	69.2	79.1	74.4	0.25	0.23	0.27	0.25
36	29.9	40.1	26.8	32.6	0.23	0.31	0.21	0.25
37	68.9	71.6	50.8	59.6	0.27	0.29	0.20	0.24
38	33.3	15.9	43.3	22.3	0.29	0.14	0.38	0.19
39	57.4	51.8	52.5	40.8	0.28	0.26	0.26	0.20
40	69.3	72.7	47.6	61.8	0.28	0.29	0.19	0.25
41	68.9	66.5	68.3	76.7	0.25	0.24	0.24	0.27
42	74.8	84.0	73.8	52.4	0.26	0.29	0.26	0.18
43	66.3	74.9	57.1	58.6	0.26	0.29	0.22	0.23
44	47.8	47.8	33.1	33.1	0.30	0.30	0.20	0.20
45	41.1	50.1	33.0	36.8	0.26	0.31	0.20	0.23

Tabla 5.4

EST.	F3(P, SAL)	F3(P, SALF)		F2(P, SAL)	
		F3(GF, SAL)		F3(GF, SALF)	
1	55.4	18.2	20.2	6.7	46.7
2	74.7	19.9	27.0	7.2	60.4
3	54.7	22.4	22.7	9.3	45.0
4	81.0	18.6	25.8	5.9	67.8
6	124.5	11.9	22.8	2.2	111.4
7	96.8	15.3	25.2	4.0	83.0
8	67.7	19.7	25.1	7.3	55.0
9	92.7	13.8	22.8	3.4	80.3
10	75.5	20.7	27.2	7.5	61.4
11	80.8	17.2	22.8	4.9	70.3
12	162.0	0.0	0.0	0.0	162.5
13	109.1	18.0	35.0	5.8	86.3
14	41.6	16.5	16.0	6.4	35.8
15	80.8	20.5	26.9	6.8	67.5
16	54.5	20.8	21.7	8.3	45.2
17	48.1	17.5	19.2	7.0	39.4
18	39.7	18.8	17.1	8.1	33.3
19	162.0	0.0	0.5	0.0	161.5
20	39.4	17.8	17.5	7.9	31.8
21	74.9	20.8	26.2	7.3	62.2
22	56.5	18.1	21.6	6.9	46.1
23	50.0	15.3	18.1	5.5	41.7
25	87.4	20.1	28.2	6.5	72.7
26	91.9	20.7	32.5	7.3	72.7
27	57.6	19.8	21.0	7.2	49.2
28	39.9	17.7	15.8	7.0	34.9
29	32.9	12.7	13.3	5.2	27.1
31	61.6	20.0	23.2	7.6	50.9
32	69.1	18.9	21.2	5.8	61.1
33	58.3	14.5	16.0	4.0	52.8
34	70.2	21.8	23.6	7.3	61.1
35	71.4	15.8	10.6	2.4	74.2
36	35.6	15.1	14.6	6.2	29.9
37	81.9	18.8	25.8	5.9	68.9
38	42.8	19.2	19.8	8.9	33.3
39	70.3	20.4	25.8	7.5	57.4
40	82.3	23.8	28.5	8.2	69.3
41	82.5	22.2	28.2	7.6	68.9
42	95.9	21.6	34.9	7.9	74.8
43	76.7	19.1	23.6	5.9	66.3
44	56.3	18.5	20.3	6.7	47.8
45	51.5	13.5	18.9	5.0	41.1

Tabla 5.5

EST.	F3(P,SAC)	F3(P,SALF)		W2	F3(GF,ACF2)		
	F3(GF,SAC)	F3(GF,SALF)	F2(P,SAC)				
1	41.5	13.7	20.2	6.7	31.6	3.0	47.4
2	59.6	15.8	27.0	7.2	25.2	4.4	80.0
3	31.0	12.7	22.7	9.3	20.8	3.9	51.1
4	66.1	15.1	25.8	5.9	29.8	4.0	79.1
6	114.6	10.9	22.8	2.2	29.9	3.3	117.3
7	72.8	11.5	25.2	4.0	26.8	3.8	82.7
8	44.7	13.0	25.1	7.3	23.4	4.3	62.4
9	88.8	13.2	22.8	3.4	33.4	4.0	90.9
10	54.9	15.0	27.2	7.5	37.4	3.7	63.4
11	63.3	13.5	22.8	4.9	31.1	4.9	68.5
12	174.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	173.5
13	93.0	15.4	35.0	5.8	22.6	3.9	122.7
14	34.0	13.5	16.0	6.4	14.5	3.9	51.4
15	69.6	17.7	26.9	6.8	29.8	4.6	86.6
16	41.6	15.9	21.7	8.3	18.6	4.1	64.9
17	41.5	15.1	19.2	7.0	35.9	3.5	43.4
18	30.0	14.2	17.1	8.1	14.2	3.3	51.8
19	170.0	0.0	0.5	0.0	0.0	0.0	170.5
20	28.1	12.7	17.5	7.9	25.1	2.3	38.8
21	64.3	17.8	26.2	7.3	31.3	4.7	79.6
22	50.4	16.1	21.6	6.9	23.2	3.7	68.2
23	37.7	11.5	18.1	5.5	28.9	3.4	40.5
25	71.5	16.5	28.2	6.5	49.8	4.1	68.9
26	66.4	14.9	32.5	7.3	24.9	3.6	92.8
27	44.1	15.1	21.0	7.2	41.8	3.9	41.6
28	34.5	15.3	15.8	7.0	38.2	4.7	29.7
29	25.6	9.9	13.3	5.2	18.7	2.7	32.6
31	35.4	11.5	23.2	7.6	33.2	3.1	41.3
32	44.9	12.3	21.2	5.8	31.2	5.2	47.7
33	53.0	13.2	16.0	4.0	29.1	4.8	52.3
34	51.4	16.0	23.6	7.3	32.4	3.4	62.4
35	83.4	18.5	10.6	2.4	40.4	5.2	69.2
36	30.8	13.0	14.6	6.2	21.0	3.4	40.1
37	59.6	13.7	25.8	5.9	29.1	4.4	71.6
38	17.1	7.7	19.8	8.9	35.1	2.5	15.9
39	44.0	12.8	25.8	7.5	34.7	3.6	51.8
40	54.5	15.7	28.5	8.2	28.7	5.6	72.7
41	58.8	15.8	28.2	7.6	37.8	6.2	66.5
42	69.7	15.7	34.9	7.9	40.1	4.1	84.0
43	66.6	16.6	23.6	5.9	33.0	4.7	74.9
44	36.1	11.9	20.3	6.7	24.1	3.1	47.8
45	41.2	10.8	18.9	5.0	23.1	2.8	50.1

Tabla 5.6

EST.	F3(P,AP)	F3(P,AGF)	W2	F2(P,AP)
1	10.1	2.3	31.6	44.0
2	13.1	2.4	25.2	40.7
3	5.4	1.5	20.8	27.7
4	18.9	2.9	29.8	51.6
6	70.4	4.0	29.9	104.4
7	27.9	2.8	26.8	57.5
8	10.2	2.0	23.4	35.7
9	42.5	3.8	33.4	79.7
10	18.7	3.5	37.4	59.6
11	24.8	3.1	31.1	59.0
12	130.0	0.0	0.0	130.0
13	22.0	2.6	22.6	47.2
14	3.6	1.0	14.5	19.1
15	17.8	3.1	29.8	50.7
16	5.4	1.5	18.6	25.5
17	11.0	2.7	35.9	49.6
18	2.7	0.9	14.2	17.7
19	120.0	0.0	0.0	120.0
20	4.4	1.5	25.1	31.0
21	16.8	3.1	31.3	51.3
22	8.3	1.9	23.2	33.3
23	10.2	2.0	28.9	41.1
25	37.9	5.5	49.8	93.1
26	15.0	2.5	24.9	42.4
27	15.7	3.5	41.8	61.0
28	10.9	2.8	38.2	51.9
29	3.6	0.9	18.7	23.2
31	11.1	2.5	33.2	46.8
32	17.9	2.8	31.2	52.0
33	18.0	2.5	29.1	49.7
34	12.9	2.9	32.4	48.2
35	34.3	4.5	40.4	79.1
36	4.5	1.3	21.0	26.8
37	18.9	2.8	29.1	50.8
38	6.3	1.9	35.1	43.3
39	14.9	2.9	34.7	52.5
40	15.9	3.0	28.7	47.6
41	26.4	4.1	37.8	68.3
42	29.3	4.4	40.1	73.8
43	20.7	3.3	33.0	57.1
44	7.4	1.7	24.1	33.1
45	8.4	1.5	23.1	33.0

Tabla 5.7

EST.	F3(P,AG)	F3(P,AGF)	F3(GF,ACF2)	F2(P,AG)
1	30.9	2.3	3.0	31.6
2	48.9	2.4	4.4	50.9
3	32.6	1.5	3.9	35.0
4	52.1	2.9	4.0	53.3
6	89.6	4.0	3.3	88.8
7	71.1	2.8	3.8	72.1
8	47.8	2.0	4.3	50.1
9	79.5	3.8	4.0	79.7
10	42.3	3.5	3.7	42.6
11	73.2	3.1	4.9	74.9
12	137.0	0.0	0.0	137.0
13	58.0	2.6	3.9	59.3
14	35.4	1.0	3.9	38.3
15	52.2	3.1	4.6	53.7
16	34.6	1.5	4.1	37.2
17	34.0	2.7	3.5	34.8
18	24.3	0.9	3.3	26.7
19	149.0	0.0	0.0	149.0
20	18.6	1.5	2.3	19.4
21	50.2	3.1	4.7	51.7
22	36.7	1.9	3.7	38.6
23	40.8	2.0	3.4	42.2
25	55.1	5.5	4.1	53.7
26	43.0	2.5	3.6	44.0
27	40.3	3.5	3.9	40.8
28	44.1	2.8	4.7	46.0
29	26.4	0.9	2.7	28.1
31	32.9	2.5	3.1	33.6
32	67.1	2.8	5.2	69.4
33	70.0	2.5	4.8	72.2
34	34.1	2.9	3.4	34.6
35	73.7	4.5	5.2	74.4
36	30.5	1.3	3.4	32.6
37	58.1	2.8	4.4	59.6
38	21.7	1.9	2.5	22.3
39	40.1	2.9	3.6	40.8
40	59.1	3.0	5.6	61.8
41	74.6	4.1	6.2	76.7
42	52.7	4.4	4.1	52.4
43	57.3	3.3	4.7	58.6
44	31.6	1.7	3.1	33.1
45	35.6	1.5	2.8	36.8

Tabla 5.8

EST.	F1(P,SAL)	F1(P,SAC)	F1(P,AP)	F1(P,AG)	F1(P)	F2(P)
1	161.6	171.5	124.7	142.6	600.4	169.7
2	164.3	174.4	126.8	145.0	610.6	232.0
3	170.5	181.0	131.5	150.5	633.5	158.8
4	160.4	170.2	123.7	141.5	595.9	251.7
6	159.1	168.9	122.8	140.5	591.3	421.9
7	148.8	158.0	114.8	131.4	553.0	295.3
8	159.6	169.5	123.2	140.9	593.2	203.2
9	153.1	162.5	118.1	135.1	568.8	330.5
10	164.4	174.5	126.8	145.1	610.9	227.0
11	155.1	164.7	119.7	136.9	576.4	272.8
12	162.2	172.3	125.2	143.2	602.9	603.0
13	163.0	173.1	125.8	143.9	605.8	315.5
14	162.2	172.2	125.1	143.1	602.6	144.6
15	168.6	179.0	130.1	148.8	626.5	258.5
16	171.4	182.0	132.3	151.3	637.0	172.8
17	163.5	173.6	126.1	144.3	607.5	167.2
18	173.3	184.0	133.7	153.0	644.0	129.6
19	161.7	171.7	124.8	142.8	601.0	601.0
20	170.3	180.8	131.4	150.3	632.8	121.0
21	169.4	179.9	130.7	149.5	629.5	244.8
22	164.3	174.5	126.8	145.0	610.6	186.1
23	150.0	159.2	115.7	132.4	557.4	165.6
25	166.7	177.0	128.6	147.1	619.4	288.4
26	164.0	174.1	126.5	144.7	609.3	251.9
27	165.1	175.3	127.4	145.7	613.5	192.6
28	165.3	175.5	127.5	145.9	614.3	162.5
29	151.7	161.1	117.1	133.9	563.7	111.0
31	160.4	170.3	123.8	141.6	596.1	172.5
32	155.3	164.8	119.8	137.1	577.0	230.2
33	147.8	156.9	114.0	130.4	549.1	227.0
34	169.5	180.0	130.8	149.6	629.9	206.4
35	163.3	173.4	126.0	144.1	606.8	297.1
36	161.4	171.4	124.5	142.5	599.8	129.5
37	158.0	167.8	121.9	139.5	587.2	251.0
38	163.1	173.2	125.9	144.0	606.3	114.7
39	160.6	170.5	123.9	141.8	596.9	202.5
40	170.9	181.5	131.9	150.9	635.2	251.4
41	168.8	179.2	130.2	149.0	627.1	280.3
42	167.9	178.2	129.5	148.2	623.8	284.9
43	164.1	174.3	126.6	144.9	609.9	256.9
44	159.4	169.3	123.0	140.7	592.4	161.8
45	144.0	152.9	111.1	127.1	535.2	161.0

Tabla 5.9

EST.	Pc(P,SAL)		Pc(P,AP)		DIF(1)	DIF(2)	DIF(3)	DIF(4)
	(1)	Pc(P,SAC) (2)	(3)	Pc(P,AG) (4)				
1	0.71	0.72	0.65	0.78	-1	1	-7	6
2	0.63	0.54	0.68	0.65	1	-8	6	3
3	0.74	0.72	0.79	0.77	-1	-3	4	2
4	0.58	0.54	0.58	0.62	0	-4	1	5
6	0.30	0.31	0.15	0.37	1	2	-14	8
7	0.44	0.48	0.50	0.45	-2	1	3	-2
8	0.66	0.63	0.71	0.64	0	-3	5	-1
9	0.48	0.44	0.33	0.41	6	2	-9	-1
10	0.63	0.64	0.53	0.71	0	1	-10	8
11	0.55	0.58	0.51	0.45	2	6	-2	-7
12	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
13	0.47	0.29	0.62	0.59	-1	-19	15	11
14	0.78	0.70	0.85	0.73	2	-6	9	-3
15	0.60	0.52	0.61	0.64	1	-7	2	5
16	0.74	0.64	0.81	0.75	1	-9	8	3
17	0.76	0.75	0.61	0.76	3	3	-12	3
18	0.81	0.72	0.87	0.83	1	-8	7	3
19	0.00	0.00	0.00	0.00	0	0	0	0
20	0.81	0.79	0.76	0.87	0	-2	-4	6
21	0.63	0.56	0.61	0.65	2	-5	0	4
22	0.72	0.61	0.74	0.73	2	-9	4	4
23	0.72	0.75	0.64	0.68	2	4	-6	-2
25	0.56	0.61	0.28	0.63	3	8	-26	10
26	0.56	0.47	0.66	0.70	-3	-12	8	11
27	0.70	0.76	0.52	0.72	2	8	-16	3
28	0.79	0.83	0.59	0.68	5	10	-14	-5
29	0.82	0.80	0.80	0.79	2	-1	0	-1
31	0.68	0.76	0.62	0.76	-3	5	-9	5
32	0.61	0.71	0.57	0.49	1	11	-3	-11
33	0.64	0.67	0.56	0.45	6	8	-2	-14
34	0.64	0.65	0.63	0.77	-3	-2	-4	10
35	0.55	0.60	0.37	0.48	3	9	-14	-3
36	0.81	0.77	0.78	0.77	3	-2	0	-1
37	0.56	0.57	0.58	0.57	-1	0	1	0
38	0.80	0.91	0.66	0.85	-1	10	-15	3
39	0.64	0.70	0.58	0.71	-2	4	-8	5
40	0.59	0.60	0.64	0.59	-1	0	4	-1
41	0.59	0.63	0.48	0.49	4	8	-8	-7
42	0.55	0.53	0.43	0.65	1	-1	-11	10
43	0.60	0.57	0.55	0.60	2	-1	-3	2
44	0.70	0.72	0.73	0.76	-3	-1	0	4
45	0.71	0.67	0.70	0.71	2	-3	0	1

Tabla 5.10

$$DIF(i) = [(i) - Pc(P)] \cdot 100 \quad \text{con } i=1,2,3,4$$

EST.	L	W1	W2	W3	t1	t2	t3
1	13.3	22.8	31.6	57.8	0.65	0.72	0.78
2	12.1	32.7	25.2	53.4	0.68	0.62	0.65
3	13.5	26.0	20.8	77.8	0.79	0.75	0.77
4	12.0	30.5	29.8	41.7	0.58	0.58	0.62
6	10.5	13.2	29.9	5.3	0.15	0.29	0.37
7	11.2	30.6	26.8	26.7	0.50	0.47	0.45
8	12.2	30.0	23.4	57.5	0.71	0.66	0.64
9	11.1	22.3	33.4	16.1	0.33	0.42	0.41
10	12.4	25.0	37.4	42.3	0.53	0.63	0.71
11	11.8	28.7	31.1	32.0	0.51	0.53	0.45
12	9.9	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
13	10.7	40.9	22.6	37.6	0.62	0.48	0.59
14	13.7	25.4	14.5	80.6	0.85	0.76	0.73
15	12.2	32.8	29.8	46.7	0.61	0.59	0.64
16	13.6	29.0	18.6	77.8	0.81	0.73	0.75
17	12.8	21.1	35.9	55.5	0.61	0.72	0.76
18	14.4	23.3	14.2	92.7	0.87	0.80	0.83
19	9.9	0.0	0.0	0.0	0.00	0.00	0.00
20	14.0	19.2	25.1	81.2	0.76	0.81	0.87
21	12.4	30.9	31.3	48.6	0.61	0.61	0.65
22	12.7	28.5	23.2	65.0	0.74	0.70	0.73
23	12.3	22.2	28.9	52.4	0.64	0.70	0.68
25	11.7	16.5	49.8	18.9	0.28	0.53	0.63
26	11.6	34.8	24.9	49.3	0.66	0.59	0.70
27	13.1	20.8	41.8	45.6	0.52	0.69	0.72
28	13.3	20.0	38.2	55.6	0.59	0.74	0.68
29	13.1	18.5	18.7	75.3	0.80	0.80	0.79
31	12.9	22.3	33.2	54.7	0.62	0.71	0.76
32	12.5	27.1	31.2	40.8	0.57	0.60	0.49
33	12.3	26.6	29.1	37.7	0.56	0.59	0.45
34	13.7	27.1	32.4	55.5	0.63	0.67	0.77
35	13.9	22.9	40.4	23.9	0.37	0.51	0.48
36	13.5	21.1	21.0	76.7	0.78	0.78	0.77
37	11.9	30.4	29.1	40.7	0.58	0.57	0.57
38	12.9	15.6	35.1	67.0	0.66	0.81	0.85
39	12.4	24.2	34.7	47.2	0.58	0.66	0.71
40	12.5	33.4	28.7	51.0	0.64	0.60	0.59
41	11.9	27.7	37.8	34.2	0.48	0.55	0.49
42	11.3	25.5	40.1	30.3	0.43	0.54	0.65
43	12.5	29.3	33.0	40.2	0.55	0.58	0.60
44	13.4	24.5	24.1	65.3	0.73	0.73	0.76
45	12.0	23.5	23.1	54.6	0.70	0.70	0.71

Tabla 5.11

EST.	F3(P,AGF1)	F4(P,AGFE)		F3(GF2,SAL)		F4(GFE,SAC)	
		F3(P,AGF2)		F3(GF1,SAL)		F4(GFE,SAL)	
1	1.3	1.0	0.9	10.4	7.8	10.6	1.5
2	1.4	1.0	0.9	11.4	8.5	11.3	2.4
3	0.9	0.7	0.6	12.7	9.7	12.3	1.0
4	1.7	1.2	1.1	10.7	7.9	11.0	1.9
6	2.4	1.7	1.6	7.0	4.9	7.5	1.4
7	1.6	1.2	1.1	8.9	6.4	9.2	1.2
8	1.1	0.8	0.8	11.3	8.4	11.3	1.3
9	2.2	1.6	1.5	8.1	5.8	8.3	2.2
10	2.0	1.5	1.3	11.9	8.8	11.5	2.1
11	1.8	1.3	1.2	10.0	7.2	10.2	1.7
12	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
13	1.5	1.1	1.0	10.5	7.6	10.9	2.0
14	0.5	0.4	0.4	9.4	7.1	9.4	2.0
15	1.8	1.3	1.2	11.8	8.7	12.2	2.4
16	0.8	0.6	0.6	11.8	9.0	11.5	2.4
17	1.5	1.1	1.0	10.0	7.5	9.9	2.5
18	0.5	0.4	0.3	10.5	8.2	10.3	2.0
19	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
20	0.8	0.7	0.6	10.0	7.8	9.6	1.9
21	1.8	1.3	1.2	11.9	8.8	12.1	2.7
22	1.1	0.8	0.7	10.3	7.7	10.5	2.6
23	1.1	0.8	0.8	8.8	6.5	9.0	1.3
25	3.2	2.3	2.1	11.6	8.5	11.6	2.5
26	1.4	1.1	1.0	11.9	8.8	12.1	1.6
27	2.0	1.5	1.3	11.3	8.5	11.4	1.9
28	1.6	1.2	1.1	10.1	7.6	10.1	2.5
29	0.5	0.4	0.4	7.2	5.5	7.1	1.4
31	1.4	1.1	0.9	11.5	8.6	11.4	0.6
32	1.6	1.2	1.1	10.9	8.0	10.9	1.1
33	1.4	1.1	1.0	8.4	6.1	8.7	2.0
34	1.7	1.2	1.1	12.4	9.3	12.8	1.6
35	2.6	1.9	1.7	9.2	6.7	10.6	2.6
36	0.7	0.5	0.5	8.6	6.5	8.4	2.2
37	1.6	1.2	1.1	10.9	8.0	11.1	1.4
38	1.1	0.8	0.7	10.8	8.4	10.2	0.1
39	1.7	1.2	1.1	11.7	8.7	11.7	1.0
40	1.7	1.3	1.1	13.6	10.1	13.7	1.5
41	2.4	1.8	1.6	12.8	9.4	12.5	2.2
42	2.5	1.9	1.7	12.5	9.1	12.1	2.3
43	1.9	1.4	1.3	11.0	8.1	11.3	2.4
44	1.0	0.7	0.6	10.6	8.0	10.7	0.9
45	0.9	0.6	0.6	7.8	5.8	7.5	1.8

Tabla 5.12

CAPITULO 6

APLICACION DEL PRINCIPIO DE MAXIMA VEROSIMILITUD EN LA ESTIMACION DE LAS PROBABILIDADES CONDICIONALES DE OMISION.

6.1 EL POR QUE DEL METODO QUE SE PROPONE

La existencia de situaciones condicionantes de la predisposición del observador a efectuar la medición que dependen de la secuencia de valores de precipitación precedente al día considerado (tal como el caso tratado en el capítulo anterior) dificulta grandemente la estimación de la probabilidad condicional de omisión, ya que la secuencia real de valores precedentes, tal como se observaría en la serie 2, puede estar alterada en la serie 4 (serie observada).

En el presente capítulo proponemos un método para estimar las probabilidades condicionales de omisión, aplicable a estos casos en que la condicionalidad está ligada a los valores precedentes al día en estudio.

El método está basado sobre el principio de máxima verosimilitud.

A fin de facilitar la comprensión del mismo (y de no introducir una nueva clasificación grupal en esta tesis), presentamos el método aplicado a los condicionantes analizados precedentemente. Sin embargo, el mismo es aplicable a otra combinación cualquiera de situaciones condicionantes.

6.2 AGRUPAMIENTOS Y ESQUEMA DE OMISION CONSIDERADOS.

A fin de simplificar los desarrollos de este capítulo consideraremos aquí que sólo se omiten valores pequeños. La inclusión de la omisión de totales grandes puede hacerse simplemente considerando para los mismos probabilidades condicionales de omisión distintas de cero.

Consideramos entonces el mismo esquema de omisión, arrastre y acumulación de valores pequeños, tal como en el capítulo anterior. Efectuamos también los mismos agrupamientos de totales pequeños según el día de la semana y los valores precedentes de precipitación diaria.

Los grupos SAL, SAC, AP y AG son tales que un día cualquiera considerado tiene asociado uno y sólo uno de ellos. Lo mismo ocurre con S y NS. Por lo tanto, las combinaciones de cada grupo de la primera clase con cada uno de la segunda, dan origen a ocho intersecciones disjuntas entre sí, las cuales contemplan todas las situaciones posibles que condicionan la predisposición del observador a omitir un total pequeño:

1. (S) y (SAL)
2. (NS) y (SAL)
3. (S) y (SAC)
4. (NS) y (SAC)
5. (S) y (AP)
6. (NS) y (AP)
7. (S) y (AG)
8. (NS) y (AG)

Para simplificar la notación y de acuerdo con la enumeración efectuada, a la frecuencia grupal $F_4(P,S,SAL)$ (frecuencia de casos de valores pequeños en "día de precipitación" sábado y con secuencia anterior de ceros larga) la notamos $F_4(1)$; y así sucesivamente con los restantes siete grupos.

A una combinación particular de frecuencias grupales $F(i)$, $i=1,\dots,8$ la llamamos una "configuración" y la notamos $\{F\}$. Si nos referimos a frecuencias en la serie 1 la notamos $\{F_1\}$, y del mismo modo tendremos configuraciones $\{F_2\}$, $\{F_3\}$ y $\{F_4\}$ en la serie bajo estudio.

6.3 ESTIMACION DE LAS PROBABILIDADES CONDICIONALES DE OMISION

Como hemos visto en los capítulos anteriores, la probabilidad de omitir un total pequeño del grupo i puede ser estimada de la siguiente forma:

$$P_c(i) = [F_1(i) - F_2(i)] \% F_1(i)$$

La configuración $\{F_1\}$ de frecuencias $F_1(i)$ es desconocida. La estimamos mediante la configuración $\{F_b\}$ observada en la estación de referencia, supuesta libre de errores. Por otra parte, las discrepancias entre las frecuencias observadas $F_4(i)$ y sus respectivas $F_2(i)$ de los distintos grupos están interrelacionadas, como lo muestran las ecuaciones 1 a 4 del capítulo V. Debido a este hecho, es conveniente estimar las frecuencias $F_2(i)$ de todos los grupos en forma simultánea, buscando un estimador de la configuración completa $\{F_2\}$ en vez de estimadores de cada una de las frecuencias grupales.

La configuración que se observa $\{F_4^*\}$ es el resultado de haber omitido totales pequeños en determinados días, y por lo tanto de haber medido correctamente en los restantes días de lluvias pequeñas, con frecuencias $F_2(i)$ particulares. A estas frecuencias grupales "verdaderas" que buscamos las denominamos $F_2^*(i)$, y a la configuración respectiva $\{F_2^*\}$. Como en los capítulos anteriores, llamamos TOTNO a la cantidad de totales pequeños no omitidos:

$$TOTNO = \sum_{i=1}^8 F_2^*(i) \quad (1)$$

Esta cantidad de lluvias pequeñas no omitidas puede ser

estimada por la diferencia entre las frecuencias de zeros en las series 4 y 1. La configuración {F2*} también pudo haberse formado mediante la no omisión, en cada grupo, de otra combinación de F2*(i) totales pequeños de cada grupo, tomados de los totales respectivos F1(i); es decir, de haber tomado otra combinación de días en los cuales se omitió la medición.

Además, existen muchas otras combinaciones de días en que llovieron totales pequeños, tales que de no haber sido omitidos y de haber sido omitidos los restantes, habrían dado como resultado observable la misma configuración {F4i}. Tales combinaciones en la serie 2 pueden ser de una cantidad de totales pequeños igual, mayor o menor que TOTNO. Asimismo, una combinación de TOTNO días con totales pequeños no omitidos (en la serie 2) puede dar como resultado observable una configuración de frecuencias distinta a {F4*}.

Inspirados en el principio de máxima verosimilitud, nos proponemos tomar como estimador de la configuración {F2*}, a aquella configuración {F2*}, tal que origina, a través de las omisiones, arrastres y acumulaciones, la máxima probabilidad de obtener la configuración {F4*} observada (ver, por ejemplo, Kendall y Stuart, 1961).

6.3.1 Cálculo de la probabilidad a maximizar.

Puesto que se ha supuesto que la serie de referencia b (en este caso la serie de Paraná Aero) no tiene errores, se toma a ésta como la serie 1 para realizar las omisiones, arrastres y acumulaciones, a fin de obtener frecuencias observadas como en la serie en estudio k. Esto equivale a "cambiar" el observador de la estación b por el de la estación k.

El denominador de la probabilidad a maximizar, cuando se trata configuración particular {F2}, está dado por la cantidad de formas posibles en que podrían haberse observado correctamente (no omitido) F2(i) totales pequeños en cada grupo i y haberse omitido los restantes. Este número, notado NP, es igual al producto de las cantidades parciales COMB(i), cada una de las cuales es el número combinatorio de F1(i) días tomados de a F2(i), es decir, la cantidad de combinaciones posibles que pueden formarse tomando F2(i) elementos de un total F1(i). Es decir:

$$\text{COMB}(i) = \frac{F1(i)!}{F2(i)! \cdot [F1(i) - F2(i)]!} ; \quad \text{NP} = \prod_{i=1}^8 \text{COMB}(i) \quad (2)$$

El numerador de la probabilidad es la cantidad NF de casos favorables, o éxitos, de entre los posibles, es decir el número de veces en que, al elegir para medir correctamente la configuración {F2}, el resultado de omitir, arrastrar y acumular los valores pequeños restantes, es la configuración {F4*}.

Estimamos entonces la probabilidad a maximizar mediante el cociente PM, calculado para cada configuración {F2} de la siguiente forma:

$$FM = NF \% NF$$

(3)

Los casos favorables fueron obtenidos mediante la inspección de cada caso posible. Para determinar si cada caso es favorable o no, se recorrió la serie b, dejando inalterados los valores de los días señalados en la combinación elegida, realizando las omisiones, arrastres y acumulaciones de los totales pequeños restantes, y verificando si la configuración final observada coincide con {F4*}. A estos efectos se construyó un programa en lenguaje Fortran que realiza las operaciones correspondientes al cual hemos denominado ESTIMA2.

Un problema práctico que se presenta al ejecutar el programa, es que al tomar un periodo de tiempo tal que garantice frecuencias de ocurrencias de totales pequeños pertenecientes a los distintos grupos, similares en las estaciones b y k, la cantidad de combinaciones en juego es tan grande que dificulta ejecutar los cálculos con las computadoras disponibles en la actualidad, dada su velocidad de cálculo. Como ejemplo, se dan a continuación valores máximos correspondientes a la serie de tres años (periodo 1968-1970) de la estación Paraná Aero tomada como referencia:

Grupo	F1	F2	Número máximo de combinaciones posibles
1	6	3	20
2	30	15	155117520
3	5	3	10
4	31	16	300540190
5	3	2	3
6	18	9	48620
7	4	2	6
8	26	13	10400600

Por lo tanto, la cantidad de casos posibles de totales pequeños no omitidos, dada esta configuración {F2} que contiene en cada grupo un número de valores pequeños tal que la cantidad de combinaciones es máxima, es de acuerdo con (2): $NP=8.49 \times 10^{30}$

Para cada uno de las NP combinaciones de una configuración {F2}, se debe construir el conjunto de índices correspondientes a los días en que los valores pequeños de cada grupo no serán omitidos, luego alterar la serie 1 siguiendo el esquema de omisión, arrastre y acumulación, contar las frecuencias resultantes y verificar si coinciden con las frecuencias F4(i) (caso favorable). A la parte de la ejecución del programa que analiza las NP combinaciones de una configuración {F2} y determina cuántas de ellas son casos favorables, se lo ha denominado "ciclo interior". En cada ciclo interior se calcula la

probabilidad de observar la configuración $\{F4^*\}$, en el caso en que la configuración de totales pequeños no omitidos fuera $\{F2\}$.

Para obtener la configuración $\{F2\}$ que origina la máxima probabilidad, cada ciclo interior deberá realizarse tantas veces como puedan elegirse configuraciones $\{F2\}$ con las restricciones siguientes:

$$0 < F2(i) < F1(i) \quad i=1, \dots, 8 \quad (4)$$

$$\sum F2(i) = \text{TOTNO} \quad (5)$$

Debido al error τ que afecta la estimación de TOTNO (la cual hemos afectuado en el capítulo 2), esta última relación se reemplaza, a los efectos prácticos del cálculo, por la siguiente:

$$\text{TOTNO} - \tau \leq \sum F(i) \leq \text{TOTNO} + \tau$$

A fin de preservar la claridad conceptual, en las expresiones donde aparece la cantidad TOTNO, de aquí en adelante no consignaremos el error τ . Sin embargo, este error debe tenerse en cuenta en los cálculos que se realizan.

Se ha denominado "ciclo exterior" a la ejecución del ciclo interior para todas estas configuraciones. La ejecución del programa computacional desarrollado que realiza los pasos descritos, insume más de 20 horas de utilización de la unidad procesadora central (C.P.U.time) de un equipo DIGITAL-Vax 11/780, en el caso presentado como ejemplo.

A fin de reducir el tiempo de procesamiento, se estudiaron formas de reducir la cantidad de pasos tanto en el ciclo interior como en el exterior.

6.3.1.1 Reducción del ciclo exterior mediante la determinación de cotas más estrechas.

Cada frecuencia de partida $F2(i)$ varía entre una cota inferior $RI(i)$ mayor o igual que cero, y una cota superior $RS(i)$ menor o igual que $F1(i)$, según las restricciones dadas por (4).

En general, existirán cotas más estrechas, determinadas a partir del análisis de los términos que conducen a las frecuencias observadas $F4(i)$ a partir de las frecuencias $F2(i)$ debido a las omisiones. Las ecuaciones correspondientes son, para los grupos en día sábado (S):

$$F4(1) = F2(1) + M(1) + M(2) - GF(1) \quad (6)$$

$$F4(3) = F2(3) - M(1) + M(3) - GF(2) \quad (7)$$

$$F4(5) = F2(5) - M(4) - GF(3) \quad (8)$$

$$F4(7) = F2(7) + M(4) \quad (9)$$

Los grupos NS (numerados 2, 4, 6 y 8) poseen relaciones idénticas a los grupos S respectivos. Las ecuaciones (6) a (9) son equivalentes a las del capítulo 5 numeradas (1) a (4); en estas últimas, sin embargo, los términos están en función de frecuencias observadas en la serie 4, mientras que aquí los

términos $M(i)$ y $GF(i)$ representan frecuencias (desconocidas) originadas en el proceso de alteración que conduce de la serie 2 a la 4.

A fin de expresar con mayor claridad el significado de estos términos, definimos como "secuencia anterior larga falsa" (notado SALF) a aquella secuencia de valores diarios que precede a un valor pequeño, tal que debido a las omisiones cometidas, una o más, se observa en la serie alterada 4 como una secuencia anterior larga.

Asimismo definimos el arrastre (notado ARRASTRE) como la suma de los totales omitidos, la cual se acumula al siguiente valor correctamente observado (el cual es un valor pequeño en los casos contados en $M(1), \dots, M(4)$ y $GF(1), \dots, GF(3)$).

Con estas notaciones, podemos expresar el término $M(1)$ como la cantidad de totales pequeños efectivamente observados en la estación k , precedidos de una secuencia corta de días sin precipitación, la cual, por causa de omisiones anteriores se "ve" en la serie 4 como una secuencia anterior larga, y con la condición suplementaria de que el arrastre producido, sumado al valor observado, dieron como resultado un total observado pequeño:

$$M(1) = \text{Frec} (P, SAC, SALF, P + ARRASTRE < 5\text{mm.})$$

Del mismo modo definimos los restantes términos:

$$M(2) = \text{Frec} (P, AP, SALF, P + ARRASTRE < 5\text{mm.})$$

$$M(3) = \text{Frec} (P, AP, SACF, P + ARRASTRE < 5\text{mm.})$$

$$M(4) = \text{Frec} (P, AP, AP + ARRASTRE \geq 5\text{mm.})$$

$$GF(1) = \text{Frec} (P, SAL, P + ARRASTRE \geq 5\text{mm.})$$

$$GF(2) = \text{Frec} (P, SAC, P + ARRASTRE \geq 5\text{mm.})$$

$$GF(3) = \text{Frec} (P, AP, P + ARRASTRE \geq 5\text{mm.})$$

Todos estos términos son positivos o nulos, por tratarse de frecuencias.

Los términos $GF(i)$, $i=1, \dots, 3$, contienen a los totales pequeños pertenecientes a días en que se realizó la medición, pero que fueron anotados como valores grandes; es decir, se trata de valores "grandes falsos". Por lo tanto, la suma de estas cantidades debe ser la diferencia entre el total de pequeños no omitidos (TOTNO) y la cantidad de valores pequeños que se cuentan en la serie 4:

$$\sum_{i=1}^3 GF(i) = \text{TOTNO} - \sum_{i=1}^3 F4(i) \quad (9)$$

Si reemplazamos los términos $M(1), \dots, M(4), GF(1), \dots, GF(3)$, todos desconocidos, por los valores máximos y mínimos posibles que ellos podrían alcanzar, podemos hallar cotas inferiores $RI(i)$ y superiores $RS(i)$, $i=1, \dots, 4$ más estrechas que las ya mencionadas.

Los valores máximos posibles (o potenciales) resultarán de omitir en la serie 1 todos los totales pequeños precedentes al

valor en estudio, y que pueden modificar su situación en la serie, de modo que se "ve" como perteneciente a otro grupo al recorrer la serie alterada. A fin de expresar estos términos, y en analogía con las notaciones dadas anteriormente, definimos la "secuencia anterior larga potencial" (SALP), "secuencia anterior potencial de 5 días" (SA5P) y el "arrastré potencial" (ARRASTREP).

Los términos potenciales $Mp(1)$, ..., $Mp(4)$ y $GFp(1)$, ..., $GFp(3)$ quedan expresados:

$$Mp(1) = \text{Frec} (P, SAC, SA5P, P + \text{ARRASTREP} < 5\text{mm.})$$

$$Mp(2) = \text{Frec} (P, AP, SA5P, P + \text{ARRASTREP} < 5\text{mm.})$$

$$Mp(3) = \text{Frec} (P, AP, SACP, P + \text{ARRASTREP} < 5\text{mm.})$$

$$Mp(4) = \text{Frec} (P, AP, AP + \text{ARRASTREP} \geq 5\text{mm.})$$

$$GFp(1) = \text{Frec} (P, SAL, P + \text{ARRASTREP} \geq 5\text{mm.})$$

$$GFp(2) = \text{Frec} (P, SAC, P + \text{ARRASTREP} \geq 5\text{mm.})$$

$$GFp(3) = \text{Frec} (P, AP, P + \text{ARRASTREP} \geq 5\text{mm.})$$

El valor mínimo posible tomado para cada una de estas frecuencias es cero.

Las frecuencias buscadas $F2(i)$ quedan acotadas como sigue:

$$RI(1) = F4(1) - Mp(1) - Mp(2) < F2(1) < F4(1) + GFp(1) = RS(1) \quad (10)$$

$$RI(3) = F4(3) - Mp(3) < F2(3) < F4(3) + M(1) + GFp(2) = RS(2) \quad (11)$$

$$RI(5) = F4(5) < F2(5) < F4(5) + M(4) + GFp(3) = RS(3) \quad (12)$$

$$RI(7) = F4(7) - Mp(4) < F2(7) < F4(7) = RS(4) \quad (13)$$

con las condiciones adicionales a la expresada por (9):

$$GF(j) \leq \text{TOTNO} - \sum_{i=1}^8 F4(i) \quad j=1, \dots, 3 \quad (14)$$

Además, la condición (5) implica que el valor mínimo posible de la cota inferior $Ri(i)$ de un grupo i cualquiera se da en el caso en que las frecuencias $F2(i)$ en los demás grupos toman a la vez los valores máximos posibles $Rs(i)$. De este modo establecemos una condición de maximización aplicable a cada una de las cotas inferiores:

$$Ri(i) \leq \text{TOTNO} - \sum_{j \neq i} Rs(j) \quad (15)$$

Mediante un razonamiento análogo determinamos una condición de minimización para cada una de las cotas superiores:

$$Rs(i) \geq \text{TOTNO} - \sum_{j \neq i} Ri(j) \quad (16)$$

Con las cotas así calculadas se logra reducir considerablemente la cantidad de pasos del ciclo exterior, cada uno de los cuales está dado por una configuración posible $\{F2\}$. Como hemos visto en la primera sección del capítulo V, debemos tratar en forma separada los grupos S y NS para no introducir un mayor grado de aproximación en los resultados. Sin embargo, por

razones prácticas de tiempo de cálculo hemos hecho esta unificación, pasando de 8 a 4 grupos. A los fines de estudiar, por una parte la eficacia del método en general y, por otra parte de la reducción de pasos propuesta y la que se propone en la sección siguiente, es indistinto trabajar con ocho o cuatro grupos. Como ejemplo se dan a continuación las cotas halladas para el período 1968-1970, tomando a PARANA AERO (estación 19) como estación b y a FEDERAL (estación 25) como estación k:

GRUPO	COTAS INFERIORES Ri							
	1	2	3	4	1	2	3	4
VIEJA COTA	0	0	0	0	36	36	21	30
NUEVA COTA	5	5	6	7	15	15	13	12

6.3.1.2 Reducción del número de pasos del ciclo interior.

La única forma hallada consiste en tomar para cada configuración {F2} (es decir, para cada ciclo exterior), una muestra estadística al azar (sin reposición), de la población NP de todas las combinaciones posibles de días con totales pequeños no omitidos.

Si la muestra es de tamaño m y la cantidad de casos favorables contenidos en ella los notamos con f, entonces podemos estimar la expresión de PM dada por (3) mediante PME:

$$PME = f/m \quad (17)$$

Consideramos aceptable a esta estimación si proporciona un nivel de confianza del 95%, es decir, si cumple con la condición

$$P(|PM - PME| < \epsilon) \geq 0,95 \quad (18)$$

donde ϵ es un número pequeño arbitrario, el cual en todos los casos se eligió al menos dos órdenes de magnitud menor que PME.

Los valores que se obtienen de PME son variables, menores cuanto mayor es la cantidad de combinaciones posibles NP consideradas. Esta cantidad depende a su vez del período elegido para el análisis en las series de datos y de la estrechez de las cotas RI(i) y RS(i) en cada grupo i. Se plantea entonces el problema del dimensionamiento de m en cada caso.

Ahora bien, la naturaleza del problema nos permite asumir que tanto la cantidad de éxitos en la población NP como en la muestra m tienen distribuciones binomiales $Bi(NP, PM)$ y $Bi(m, PME)$ respectivamente, y que por lo tanto pueden aproximarse mediante distribuciones normales. Teniendo en cuenta lo antedicho y la relación entre ϵ y PME, a partir de la expresión (18) se obtuvieron tamaños muestrales m que oscilaron entre 15.000 y 150.000. A modo de ejemplo se dan los siguientes valores hallados:

$$PME_{\text{maxima}} = 0,03012 \quad \epsilon = 0,0001 \quad m = 111.790$$

Además, a fin de asegurar el uso correcto de la expresión

(18), se aplicó para la determinación de m el criterio siguiente, generalmente usado en la determinación de tamaños muestrales:

$$m \leq 0,05 NP \quad (19)$$

En esta muestra, cada uno de los grupos deben estar representados por submuestras $mg(i)$, $i=1,\dots,4$ que sean proporcionales a las cantidades respectivas $COMB(i)$ y que además cumplan la relación siguiente en analogía con (2):

$$m = \pi mg(i) \quad (20)$$

Esto determina que cada submuestra se calcule mediante

$$mg(i) = (m/NP)^{1/4} COMB(i) \quad (21)$$

Para la determinación del contenido de cada submuestra $mg(i)$, es decir, de los índices asociados a las configuraciones que van a ser analizadas por el programa, tomadas de cada subtotal $COMB(i)$, se utilizó la subrutina GGSRS del conjunto de programas estadísticos denominado IMSL.

6.4 EFICIENCIA DEL METODO PROPUESTO Y RESULTADOS.

Al aplicar el método a la serie de la estación R se obtiene una configuración $\{F2\}$ que es imposible de contrastar con $\{F2^*\}$ pues esta última es desconocida.

A fin de estudiar la eficiencia de este método de estimación, el mismo se probó utilizando series obtenidas por alteración de la serie b (supuesta libre de errores y considerada como serie 1), mediante omisiones al azar con probabilidades de omisión $Pc(i)$ dadas arbitrariamente para cada grupo i . Mediante la utilización del modelo ALTERA se obtuvieron las series 2, 3 y 4. Se aplicó luego, a partir de la serie 4, el método de estimación propuesto mediante la ejecución del modelo ESTIME2.

Se muestran a continuación los resultados obtenidos tomando a PARANA AERO como estación b.

Ejemplo Nº 1.

Período considerado: 1-5-1968 al 31-10-1968 (seis meses).

En este caso se consideraron 5 frecuencias grupales, subdividiendo el grupo AG en dos: AI (valor precedente entre 5 y 10 mm) y AG (valor precedente mayor o igual que 10 mm). Aplicación del modelo ALTERA y cálculo de cotas de $\{F2\}$.

GRUPO	1	2	3	4	5
Pc	0,68	0,57	0,72	0,41	0,6
F1	7	9	5	2	3
F2*	5	5	1	1	1
F4*	5	4	1	1	1

Cotas máximas aplicando la condición (4)

Ri	0	0	0	0	0
Rs	7	9	5	2	3

Cantidad de pasos del ciclo exterior: 5760

Cotas aplicando las ecuaciones (10) a (13)

Ri	1	1	1	1	1
Rs	7	9	5	2	3

Cantidad de pasos del ciclo exterior: 126

Cotas aplicando las ecuaciones (15) a (16)

Ri	1	2	1	1	1
Rs	6	7	3	1	1

Cantidad de pasos del ciclo exterior: 108

TOTNO = 13	$\Sigma GF(i) = 1$		
F1(C) = 140	F1(P) = 26	F1(G) = 18	
F4(C) = 153	F4(P) = 12	F4(G) = 19	

La condición (5) lleva a su vez a tomar sólo 15 de las 108 configuraciones {F2} posibles. En este caso en que la configuración {F2*} es conocida, lo que se busca es ver cómo el modelo ESTIMA2 la estima. Por lo tanto, las probabilidades de no omisión a ser estimadas no son las dadas al modelo ALTERA, sino las construidas a partir de las frecuencias F2*(i), que denominamos Pa(i):

$$Pa(i) = F2^*(i) \% F1(i) \quad (22)$$

Aplicación del modelo ESTIMA2

GRUPO	1	2	3	4	5
F2*	5	5	1	1	1
Pa	0,71	0,56	0,2	0,5	0,33
F2'	4	6	1	1	1
Pa	0,57	0,67	0,2	0,5	0,33

Las diferencias que se observan entre las probabilidades Pa estimadas y las dadas se deben al hecho de que las frecuencias F1(i) (que son los denominadores de cada una de las probabilidades estimadas) son pequeñas, debido a que el período elegido no es suficientemente extenso. Nótese sin embargo, que la configuración hallada {F2} es casi igual a la verdadera {F2*}.

La probabilidad PM maximizada asociada a {F2'} (estimador máximo-verosímil de la configuración {F2*}), calculada mediante la expresión (3) fue 0,029, mientras que la correspondiente a

{F2*} resultó ser 0,026 y constituyó el segundo máximo valor hallado.

El tiempo de procesamiento fue en este caso de 1h. 49min, En esta ejecución no se aplicó la reducción propuesta para el ciclo interior, sino que se analizaron todas las NP combinaciones posibles para cada configuración {F2}.

Ejemplo Nº 2.

Periodo considerado: 1-1-1968 al 30-6-1968.

Se consideraron los mismos cinco gupos que en el ejemplo anterior.

Aplicación del modelo ALTERA y cálculo de cotas de {F2}.

GRUPO	1	2	3	4	5
Pc	0,6	0,62	0,42	0,64	0,69
F1	10	5	6	3	2
F2*	7	2	3	1	1
F4*	7	2	2	1	1

Cotas aplicando las ecuaciones (10) a (13) y luego (15) y (16)

Ri	4	1	2	1	1
Rs	8	5	3	1	1

TOTNO=14

$\Sigma GF(G)=1$

F1(C)=139

F1(P)=26

F1(G)=17

F4(C)=151

F4(P)=13

F4(G)=18

Aplicación del modelo ESTIMA2

GRUPO	1	2	3	4	5
F2*	7	2	3	1	1
Pa	0,7	0,4	0,5	0,33	0,5
F2'	7	3	2	1	1
Pa	0,7	0,6	0,33	0,33	0,5

Ejemplo Nº 3.

Con los mismos datos que en ejemplo 1, se ejecutó el programa ESTIMA2, esta vez tomando muestras al azar en el ciclo interior. Dado que las frecuencias grupales son pequeñas, el tomar una muestra m de las NP combinaciones posibles de cada configuración {F2} puede introducir un sesgo importante en la estimación. Debido a esto se decidió realizar 100 ejecuciones con idénticas condiciones de partida.

Se calculó la configuración media {F2}, la desviación típica $\sigma(i)$ de cada valor F2(i) y la respectiva $\sigma_p(i)$ de cada frecuencia grupal media F2'(i). Los resultados se muestran a continuación:

GRUPO	1	2	3	4	5
F2*	5	5	1	1	1
Pa	0,71	0,56	0,2	0,5	0,33
F2'	5,25	4,75	1	1	1
Pa	0,75	0,53	0,2	0,5	0,33
σ	0,85	0,85	0	0	0
σ_p	0,09	0,09	0	0	0

En 33 de las 100 ejecuciones la configuración {F2'} hallada coincidió con {F2*}.

Las tres probabilidades PM maximizadas más altas correspondieron a configuraciones {F2*}. Sus valores fueron 0,0212, 0,0212 y 0,0211.

Ejemplo Nº 4.

Período considerado: 1-5-1968 al 31-10-1968 (seis meses)

Se consideraron las cuatro frecuencias grupales SAL, SAC, AP Y AG.

GRUPO	1	2	3	4
Pc	0,8	0,7	0,55	0,65
F1	7	9	5	5
F2*	1	4	3	1
F4*	3	3	1	1
TOTNO=9		$\Sigma GF(i)=1$		
F1(C)=140		F1(P)=26		F1(G)=18
F4(C)=157		F4(P)=8		F1(G)=19

Se ejecutó el programa ESTIMA2 cien veces con idénticas condiciones de partida, tomando muestras al azar en el ciclo interior. En 60 ejecuciones no halló configuraciones observadas {F4*}. Hay tres factores concurrentes que influyen para que ello suceda: 1) El haber tomado muestras al azar en el ciclo interior; 2) Las frecuencias F2(i) son muy pequeñas; y 3) La serie 1 tiene pocos términos. Estos tres factores impidieron disponer de alguna configuración de partida {F2} que generará, mediante las omisiones, la configuración observada {F4*}. De las 40 ejecuciones restantes, en 30 de ellas la configuración hallada {F2'} coincidió con {F2*}. Además, si consideramos las probabilidades PM maximizadas en cada una de las ejecuciones, las tres con más alto corresponden a configuraciones {F2'} idénticas a {F2*}.

Los valores medios fueron los siguientes:

GRUPO	1	2	3	4
F2*	1	4	3	1
Pa	0,14	0,44	0,6	0,2
F2'	1,25	3,75	3	1
Pa	0,18	0,42	0,6	0,2
σ	0,43	0,43	0	0
σ_p	0,07	0,7	0	0

Estos resultados muestran que el método propuesto y el programa desarrollado son eficaces para hallar la configuración de partida {F2*}. Por otra parte, es evidente que las probabilidades condicionales de omisión que se obtienen diferirán menos de las de partida a medida que la serie analizada sea más extensa, lo cual será posible mediante la optimización del programa y la utilización de equipos con mayor velocidad de cálculo.

CAPITULO 7

METODO PARA EL FILTRADO DE ERRORES DE OMISION EN LA DETERMINACION DE LA CORRELACION ESPACIAL DE LA PRECIPITACION DIARIA.

7.1 CONSIDERACIONES SOBRE LA INCIDENCIA DE LOS ERRORES SISTEMATICOS DE LAS SERIES DE DATOS EN LA ESTIMACION DE LA CORRELACION ESPACIAL.

Debido a las características de las series de precipitación diaria de estaciones secundarias, dichas series son inadecuadas para analizar las estructuras temporal y espacial de la precipitación.

En cuanto a esta última, es necesario notar el hecho de que los observadores de estaciones pertenecientes a una misma zona realizan las mediciones en forma independiente y por lo tanto cometen las omisiones con frecuencias y en ocasiones diferentes. Ahora bien, la naturaleza de los procesos físicos que causan la precipitación ocasiona días potencialmente lluviosos en todas las localidades "barridas" por los sistemas precipitantes de escala meso- β , y días sin precipitación sobre la misma área. Debido a esto, la diferente oportunidad en que los observadores de una zona omiten las mediciones resulta en una alteración de la simultaneidad de ocurrencia observable a partir de las series respectivas, y por lo tanto en una disminución artificial de la correlación espacial calculada a partir de un par de estaciones. Además, esta disminución es diferente según el par de estaciones considerado. Cuanto mayor sea la alteración temporal de una serie, mayor será el error por defecto cometido en el cálculo de la correlación espacial en el cual interviene dicha serie.

En consecuencia, para poder estimar el campo de correlación es necesario realizar previamente algún tratamiento a fin de eliminar o atenuar las disminuciones mencionadas.

Si los errores que afectan a las series (ya consistidas) fueran puramente aleatorios, podría aplicarse el método desarrollado por Gandin (1963) para estimar la varianza real de un campo geofísico.

El mismo está basado en la teoría de errores, la cual establece que los errores aleatorios tienen distribución normal de media cero y varianza s . Generan, por lo tanto, un "ruido gaussiano" o "ruido blanco" en una serie de datos. Está demostrado matemáticamente que si los errores contenidos en dos series de datos correspondientes a dos variables X e Y son solamente aleatorios, entonces la covarianza cruzada $Cov(X,Y)$ calculada a partir de esas series no está afectada por dichos errores, y por lo tanto es la covarianza real. Esto no sucede con la varianza, la cual contiene, además de la parte genuina, una componente que es la varianza de los errores.

Gandin utilizó esta propiedad de la covarianza para obtener la varianza real de una variable X en una localidad A , por extrapolación a distancia cero de la función de autocovarianza espacial, ajustada a partir de valores calculados con el auxilio de otras series correspondientes a localidades

ubicadas a diferentes distancias de A. Este método ha sido utilizado en nuestro país por Duarte y Bischoff (1984) para estimar la varianza real de la presión atmosférica en varias localidades.

De esta manera pueden conocerse las funciones de estructura y de covarianza del campo respectivo (Gandin, 1963). Además, puede hallarse el campo de correlación, cuyo conocimiento es requerido en numerosas investigaciones, algunas de las cuales hemos citado en el capítulo 1.

Pero este método no es aplicable en el caso que nos ocupa, ya que el error de omisión presente en las series de precipitación diaria no es aleatorio.

A fin de atenuar los efectos causados por los errores de omisión en el cálculo de la correlación espacial, se propone aquí una nueva serie construida a partir de la original.

7.2 LA TRANSFORMACION PROPUESTA.

Dada la serie {D} de totales diarios con términos $D(i)$, $i=1, \dots, N$ de longitud N (cantidad de días secos y húmedos), se construye la serie {W} de valores medios para un lapso de integración de g días, cuyo término general se expresa:

$$W(j) = \left[\sum_{k=1}^g D(i+k-1) \right] \% g \quad (1)$$

con $j = 1, \dots, N\%g$

Consideremos por el momento solo el caso de promedios bidirarios, es decir para $g=2$.

Para obtener relaciones entre algunas propiedades estadísticas de esta serie y las correspondientes de la serie original, procedemos a definir una nueva serie {Z} de promedios móviles de dos días, cuyo término general es el siguiente:

$$Z(i) = 0,5 [D(i) + D'(i)] \quad (2)$$

con $D'(i) = D(i-1)$. El siguiente ejemplo permite visualizar la transformación realizada:

{D}	0	2	0	0	5	2	0	0	0	2	9	0	...
{Z}		1	1	0	2,5	3,5	1	0	0	1	5,5	4,5	...

Es decir, la serie {Z} es el resultado de sumar término a término la serie {D} a sí misma retrasada en un día (serie {D'}), y luego tomar la semisuma.

Ahora bien, si la serie original {D} la extendemos artificialmente, agregando a continuación del término n-ésimo, la misma serie {D} a partir del segundo término, la serie resultante posee media y varianza iguales que las de la serie original. Si ahora extendemos la serie {W} sobre estos nuevos términos, la serie resultante {W'}, que también preserva la media y la

varianza, además posee los mismos términos que la serie {Z}, aunque en distinto orden.

Por lo tanto, las relaciones entre los estadísticos de {W'} y {D} son las mismas que entre los de {Z} y {D}. Por conveniencia para deducir algunas relaciones, comparamos a continuación series originales {D} con series de promedios móviles {Z}, dejando en claro que estas últimas no representan el proceso físico ocurrido, pero las series de valores medios {W} sí lo hacen.

7.3 PROPIEDADES DE LA NUEVA SERIE {Z}.

Para encontrar relaciones entre los estadísticos de la nueva serie con los respectivos de la serie original se utilizarán las siguientes propiedades matemáticas:

Propiedad de la media:

$$E(a U + b V) = a E(U) + b E(V) \quad (\text{linealidad}) \quad (3)$$

Propiedades de la covarianza:

$$\text{Cov}(U,U) = \text{Var}(U) \quad (4)$$

$$\text{Cov}(U,V) < \text{Var}(U) \text{Var}(V) \quad (\text{desigualdad triangular}) \quad (5)$$

$$\text{Cov}(a U + b V,W) = a \text{Cov}(U,W) + b \text{Cov}(V,W) \quad (\text{bilinealidad}) \quad (6)$$

Consecuencias de (4) y (6) son:

$$\text{Var}(a U) = a^2 \text{Var}(U) \quad (7)$$

$$\text{Var}(U + V) = \text{Var}(U) + \text{Var}(V) + 2 \text{Cov}(U,V) \quad (8)$$

Los estadísticos de dispersión pueden definirse sobre la variable original o centrada. En este trabajo, la covarianza, y por lo tanto la varianza y la correlación lineal, son definidas sobre los valores centrados, es decir sobre sus desviaciones con respecto a la media.

7.3.1 Media

Por la forma en que fue definida, la serie {D'} tiene igual media y varianza que la serie {D}:

$$E(D') = E(D) \quad , \quad \text{Var}(D') = \text{Var}(D) \quad (9)$$

Haciendo uso de las propiedades de linealidad de la media:

$$E(Z) = E[0,5 (D + D')] = 0,5 E(D) + 0,5 E(D')$$

y resulta: $E(Z) = E(D)$ (10)

7.3.2 Varianza

Haciendo uso de la propiedad (7):

$$\text{Var}(Z) = \text{Var}[0,5 (D + D')] = 0,25 \text{Var}(D + D')$$

igual a $0,25 [\text{Var}(D) + \text{Var}(D') + 2 \text{Cov}(D, D')]$ según (8),

igual a $0,5 [\text{Var}(D) + \text{Cov}(D, D')]$ por definición de $\{D'\}$,

menor o igual que $0,5 [\text{Var}(D) + \text{Var}(D)]$ según (5)

y resulta:

$$\text{Var}(Z) \leq \text{Var}(D)$$

En el caso extremo en que la serie $\{D\}$ tuviera todos sus términos iguales, por ser $D'(j) = D(j-1)$ sería $\text{Var}(Z) = \text{Var}(D)$.

En el otro caso extremo, si $\text{Cov}(D, D') = -\text{Var}(D)$ (término que expresa la autocovarianza de "lag" 1 en la serie de totales diarios), resulta que $\text{Var}(Z) = 0$. Esto ocurre cuando los valores diarios son puntos opuestos de un ciclo bidirario alrededor de la media. Entonces resulta:

$$0 \leq \text{Var}(Z) \leq \text{Var}(D) \quad (11)$$

7.3.3 Covarianza espacial

Supongamos tener dos series de totales diarios $\{D\}$ y $\{C\}$, las cuales se transforman según (2) en $\{Z\}$ e $\{Y\}$ respectivamente. Teniendo en cuenta (2) y aplicando dos veces la propiedad (6):

$$\text{Cov}(Z, Y) = 0,25 [\text{Cov}(D, C) + \text{Cov}(D, C') + \text{Cov}(D', C) + \text{Cov}(D', C')]$$

Los términos primero y cuarto del segundo miembro son iguales por la forma en que fueron definidas las series. Resulta entonces:

$$\text{Cov}(Z, Y) = 0,5 \text{Cov}(D, C) + 0,25 [\text{Cov}(D, C') + \text{Cov}(D', C)] \quad (12)$$

En el segundo miembro, el segundo término puede ser mayor, menor o igual que el primero, dependiendo esto de la forma particular en que se relacionan los procesos temporales y espaciales. En consecuencia:

$$\text{Cov}(Z, Y) \quad \text{Cov}(D, C)$$

En el caso extremo en que los términos de cada serie son iguales entre si, es $\text{Cov}(D, C') = \text{Cov}(D', C) = \text{Cov}(D, C)$ y entonces la covarianza se mantiene al usar la variable transformada. En el caso en que los valores diarios de cada serie son puntos opuestos de un ciclo bidirario, la relación cambia a $\text{Cov}(D, C') = \text{Cov}(D', C) = -\text{Cov}(D, C)$ y entonces $\text{Cov}(Z, Y) = 0$.

Ahora bien, se puede asumir que los valores de precipitación (y en particular los totales diarios) son el resultado de dos procesos estocásticos, uno temporal y uno espacial. Entonces, podemos expresar la covarianza total entre un punto tomado como centro espacial y temporal (representado por D) y otro corrido en el espacio y el tiempo (representado por C') como:

$$\text{Cov}(D, C') = \text{Var}(D) \cdot r^*(D, D') \cdot r(D, C) \cdot (1+a) \quad (13)$$

donde r^* y r son los coeficientes de correlación temporal y espacial respectivamente, y a es un número real positivo que tiene en cuenta la dependencia particular entre los procesos temporal y espacial. El valor de a es función de las posiciones relativas (en tiempo y espacio) del par considerado. En particular, en el caso de $\text{Cov}(D', C)$ su valor será distinto:

$$\text{Cov}(D', C) = \text{Var}(D) \cdot r^*(D', D) \cdot r(D, C) \cdot (1+b) \quad (14)$$

Consideremos lo que ocurre si dichos procesos son considerados independientes. Esta hipótesis ha sido asumida por la mayoría de los investigadores que estudian modelos de generación de la precipitación puntual como un proceso estocástico (ver, por ejemplo, Rodríguez Iturbe y Mejía, 1974), ya que permite grandes simplificaciones teóricas. Se tiene entonces:

$$\text{Cov}(D, C') = \text{Var}(D) \cdot r^*(D, D') \cdot r(D, C) \quad (15)$$

De hecho, se asume esta suposición implícitamente cada vez que se calculan precipitaciones medias areales, ya que los valores puntuales utilizados en el cálculo son el resultado de integrar la variable en el lapso elegido como unidad de tiempo (en nuestro caso un día). En este caso, las integraciones temporales y espaciales se realizan separadamente, asumiendo la independencia de los procesos generadores.

Si además asumimos que la varianza es constante en el área considerada (invariancia espacial) la expresión (15) puede reescribirse como sigue:

$$\text{Cov}(D, C') = \text{Cov}(D, C) \cdot r^*(D, D') < \text{Cov}(D, C) \quad (16)$$

Idéntico razonamiento puede seguirse con $\text{Cov}(D', C)$. Teniendo en cuenta que $r^*(D', D) = r^*(D, D')$ porque la función de correlación es definida simétrica, resulta:

$$\text{Cov}(D', C) = \text{Cov}(D, C') \quad (17)$$

Teniendo en cuenta (16) y (17) la ecuación (12) queda, para el caso de procesos espaciales y temporales independientes:

$$\text{Cov}(Z, Y) = 0.5 \text{Cov}(D, C) [1 + r^*(D, D')] < \text{Cov}(D, C)$$

7.3.4 Correlación espacial

Si en (12) reemplazamos la serie {C} por la {D}, es decir, si hacemos coincidir las dos localidades, tenemos la expresión para la varianza:

$$\text{Var}(Z) = 0,5 [\text{Var}(D) + \text{Cov}(D, D')] \quad (18)$$

Con la hipótesis ya asumida de la constancia de la varianza en todo el campo, resulta para la serie transformada:

$$\text{Var}(Y) = \text{Var}(Z) \quad (19)$$

Teniendo en cuenta (12), (18) y (19), la correlación espacial r resulta:

$$r(Z, Y) = \frac{\text{Cov}(Z, Y)}{\text{Var}(Z)} = \frac{\text{Cov}(D, C) + 0,5 [\text{Cov}(D, C') + \text{Cov}(D', C)]}{\text{Var}(D) + \text{Cov}(D, D')}$$

Reemplazando por las ecuaciones (13) y (14) y dividiendo numerador y denominador por $\text{Var}(D)$ queda:

$$r(Z, Y) = \frac{r(D, C) \cdot \{1 + r^*(D, D') \cdot [1 + 0,5(a + b)]\}}{1 + r^*(D, D')}$$

Puesto que a y b son positivos, resulta:

$$r(Z, Y) \geq r(D, C) \quad (20)$$

Es decir, la correlación aumenta o mantiene su valor luego de la transformación. La igualdad corresponde al caso de independencia de las funciones de correlación temporal y espacial ($a = b = 0$):

$$r(Z, Y) = r(D, C) \quad (21)$$

7.4 EFECTOS DE LAS CARACTERISTICAS DE LAS SERIES DE PRECIPITACION EN EL CALCULO DE LA CORRELACION ESPACIAL PARA LAPPOS DE INTEGRACION MAYORES QUE UN DIA.

7.4.1 El nivel de significación de los valores calculados de correlación y su relación con el lapso de integración.

A continuación pasamos a trabajar con series de tipo {W}. Cabe señalar un problema práctico que se presenta en el cálculo de la correlación espacial.

Si queremos conservar el intervalo de confianza con que estimamos el valor de correlación, al variar el lapso de integración g , desde $g=1$ hacia lapsos mayores, debemos mantener el número de términos en todas las series (la original y las de valores medios de lapso g).

Si notamos con g el lapso máximo de integración (que en nuestro análisis fue igual a 10^M días), entonces debemos disponer de $N \cdot g^M$ términos en la serie de totales diarios, para poder construir series de N términos para todos los valores de g .

En nuestro caso, esto no fue posible, ya que dispusimos solamente de registros de 10 años, simultáneos para todas las estaciones. Debido a ello, tomamos en cada caso series de diferente longitud (el máximo posible de términos). Por lo tanto, en nuestros cálculos el intervalo de confianza de la correlación fue aumentando a medida que incrementamos el lapso de integración g . No obstante su distinto nivel de significación, procedimos a comparar los coeficientes de correlación para distintos lapsos de integración.

7.4.2 Efecto producido por los errores sistemáticos de observación.

Las omisiones y las respectivas acumulaciones afectan directamente la simultaneidad espacial de ocurrencia característica de los campos de precipitación en mesoescala, causando en consecuencia una disminución en el valor calculado de correlación espacial a partir de las series de datos. Cuanto mayor sea la cantidad de omisiones, mayor será la disminución esperada con respecto al valor real.

Puesto que la serie de valores medios unifica los totales diarios de días subsiguientes, filtra parcialmente las acumulaciones que se han producido en el día subsiguiente. Por lo tanto, cabe esperar que los valores de correlación espacial calculados a partir de esta última se aproximen más (siempre por defecto) a los valores del campo real. También cabe esperar un mayor acercamiento relativo al valor real (o mejoramiento) si una o las dos series originales contienen mayor cantidad de acumulaciones.

Supongamos por un momento que los procesos espaciales y temporales son independientes. Bajo esta hipótesis, si las series en estudio están afectadas por errores del tipo mencionado, las correlaciones entre dos estaciones de medición cualesquiera estimadas a partir de dichas series (que notaremos r_1) y de las series de valores medios (que notaremos r_g) deben cumplir, en contradicción con (21), la relación:

$$r_g > r_1 \quad (22)$$

Además, debe esperarse que cuanto mayor sea la alteración en la serie de una estación dada, mayor será el aumento relativo $(r_g - r_1) / r_1$ al realizar el cálculo con respecto a cualquier otra estación.

7.4.3 Efecto producido por la unificación de procesos físicos.

En el orden espacial, la zona en estudio tiene una extensión comprendida en la escala meso- β (20-200 Km.) según la clasificación de Orlanski (1975). En esta escala se desarrollan los sistemas precipitantes. Esto implica que la zona, en general,

tendrá condiciones simultáneas similares de ocurrencia potencial de lluvia. La ocurrencia real de lluvia en ciertas localidades estará determinada además por los procesos físicos en la escala meso- Γ y en la microescala.

Ahora bien, en la escala estudiada, a medida que aumenta la distancia entre dos localidades, aumenta la probabilidad de que solo una de ellas sea afectada por una banda de precipitación, lo cual queda evidenciado por la disminución de la correlación espacial con la distancia. La evolución espacial de estos sistemas sugiere entonces que estas bandas de precipitación, cuya presencia está principalmente determinada por procesos en la escala meso- β , ocurren con un desfase temporal medio entre localidades del orden de horas, el cual aumenta a medida que la distancia entre éstas es mayor, en el rango de 20 a 200 Km.. Esto implicaría a su vez que la probabilidad condicional de que, dado un evento lluvioso en una localidad, ocurra otro en otra localidad del área el día siguiente, es mayor a medida que las localidades están más alejadas, en el rango de distancias tratado.

Además, es necesario destacar que el registro de tormentas en días subsiguientes puede significar un desfase temporal de solo algunas horas si los eventos tienen lugar poco antes y poco después de la observación diaria (9hs.), momento en el cual se asigna el total llovido al día anterior.

Esta interdependencia entre los procesos temporal y espacial, que puede expresarse por (13) (con $a \neq 0$) implica que la correlación entre series de valores medios es mayor que la existente entre series diarias. Además, por lo dicho en el párrafo precedente, el aumento relativo debe ser mayor a medida que aumenta la distancia, partiendo de cero para distancia cero.

7.5. CALCULOS EFECTUADOS CON LAS SERIES ORIGINALES Y LAS BIDIARIAS Y RESULTADOS OBTENIDOS.

Para analizar el cambio en los valores de correlación espacial al pasar de series de totales diarios a series bidiarias, deben compararse los valores calculados para distintos pares de estaciones. Pero esto no puede hacerse directamente, ya que la correlación entre dos localidades es función de sus coordenadas.

A fin de anular los efectos de la anisotropía del campo se han agrupado pares de estaciones con orientaciones relativas en una misma dirección aproximada.

Se utilizaron las series de las 42 estaciones disponibles, para el período 1966-1975.

A fin de obtener mayor densidad de puntos en el plano de correlación, se asumió la hipótesis de homogeneidad espacial del campo de precipitación diaria con respecto a la función de covarianza. Esto permitió trasladar los vectores que unen los pares de estaciones a un origen común y utilizarlos a todos en el cálculo.

Se agruparon los puntos obtenidos en cuatro muestras, según las orientaciones norte-sur, noreste-sudoeste, este-oeste y

noroeste-sudeste, con una dispersión angular de 15°. Los resultados para tres de estos grupos se observan en las figuras 7.1, 7.2 y 7.3. Allí se muestran los valores calculados de correlación para las series de totales diarios y bidiaarios. Se aprecia que en todos los casos hay un aumento de valor, de acuerdo con lo previsto.

Con la totalidad de los puntos en el plano de correlación, y también agrupados por direcciones, se ajustaron dos funciones exponenciales decrecientes con el cuadrado de la distancia, una para la correlación de totales diarios y otra para la de promedios de dos días. Esta función ha sido adoptada por numerosos autores (Ripley, 1981), si bien se ha demostrado a partir de la teoría de procesos estocásticos espaciales que en el caso de procesos bidimensionales es más apropiada una función de Bessel (Rodríguez Iturbe y Mejía, 1974a). El criterio de ajuste adoptado fue el de mínimos cuadrados de los valores de correlación.

Un resultado interesante es el comportamiento observado en la relación $(r_2 - r_1) \% r_1$, que marca el aumento relativo. La misma aumenta proporcionalmente con la distancia entre estaciones, pasando de 6,5% para $d=0$ a 11,0% para 200 Km., si se toman las curvas ajustadas con la totalidad de los puntos. Si se toman las curvas por direcciones, se observa el mismo efecto. Si se calcula la correlación espacial para los meses de verano y para los de invierno, se observa una fuerte influencia estacional, ya que en verano el aumento relativo con la distancia es mayor.

Si no existiese ningún efecto adicional sobre el cálculo de la correlación espacial causado por la transformación de la variable (excepto el aumento de valor debido al filtrado parcial de los errores de omisión) la relación $r_2 \% r_1$ debería permanecer aproximadamente constante con la distancia, sin presentar una tendencia al aumento como la observada. El aumento observado debemos atribuirlo entonces a la unificación de procesos físicos.

7.6. AUMENTO DEL LAPSO DE INTEGRACION A MAS DE DOS DIAS.

Si se aumenta el lapso de integración a más de dos días, la correlación espacial calculada a partir de dos series pluviométricas aumenta debido a dos factores:

- 1) La mayor unificación de los procesos que determinan la lluvia, ya que el lapso de integración es mayor.
- 2) Para cada serie, la ubicación en los mismos términos de los días en que ocurrieron las omisiones y los días de sus correspondientes acumulaciones. Este aumento persiste hasta que todos los términos de las dos series de promedios incluyen los días en que se produjeron omisiones y los respectivos días (posteriores) en que dichos valores omitidos se acumularon. Es decir, hasta que el lapso de integración garantiza que no queda ningún valor omitido en un término de la serie distinto del que contiene al día en que se omitió la medición.

Ahora bien, el análisis de la distribución de secuencias secas y lluviosas permite ver que la mayor parte de las acumulaciones se producen dentro de los 4 o 5 días en que el valor fue omitido. Además, es lógico suponer que, dado que en general los valores omitidos son pequeños, más allá de 5 días de producida la omisión no existe acumulación por haberse evaporado el monto omitido.

A fin de verificar el aumento de la correlación al aumentar el lapso de integración, se calcularon los respectivos coeficientes de correlación, r_g , tomando los pares de estaciones ubicadas en una misma dirección. En la Figura 7.4 se graficaron los valores de correlación r_{10} en función de la distancia, para la dirección SO-NE, con su respectivo ajuste y banda de confianza del 95%.

En la Figura 7.5 se observan las curvas teóricas ajustadas para lapsos g de 2 a 10 días.

En este gráfico se verifica que, tal como fue planteado anteriormente, los aumentos relativos de correlación son mayores cuando la distancia entre estaciones aumenta, debido a un mayor grado de unificación de los procesos físicos que generan la precipitación.

Si se mantiene la distancia fija, se verifica que la correlación aumenta con el lapso de integración en una forma lineal a partir del lapso 4 ó 5. Hemos verificado esto efectuando cortes cada 20 Km. según se muestra en la Figura 7.5, y obteniendo los rectas de regresión de r_g sobre g con valores correspondientes a g desde 5 a 10 días (Tabla 7.1).

Puesto que el aumento en la correlación calculada, debido al filtrado de errores mencionado en el punto 1), desaparece a partir del lapso 4 ó 5 y tiene cada vez más influencia a medida que se disminuye el lapso g , podemos suponer que el apartamiento (por defecto) de las correlaciones calculadas para g menor que 4 con respecto a los valores correspondientes generados por la recta de regresión, se debe a las alteraciones en las series debido a las omisiones.

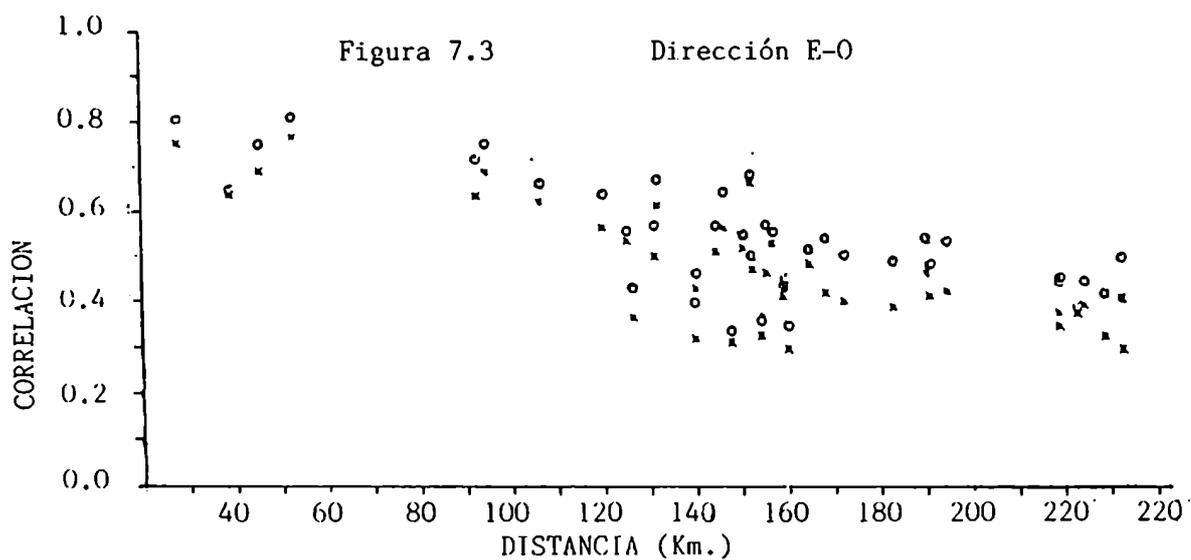
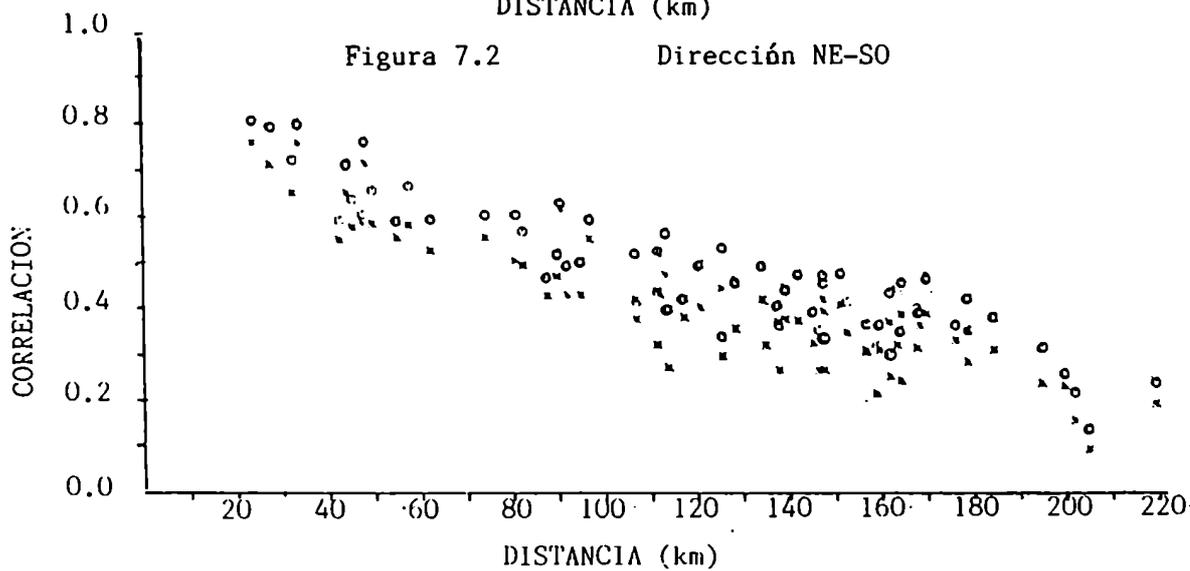
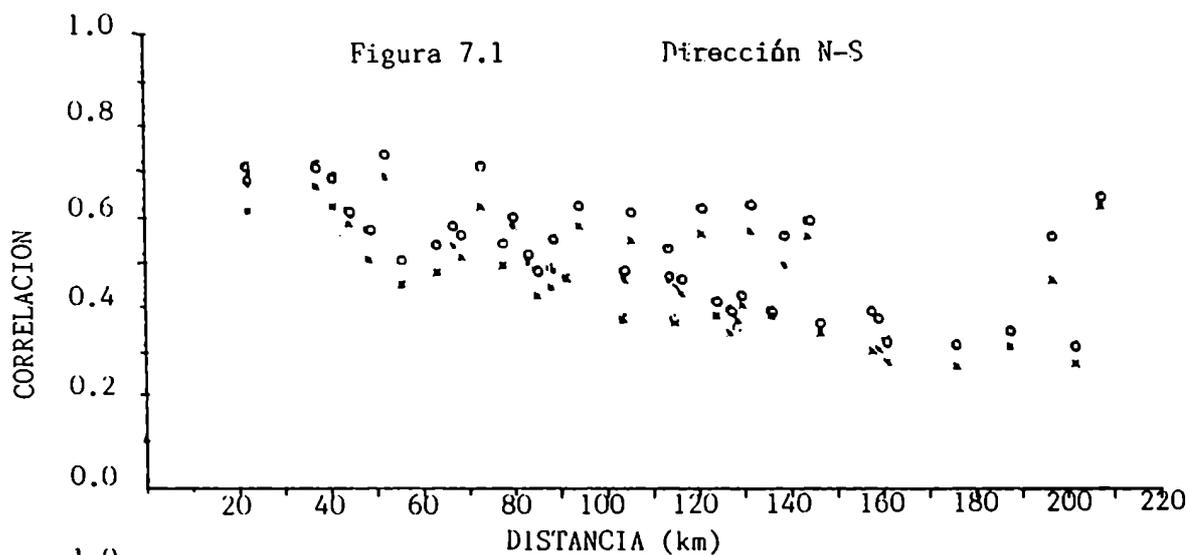
Podemos concluir que la extrapolación lineal hacia lapsos menores permite estimar los verdaderos valores de correlación, los cuales se habrían obtenido a partir de series sin omisiones. Los valores obtenidos figuran en la Tabla 7.1. Esta conclusión implica suponer que el aumento en la correlación espacial de la precipitación al aumentar el lapso g , debido a la unificación de procesos físicos, sigue una relación lineal con dicho lapso a partir de g igual a 1 y no solamente a partir de g igual a 4 ó 5, según ha sido verificado.

LAPSO	20 Km.		100 Km.		200 Km.	
	CORRELACION					
	E	R	E	R	E	R
1	0.64	0.71	0.51	0.58	0.24	0.31
2	0.70	0.71	0.58	0.59	0.31	0.32
3	0.69	0.72	0.57	0.60	0.31	0.34
4	0.73	0.73	0.61	0.61	0.35	0.35
5	0.73	0.73	0.61	0.62	0.35	0.36
6	0.74	0.74	0.63	0.62	0.38	0.37
7	0.74	0.74	0.63	0.63	0.37	0.38
8	0.75	0.75	0.65	0.64	0.40	0.39
9	0.75	0.76	0.64	0.65	0.39	0.40
10	0.76	0.76	0.66	0.66	0.41	0.41

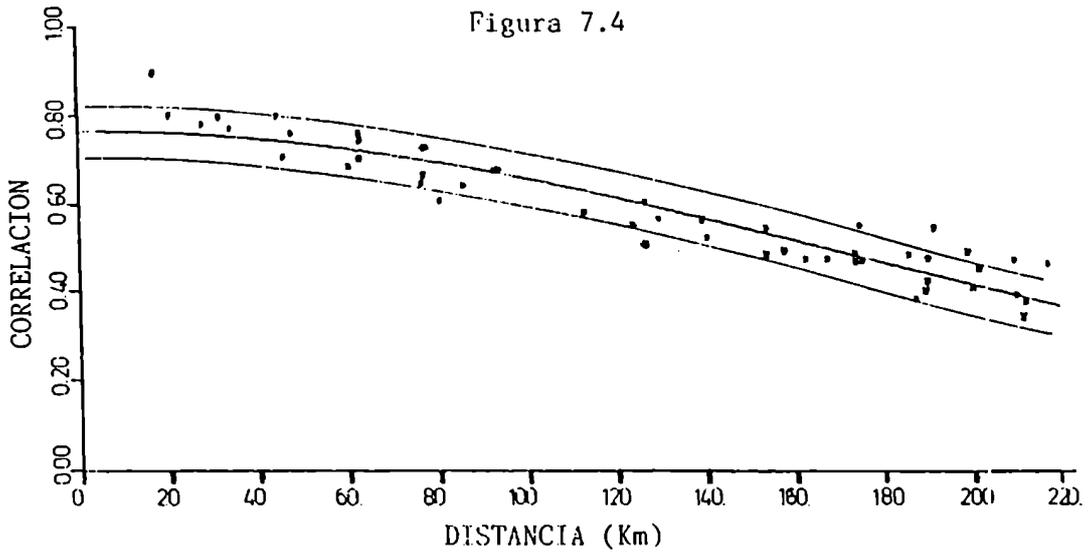
Tabla 7.1

Variación del coeficiente de correlación espacial con el lapso de integración, para distancias fijas.

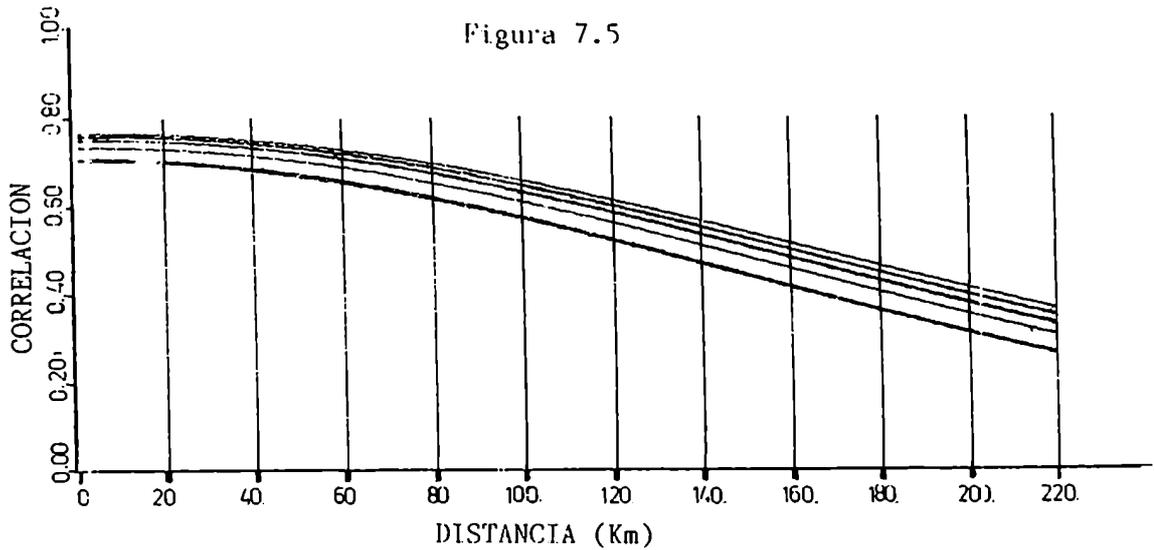
E: Valores estimados. R: Valores obtenidos por regresión lineal.



x: Totales diarios. o: Promedios para 2 días de integración.
 Correlación espacial vs. distancia



Ajuste teórico para un lapso de integración de 10 días.



Ajustes teóricos para lapsos de integración de 1 a 10 días.

CAPITULO 8

PROPUESTA DE UNA INVESTIGACION POSTERIOR TENDIENTE A CORREGIR LAS SERIES DIARIAS ALTERADAS DEBIDO A ERRORES DE OMISION.

Hemos visto que, aún luego de consistidas, las series de precipitación diaria continúan afectadas por errores sistemáticos debidos a la omisión de medición.

Proponemos a continuación un método cuyo objetivo es la determinación, en términos probabilísticos, de los días en los cuales se cometieron omisiones de medición. Si se pudiera tomar una decisión sobre cuáles fueron estos días, podría luego procederse a la estimación del valor omitido mediante técnicas conocidas de interpolación espacial.

Teniendo en cuenta lo visto en los capítulos anteriores, el problema planteado podemos resumirlo así: dada una cantidad $F_4(CF)$ de ceros "falsos" (determinada con el auxilio de la serie de referencia) se trata de decidir cuáles son éstos, de entre el total de ceros $F_4(C)$. Es decir, frente a cada cero en la serie 4 debemos decidir si es verdadero (V) o falso (F).

La forma propuesta para tomar esta decisión es recorrer la serie en estudio, y asignar a cada cero una probabilidad asociada de ser falso (es decir, de estar reemplazando a un valor omitido).

Dicha probabilidad, que notamos P_t , será una función de las circunstancias que condicionan la predisposición del observador a efectuar la medición (que llamamos variables de predisposición) y de las condiciones objetivas meteorológicas (que llamaremos variables meteorológicas). Llamamos P_p a la probabilidad de que un cero sea falso según las variables de predisposición, y P_m a la probabilidad respectiva según las variables meteorológicas.

La probabilidad P_p está estrechamente ligada a la probabilidad de omisión P_c analizada en los capítulos anteriores. Dada una situación condicionante o una combinación de dos o más de ellas de distinto tipo (que en cualquier caso llamamos SIT) estas dos probabilidades se estiman de la siguiente forma:

$$P_c(P, SIT) = [F_1(P, SIT) - F_2(P, SIT)] \% F_1(P, SIT)$$

$$P_p(C, SIT) = F_2(CF, SIT) \% [F_1(C, SIT) + (F_2(CF, SIT))]$$

$$P_p(C, SIT) = [F_1(P, SIT) - F_2(P, SIT)] \% [F_1(C, SIT) + F_1(P, SIT) - F_2(P, SIT)]$$

En esta última expresión, el denominador es la frecuencia en la serie 2 de ceros en la situación caracterizada por SIT.

Si SIT envuelve condicionamientos en la omisión que dependen de los valores precedentes al día considerado (tales como los tratados en el capítulo V) entonces no puede determinarse el verdadero grupo o situación asociado a un día particular en el que se observa un caso en la serie 4, ya que los valores precedentes están alterados por efecto de las omisiones previas. Por lo tanto, si este es el caso no podemos conocer qué valor de P_p asignar a cada cero al recorrer la serie 4, ya que no

conocemos cuál es SIT. La asignación de Pp sólo podemos hacerla si no existen condicionantes de la omisión en función de los valores precedentes. De ahí la importancia de poder determinar si existe este tipo de situación condicionante; si no existe entonces podemos asignar a cada valor cero una probabilidad Pp de ser falso (por ejemplo, en función de los grupos S y NS).

Para estimar la probabilidad Pm necesitamos una función o modelo que estime la probabilidad de lluvia en la localidad en estudio a partir de variables explicativas meteorológicas regionales. Un método posible es mediante una regresión lineal múltiple logística, construida a partir de un "modelo logístico lineal" (Fiemberg, 1977).

Mediante aquélla se estiman los coeficientes β_j de un modelo que obtiene la proporción de éxitos (lluvia) o de fracasos (no lluvia) para cada situación meteorológica particular (para cada conjunto de valores de las variables explicativas meteorológicas). A continuación se muestra la expresión matemática cuando las variables explicativas son dicotómicas o discretas o discretizadas, de modo que los valores de las variables determinan el grupo i asociado a esa situación particular:

$$\theta_i = s / n = 1 / [1 + \exp(-\beta \bar{X}_i)]$$

donde:

θ_i : Probabilidad estimada de éxito (de lluvia) para el grupo i .

s : Cantidad de éxitos (es decir, de días lluviosos).

n : Cantidad total de casos (éxitos más fracasos).

X_i : Vector de valores categóricos de las variables explicativas en el grupo i .

β : Vector de coeficientes de la regresión.

$$i = 1, \dots, h, \quad h = \sum_{j=1}^k c_j$$

donde k : Cantidad de variables explicativas.

c_j : Cantidad de categorías de las variables j .

La variable dependiente de la regresión se denomina "logit" (notado L) y está relacionada con θ de la siguiente forma:

$$L_i = \ln [\theta_i / (1 - \theta_i)]$$

de modo que L toma valores en todo el dominio de los números reales.

La expresión de la regresión logística múltiple es:

$$L = \bar{X}' \cdot \bar{\beta}$$

donde \bar{X}' es el vector traspuesto de \bar{X} .

Debemos ajustar la regresión con los datos de precipitación diaria de la serie de referencia.

Si asumimos que solo se omiten totales diarios pequeños, entonces el conjunto de días que intervienen en el ajuste regresivo está formado por aquéllos en que llovió menos de 5 mm. o no llovió. De este modo se obtiene la probabilidad de lluvia pequeña.

Aplicamos luego el modelo logístico lineal a los días con valor cero en la serie de datos en estudio.

Por este camino podemos estimar la probabilidad P_m , y combinando ésta con P_p obtener una estimación de la probabilidad buscada P_t asociada con cada valor nulo.

Si las variables de predisposición son independientes de las variables meteorológicas, entonces la probabilidad P_t es directamente el producto de las probabilidades P_p y P_m .

Ahora bien, sabemos que la cantidad de omisiones en la serie en estudio para el período considerado es aproximadamente $F_4(CF)$ y hemos supuesto que es exactamente esta frecuencia. Podemos entonces tomar la decisión de que el conjunto de ceros con mayor probabilidad de ser el conjunto de ceros "falsos" es aquél que contiene a los $F_4(CF)$ ceros con mayor probabilidad asociada P_t .

Al generar valores en reemplazo de estos ceros "falsos" y luego deducir el supuesto "arrastre" al primer valor no nulo siguiente a cada término interpolado, podemos obtener una nueva serie con mayor grado de similitud a la "verdadera", y que además tenga un mayor grado de compatibilidad con la estructura temporal y espacial de la precipitación en la región.

CAPITULO 9

CONCLUSIONES GENERALES.

Hemos constatado la menor calidad de las series de puestos pluviométricos respecto a las de las estaciones meteorológicas de referencia, en el sentido de que están más afectadas por omisiones.

Pudo establecerse un orden de calidad para las series de las cinco estaciones meteorológicas, mediante el análisis de las frecuencias de omisión. Hemos verificado que las omisiones modifican significativamente la estructura temporal de las series (distribución de ciclos, secuencias secas y húmedas e intensidades de secuencias húmedas). Esto tiene importancia en cuanto a que alteran la asociación de la lluvia medida con posibles predictores de campos surgidos de modelos sinópticos o numéricos.

Hemos desarrollado un método de normalización de la frecuencia de días con precipitación que demuestra ser efectivo en escala mesometeorológica para remover el efecto del gradiente de humedad.

Hemos encontrado que la relación entre la frecuencia de días con precipitaciones mayores que 5 mm. y la precipitación acumulada es más estrecha tomando los valores reales de ésta que aquélla que surgiría de las interpolaciones en un campo teórico suavizado. Esto tiene estrecha relación con lo obtenido por Hoffmann (1977-1978).

Hemos desarrollado un método de estimación de cantidad de omisiones.

A fin de estimar la probabilidad condicional de omisión en cada estación, fue necesario plantear un sistema de series tipo 1 a 4 que incluyeran los efectos desagregados debidos al error de omisión. A tal efecto, hemos propuesto un esquema de alteración por omisión y desarrollado el correspondiente modelo matemático.

Hemos reconocido que el esquema de omisión es exhaustivo, aunque podría contener cierta rigidez en cuanto a que no permite otro tipo de errores. Consideramos que esto no es del todo arbitrario, ya que otros tipos de errores, o bien han sido detectados en las consistencias más gruesas de la información, o bien no alteran la estructura general de las series.

La aplicación del modelo ESTIMA1 nos permitió la obtención de las frecuencias grupales en la serie 2, lo cual a su vez permitió cuantificar las probabilidades condicionales de omisión, según distintas situaciones condicionantes. De los resultados, hemos inferido que las cuantificaciones de dichas probabilidades a partir de las series observadas (series 4) hubieran tenido mayor error y sus estimaciones hubieran sido sesgadas respecto de la realidad (series 2).

A partir de las probabilidades condicionales de omisión estimadas, hemos constatado, que los observadores no siguen un patrón común de comportamiento en lo referente a las omisiones según los valores de precipitación precedentes al día de

medición. Además, hemos constatado que en la mayor parte de las estaciones no existe sistematicidad en la omisión según los valores precedentes, o si existe, ésta es muy débil.

Este resultado es importante, por cuanto nos permite asignar a cada cero en la serie observada una probabilidad condicional de ser falso, derivada a partir de la probabilidad de omisión. Ello a su vez posibilita incorporar la sistematicidad de la omisión como factor a ser tenido en cuenta, junto con variables meteorológicas, en la detección de días en que hubo omisiones.

A su vez, la discriminación según el día de la semana, nos permitió constatar que el día sábado (medición del domingo por la mañana) constituye un claro condicionante de la omisión.

Cuando se unifican los grupos sábado y no-sábado para la estimación de las probabilidades condicionales de omisión según los valores precedentes al día considerado, hemos verificado que en algunas estaciones se comete un error adicional indeterminado. Hemos desarrollado un método alternativo que permite hallar los estimadores máximo-verosímiles de las frecuencias grupales en la serie 2, necesarias para estimar las probabilidades condicionales de omisión. Hemos comprobado que el modelo ESTIMA2 desarrollado a tal efecto, es eficiente. Con este método se obvia el problema que trae aparejada la unificación de los grupos sábado y no-sábado. Como contraparte en el orden práctico, este último método exige un grado muy superior de disponibilidades computacionales.

El objetivo perseguido al desarrollar el método de estimación presentado en los capítulos 3, 4 y 5 (modelo ESTIMA1) es el de obtener un procedimiento sencillo y rápido, que pueda utilizarse en forma operativa para la calificación de las series de datos según los tipos y magnitudes de los errores que las afectan. De esta manera puede conocerse la factibilidad de utilizar esa información para estudios específicos.

Hemos comprobado la inferencia teórica de que las omisiones provocan una disminución artificial en el cálculo de la correlación espacial de la precipitación, y de que dicha disminución es mayor cuanto mayor es la cantidad de omisiones.

Hemos desarrollado un método para remover dicho error por defecto en el cálculo de la correlación espacial. Este método se basa en la construcción de series de valores medios para lapsos de integración crecientes.

Hemos verificado que el aumento relativo en la correlación espacial, al aumentar el lapso de integración de la precipitación, es mayor a medida que aumenta la distancia entre localidades. Este resultado está de acuerdo con el supuesto de que un mayor lapso de integración implica una mayor unificación, en términos matemáticos, de los procesos meteorológicos en el área.

Hemos encontrado que, si se mantiene la distancia constante, la variación de la correlación espacial para distintos lapsos de integración, es lineal de 4 a 10 días.

Sobre la base de esta relación, hemos estimado los valores verdaderos de la correlación espacial de la precipitación diaria en meso-escala.



REFERENCIAS

Alexander, K.: Determination of rainfall duration statistics for rain-out models from daily records. *Water Resources Research*, 17(3), 1981.

Austin, P. M. y R. A. Houze: Analysis of the structure of precipitation patterns in New England. *Journal of Applied Meteorology*, 11, 1972.

Barrera, D. F.: Rapport de stage la Section d'Hydrologie. Publicación interna del "Institut Royal Meteorologique de Belgique", 1976.

Barrera, D. F. y W. M. Vargas: Ensayo Metodológico para la clasificación de episodios lluviosos en una cuenca hídrica. *METEOROLOGICA*, 13(2), 1982.

Barrera, D. F.: Las series de promedios móviles. Su aplicación al filtrado de errores de observación en la determinación de la correlación espacial de la precipitación diaria. I Congreso Interamericano de Meteorología. Brasilia, Brasil, octubre 1986. En publicación.

Barrera, D. F. y M. T. Carlini: Estimation of the probabilities of omitting measurements of daily totals in conventional pluviometric stations. Tenth Conference on Probability and Statistics in Atmospheric Sciences. Edmonton, Canada, octubre 1987.

Bischoff, S. y M. L. Duarte: Estimación del error de observación para variables meteorológicas mediante la información de la red de estaciones de superficie. Seminario sobre métodos de análisis objetivo. Dto. de Meteorología, Universidad de Buenos Aires, 1984.

Bultot, F. y G. L. Dupriez: Conceptual hydrological model for an average-sized catchment area. *Journal of Hydrology*, 29, 1976.

Creutin, J. D. y C. Obled: Objective analysis and mapping techniques for rainfall fields: An objective comparison. *Water Resources Research*, 18(2), 1982.

Feyerherm, A. M. y D. Bark: Goodness of fit of a Markov chain model for sequences of wet and dry days. *Journal of Applied Meteorology*, 6, 1967.

Fienberg S.: Analysis of cross-classified categorical data. M.I.T. Press, Cambridge, Massachusetts, 1977.

Gabriel, K. y Y. J. Neumann: On a distribution of weather cycles by length. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 83, 1957.

Gandin, L. S.: Objective Analysis of Meteorological Fields. Israel Program for Scientific Translations. Jerusalem, 1963.

Gupta, V. K. y E. Waymire: A Stochastic kinematic study of subsynoptic space-time rainfall. Water Resources Research, 15(3), 1979.

Hershfield, D. M.: On the spacing of raingages. Symposium Design of Hydrological Networks. International Association of Scientific Hydrology, Publicaci"n N'67, 1965.

Hobbs, P. V. y J. D. Locatelli: Rainbands, precipitation cores and generating cells in a cyclonic storm. Journal of Atmospheric Sciences, 35, 1978.

Hoffmann, J. A. J.: Características de las series de precipitaci"n en la Rep#blica Argentina. METEOROLOGICA, 1(3), 1970.

Hoffmann, J. A. J. y A. P. Alessandro de Dapunte: De la homogeneidad de los datos de la frecuencia de precipitaci"n y regímenes pluviales en América del Sur. METEOROLOGICA, 8 y 9, 1977-1978.

Hoffmann, J. A. J., A. P. Alessandro de Dapunte, B. S. López Galíndez y R. S. Rojas: Homogeneidad de los datos de la frecuencia de precipitaci"n y el análisis de sus campos correspondientes al Atlas Climático de América del Sur. METEOROLOGICA, 8 y 9, 1977-1978.

Houze, R. A., P. V. Hobbs, K. R. Biswas y W. M. Davis: Mesoscale rainbands in extratropical cyclones. Monthly Weather Review, 104, 1976.

Houze, R. A.: Structures of atmospheric precipitation systems: A global survey. Radio Science, 16(5), 1981.

Huff, F. A. y W. L. Shipp: Mesoscale spatial variability in midwestern precipitation. Journal of Applied Meteorology, 7, 1968.

Huff, F. A. y W. L. Shipp: Spatial correlations of storm, monthly and seasonal precipitation. Journal of Applied Meteorology, 8, 1969.

Julian, P. R. y H. J. Thibaux: On some properties of correlation functions used in optimum interpolation schemes. Monthly Weather Review, 103, 7, 1975.

Kavvas M. L. y J. W. Delleur: A stochastic cluster model of daily rainfall sequences. Water Resources Research, 17(4), 1981.

Kendall, M. G. y A. Stuart: The advanced theory of statistics. Vol.1, Charles Griffin & Company Limited, Londres, 1961.

Lucero, O. A.: Tratamiento de la información de redes pluviométricas para fines hidrológicos. Cuaderno No.12 INCYTH, 1980.

Moss, M. E.: Concepts and techniques in hydrological network design. Operational Hydrology Report N°19, WMO N°580, 1982.

Moyano, M. C., Z. Saracho, S. M. Fernández y J. Ares: Estudio acerca de los errores en la medición de la precipitación. METEOROLOGICA, 6 y 7, 1975-1976.

Orlanski, I.: A rational subdivision of scales for atmospheric processes. Bulletin American Meteorological Society, 52, 1975.

Richardson, C.W.: Stochastic simulation of daily precipitation, temperature, and solar radiation. Water Resources Research, 17, 1981.

Ripley, B. D.: Spatial Statistics. Ed. John Wiley - New York, 1981.

Rodda, J.C.: The rainfall measurement problem. International Association of Scientific Hydrology. Publicación N° 78, 1968.

Rodda, J.C.: The precipitation measurement paradox. The instrument accuracy problem. World meteorological Organization, N° 316. 1971.

Rodríguez Iturbe, I. y J. M. Mejía: The rainfall field as a multidimensional stochastic process. Water Resources Research, 10, 1974a.

Rodríguez Iturbe, I. y J. M. Mejía: The design of rainfall networks in time and space. Water Resources Research, 10, 1974b.

Servicio Meteorológico Nacional: Datos Pluviométricos 1921-1950. Publicación B1, N°2, 1969.

Servicio Meteorológico Nacional: Atlas Climático de la República Argentina. 1960.

Servicio Meteorológico Nacional: Estadística Climatológica 1961-1970. Publicación 35, 1981..

Servicio Meteorológico Nacional: Estadísticas Meteorológicas 1971-1980. Publicación 36, 1986..

Sevruk, B.: Methods of correction for systematic error in point precipitation measurement for operational use. Operational Hydrology Report N°21, WMO N°589, 1982.

Sharon, D.: On the modelling of correlation functions for rainfall studies. Journal of Hydrology, 22, 1972.

Stol, Ph. Th.: The relative efficiency of the density of rain-gage networks. *Journal of Hydrology*, 15, 1972.

Todorovic, P. y D. A. Woolisher: A stochastic model of n-day precipitation. *Journal of Applied Meteorology*, 14, 1975.

Vargas, W. M.: Las secuencias de días secos y días con precipitación en Buenos Aires. *METEOROLOGICA*, 12, 1981.

Vargas, W. M. y A. P. Alessandro: Las distribuciones de secuencias secas, lluviosas, cálidas y frías en series climáticas del Nordeste argentino. *METEOROLOGICA*, 14, 1983.

Vargas, W. M. y D. F. Barrera: Influence of the quality of data collection on the statistic structure of daily rainfall series. Its effects on regional climatic fields. Presentado al III Coloquio Internacional sobre hidrología de llanuras. Olavarría, 1983. *Inédito*.

Vargas, W. M. y D. F. Barrera: Análisis de la consistencia de lluvias y caudales en una cuenca hídrica. *GEOACTA*, 12, 1984.

Waymire, E., V. K. Gupta e I. Rodríguez Iturbe: A spectral theory of rainfall intensity at the meso- β scale. *Water Resources Research*, 20(10), 1984.

Zawadzki, I. I.: Statistical properties of precipitation patterns. *Journal of Applied Meteorology*, 12, 1973.


```

20     REM CREA UN ARCHIVO CON LAS LONG.DE SEC. HUMEDAS Y SECAS
30     REM LUEGO LAS IMPRIME Y LUEGO CALCULA LAS FREC. POR LONGITUD (DIAS)
40     REM INPUT "COLOQUE ARCHIVO DATOS DIARIOS EN B Y DISQ.PARA SECUEN. EN (A)"
50     CLEAR:CLS:KEY OFF
52     DEFINT A,M,D,Z,L,F,J,I,T,N
54     DIM PMED(45),FRP(20),FRC(150),LC(720)
60     DIM LS(720),LH(720),FRH(20),FRS(150),NN(3),N(8,3),NDIA(6,3)
61     DIM LG(12),PP(12,31),SUM(720),WINT(720),FRI(10),LSUP(10),DIA$(6)
62     LSUP(1)=5:LSUP(2)=10:LSUP(3)=15:LSUP(4)=20:LSUP(5)=25
63     LSUP(6)=30:LSUP(7)=35:LSUP(8)=40:LSUP(9)=45:LSUP(10)=250
64     FOR M=1 TO 12:READ LG(M):NEXT M
65         OPEN "PMEDIA.DAT" FOR INPUT AS #9
66         FOR J=1 TO 42
67             INPUT #9, Z, PMED(Z),BASURA
68             REM PRINT Z, PMED(Z)
69         NEXT J
70         CLOSE #9
78     REM "ANIO DE COMIENZO";T
80     REM "ANIO DE FINALIZACION";TF
81     T=62:TF=75
82     INPUT "ESTACION NRO.",Z
83         CTOT=PMED(6)/PMED(Z)
84         print Z,CTOT,PMED(6),PMED(Z)
85     ZZ=Z*4+9
86     JULCOM=INT((T-61)*365.25)+1:JUL=JULCOM-1
88     REM EL 1-1-61 ES DOMINGO=1 . FOR LO TANTO SABADO=7
93     REM LECTURA DE ARCHIVOS DE DATOS
94     FOR COR=T TO TF
96         FOR M=1 TO 12:FOR D=1 TO 31:PP(M,D)=0:NEXT D:NEXT M
98         REM IF COR=73 THEN INPUT "COLOQUE DISK CON ANIO 73",CUCO
110        NU$=STR$(COR):NU$=RIGHT$(NU$,LEN(NU$)-1)
120        N$="LL"+NU$+".DAT"
130        PRINT "LEYENDO EL ARCHIVO ";N$
140        OPEN N$ AS #1 LEN=194
142            FIELD #1, 194 AS R$
144            NRG=INT(LOF(1)/194):PRINT "NREG=";NRG
146            FOR J=1 TO NRG
148                GET #1,J
150        A$=MID$(R$,2,2):M$=MID$(R$,4,2):D$=MID$(R$,6,2):P$=MID$(R$,ZZ,4)
152            A=VAL(A$):M=VAL(M$):D=VAL(D$):PP(M,D)=VAL(P$)
154            NEXT J
156            CLOSE
158     REM EFECTUA LOS CALCULOS PARA LOS DIAS DEL ANIO LEIDO
160     FOR M=1 TO 12
162         IF M=2 AND COR/4=INT(COR/4) THEN LG(2)=29 ELSE LG(2)=28
170         FOR D=1 TO LG(M)
171             P=PP(M,D)*CTOT
172             JUL=JUL+1
174             IF P=-1 THEN PRINT "FALTA ";A;M;:NF=NF+1:GOTO 310
175             IS=JUL - 7*INT(JUL/7):IF IS>6 THEN PRINT "MAL EL DIA"
176             J=INT(P/50) + 1:IF J>20 THEN J=20
177             FRP(J)=FRP(J) + 1
178             IF IS=0 THEN NS=0 ELSE NS=1
180             IF P=0 THEN IW=1 ELSE IF P<50 THEN IW=2 ELSE IW=3

```

```

182         NN(IW)=NN(IW)+1: NT=NT+1: NDIA(IS, IW)=NDIA(IS, IW)+1
183
184         IF PANT=0 THEN
186             IF ISEC<5 THEN IWA=1 ELSE IWA=0
188             IF P=0 THEN
190                 REM CONTINUA SECUENCIA SECA
192                                     ISEC=ISEC+1
194             ELSE
196                 REM FIN SECA Y COMIENZA HUMEDA
198                                     LS(I)=ISEC
200                                     LC(I)=LH(I)+ISEC
202                                     ISEC=0
204                                     IHUM=1
206                                     I=I+1
208                                     SUM(I)=P
210                                     PC=P
212             END IF
214         ELSE
216             IF PANT<50 THEN IWA=2 ELSE IWA=3
218             IF P>0 THEN
220                 REM CONTINUA SECUENCIA HUMEDA
222                                     IHUM=IHUM+1
224                                     SUM(I)=SUM(I)+P
226             ELSE
228                 REM FIN HUMEDA Y COMIENZA SECA
230                                     IF IHUM>1 THEN
232                                         SUMC=SUMC+P
234                                         SUMF=SUMF+P
236                                     END IF
238                                     LH(I)=IHUM
240                                     WINT(I)=SUM(I)
242
244                                     IHUM=0
246                                     SUM(I)=0
248                                     ISEC=1
250             END IF
252         END IF
300         REM ASIGNACIONES A PARTIR DEL SEGUNDO DIA DE LA SERIE
302         IF JUL > JULCOM THEN L=2*IWA+1+NS: N(L, IW)=N(L, IW)+1
304         PANT=P
310     NEXT D
320     NEXT M
330     NEXT COR
340     REM LPRINT "SEMYSEC2.BAS"
342     LPRINT "ESTACION ";Z;" PERIODO ";T;"-";TF;
350     IFINAL=I:LPRINT " CANT.DE CICLOS:";IFINAL
352     REM LPRINT " SUMC= ";SUMC;" SUMF= ";SUMF
355     REM FOR I=1 TO 20:LPRINT " H S";:NEXT I
380     FOR I=1 TO IFINAL
390         FRH(LH(I))=FRH(LH(I))+1
400         FRS(LS(I))=FRS(LS(I))+1
401         FRC(LC(I))=FRC(LC(I))+1
402         FOR J=1 TO 10
404             IF WINT(I)<LSUP(J) THEN FRI(J)=FRI(J)+1:GOTO

```

```

406                                     NEXT J
410 REM LPRINT USING "##";LH(I);LS(I);
430     NEXT I
440     LPRINT: LPRINT "FRECUENCIAS DE CLASE DE TOTALES DIARIOS ";
442         LPRINT "(CADA 5 MM.)"
446     FOR I=1 TO 20:LPRINT USING "####";FRF(I);:NEXT I
470     LPRINT: LPRINT "FRECUENCIAS DE SECUENCIAS HUMEDAS SEGUN SU ";
472         LPRINT "LONGITUD (1 A 20 DIAS)"
480     FOR I=1 TO 20:LPRINT USING "####";FRH(I);:NEXT I
482     LPRINT: LPRINT "FRECUENCIAS DE SECUENCIAS SECAS SEGUN SU ";
484         LPRINT "LONGITUD (1 A 60 DIAS)"
500     FOR I=1 TO 20:LPRINT USING "####";FRS(I);:NEXT I
510     LPRINT
520     FOR I=21 TO 40:LPRINT USING "####";FRS(I);:NEXT I
530     LPRINT
540     FOR I=41 TO 60:LPRINT USING "####";FRS(I);:NEXT I
570     LPRINT: LPRINT "FRECUENCIAS DE CICLOS SEGUN SU ";
572         LPRINT "LONGITUD (1 A 60 DIAS)"
600     FOR I=1 TO 20:LPRINT USING "####";FRC(I);:NEXT I
610     LPRINT
620     FOR I=21 TO 40:LPRINT USING "####";FRC(I);:NEXT I
630     LPRINT
632     FOR I=41 TO 60:LPRINT USING "####";FRC(I);:NEXT I
634     FOR I=61 TO 100:FAS=FAS+FRS(I): FAC=FAC+FRC(I):NEXT I
640     LPRINT
642         LPRINT "FRECUENCIAS DE INTENSIDADES DE SECUENCIAS HUMEDAS";
644         LPRINT "(CADA 5 MM/DIA)"
650     FOR I=1 TO 10:LPRINT USING "####";FRI(I);:NEXT I
LPRINT:LPRINT:LPRINT
LPRINT "TOT=";NT;"CERDS=";NN(1);"PEQ=";NN(2);"GRA=";NN(3);
LPRINT " F.S.SECAS >60 =";FAS; " F.CICLOS >60 =";FAC
LPRINT:LPRINT:
LPRINT "TABLA DE VALORES NULOS"
LPRINT TAB(15);
LPRINT USING "\          \";"SAL(>=5d)";
LPRINT USING "\          \";"SAC(<=4d)";
LPRINT USING "\          \";" AP(<5mm)";
LPRINT USING "\          \";"AG(>=5mm)"
LPRINT USING "\          \";"SABADO";
FOR L=1 TO 7 STEP 2: LPRINT USING "#####";N(L,1);: NEXT L
LPRINT
LPRINT USING "\          \";"NO SABADO";
FOR L=2 TO 8 STEP 2: LPRINT USING "#####";N(L,1);: NEXT L
LPRINT:LPRINT:LPRINT
LPRINT "TABLA DE VALORES PEQUENOS (<5mm)"
LPRINT TAB(15);
LPRINT USING "\          \";"SAL(>=5d)";
LPRINT USING "\          \";"SAC(<=4d)";
LPRINT USING "\          \";" AP(<5mm)";
LPRINT USING "\          \";"AG(>=5mm)"
LPRINT USING "\          \";"SABADO";
FOR L=1 TO 7 STEP 2: LPRINT USING "#####";N(L,2);: NEXT L
LPRINT

```

```

LPRINT USING "\          \";"NO SABADO";
FOR L=2 TO 8 STEP 2: LPRINT USING "#####";N(L,2);: NEXT L
          LPRINT:LPRINT:LPRINT
LPRINT "TABLA DE VALORES GRANDES (>=5mm)"
LPRINT TAB(15);
LPRINT USING "\          \";"SAL(>=5d)";
LPRINT USING "\          \";"SAC(<=4d)";
LPRINT USING "\          \";" AP(<5mm)";
LPRINT USING "\          \";"AG(>=5mm)"
LPRINT USING "\          \";"SABADO";
FOR L=1 TO 7 STEP 2: LPRINT USING "#####";N(L,3);: NEXT L
          LPRINT
LPRINT USING "\          \";"NO SABADO";
FOR L=2 TO 8 STEP 2: LPRINT USING "#####";N(L,3);: NEXT L
          LPRINT:LPRINT:LPRINT:LPRINT
          LPRINT "DIA  ";:LPRINT TAB(10):
FOR IS=0 TO 6: READ DIA$(IS): LPRINT USING "\          \";DIA$(IS);:NEXT IS
LPRINT:LPRINT
FOR IW=1 TO 3: read ti$:lprint using "\          \";ti$;
LPRINT TAB(6):
FOR IS=0 TO 6: LPRINT USING "#####";NDIA(IS,IW);: NEXT IS
LPRINT:LPRINT
NEXT IW
LPRINT
GO TO 750: REM END
660 INPUT "COLOQUE DISK.PARA GRABAR SECUENCIAS EN A:",BRRR
670 OPEN "SECHUM19.DAT" FOR OUTPUT AS #2
680 FOR I=1 TO IFINAL
720 WRITE #2,LH(I),LS(I),WINT(I)
730 NEXT I
740 CLOSE
750 OPEN "SON42PEQ.PRE" FOR APPEND AS #2
752 WRITE #2,Z,N(1,2),N(2,2),N(3,2),N(4,2),N(5,2),N(6,2),N(7,2),N(8,2),
6,2)
754 CLOSE #2
760 OPEN "SON42GRA.PRE" FOR APPEND AS #3
762 WRITE #3,Z,N(1,3),N(2,3),N(3,3),N(4,3),N(5,3),N(6,3),N(7,3),N(8,3),
6,3)
764 CLOSE #3
766 END
770 DATA 31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31
DATA "SABADO","DOMINGO"," LUNES","MARTES","MIERCOL","JUEVES","VIERNES"
data "CEROS","PEQ. ","GRA."

```

```

10 REM PROGRAMA ESTIMA1.BAS
15 REM ESTIMA LAS PROBABILIDADES CONDICIONALES DE OMISION SEGUN EL MONTO,
16 REM SEGUN EL DIA DE LA SEMANA Y SEGUN LOS VALORES PRECEDENTES.
20 DEFINIT Z
22 CLEAR
25 INPUT "ALF=";ALF
30 FBSL=319: F1SL=FBSL: CICE=664: CIC1=CICE
32 REM grad. est.19 FBPSAL=162:FBPSAC=170:FBPAP=119:FBPAG=148:FBP=599
34 REM          FBGSAL=157:FBGSAC=176:FBGAP=117:FBGAG=150:FBG=600
36 FBPSAL=160:FBPSAC=168.5:FBPAP=121.5:FBPAG=141:FBP=591
38 FBGSAL=159.55:FBGSAC=179.15:FBGAP=108.65:FBGAG=160.65:FBG=608
40 FBCERO=3914: NT=5113: C1=.19253: C3=.66811: C4=0: NEST=42
45 FICERO=FBCERO: FILL=NT-FICERO
48 REM GOTO 200
49 GOTO 574
50 OPEN "UDOS.TUD" FOR OUTPUT AS #2
60 OPEN "UTRES.TUD" FOR OUTPUT AS #3
70 OPEN "UCUATRO.TUD" FOR OUTPUT AS #4
80 OPEN "UDOS.PRU" FOR OUTPUT AS #5
81 OPEN "UUNO.PRU" FOR OUTPUT AS #11
200 OPEN "SON42EST.DAT" FOR INPUT AS #1
202 OPEN "PMEDIA.DAT" FOR INPUT AS #10
204 OPEN "SUA42GRA.PRE" FOR INPUT AS #9
206 OPEN "SUA42PEQ.PRE" FOR INPUT AS #8
210 FOR Z=1 TO NEST
220 REM EN ESTE ARCHIVO ES TODO ORIGINAL. SOLO F4GR RED.C/R A VILLAGUAY
230 INPUT #1, E, F4PSAL, F4PSAC, F4PAP, F4PAG, F4PA, F4GA, CIC4, F4SL, F4GR
260 F4CERO = NT - F4GA - F4PA: F3CERO=F4CERO
262 CF2=(F4CERO-FICERO)/ALF: IF CF2<0 THEN CF2=0
264 CF = F3CERO - FICERO: CF1=CF-CF2
270 REM GOTO 292
280 PRINT #5, USING"####";E;
289 PRINT #5, USING"#####";F4PSAL;F4PSAC;F4PAP;F4PAG;F4PA;CIC4;F4SL
290 PRINT #11, USING"####";E;
291 PRINT #11, USING"#####";F4GSAL;F4GSAC;F4GAP;F4GAG;F4GA;CIC4;F4SL
292 REM LEE ARCHIVO DE FRECUENCIAS RED/EXPANDIDAS VALORES PEQ./PREC.
294 INPUT #8, E2, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, F4PV
296 IF E2<>E THEN PRINT "MALA LECTURA DE SON42PEQ.PRE EN EST.";E
298 F4PSAL=P1+P2: F4PSAC=P3+P4: F4PAP=P5+P6: F4PAG=P7+P8
320 REM LEE ARCHIVO DE FRECUENCIAS RED/EXPANDIDAS VALORES GRANDES/PREC.
322 INPUT #9, E2, G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, F4GV
324 F4GSAL=G1+G2: F4GSAC=G3+G4: F4GAP=G5+G6: F4GAG=G7+G8
325 IF E2<>E THEN PRINT "MALA LECTURA DE SON42GRA.PRE EN EST.";E
330 F4P = F4PSAL+F4PSAC+F4PAP+F4PAG
332 F4G = F4GSAL+F4GSAC+F4GAP+F4GAG: F4LL=F4P+F4G
380 F3GF1= (FILL-F4G-C4-CF) / ( (FILL-CF)/(C1*CF1+.00001) - 1 + C3 )
382 F3GF2= CF2*(FILL-F4G+F3GF1*(1-C3)-CF)/(FILL-CF-CF2)
390 F3GF= F3GF1 + F3GF2
400 REM CALCULA LA FRECUENCIA DE GF QUE POR EVAPORACION SE VEN COMO GFE
410 F4GFE= C3 * F3GF1 + C4
418 IF E<>12 AND E<>19 THEN T3GF1=T3GF1+F3GF1: T3GF2 = T3GF2 + F3GF2
420 IF E<>12 AND E<>19 THEN T3GFM=T3GFM+F3GF: T4GFE = T4GFE + F4GFE
430 F3G = F4G + F4GFE: F3P=F4P-F4GFE
440 F2G= F3G - F3GF :F1G= F2G + CF2: F1P= FILL - F1G: F2P=F1P-CF1

```

```

442 F2PI=F3P + F3GF
444 CF1NU=F1P-F2PI
445 IF CF1NU-CF1>.1 THEN PRINT E;
446 IF E<>12 AND E<>19 THEN TF1NU=TF1NU+CF1NU-CF1
450 IF E<>12 AND E<>19 THEN T1G= T1G + F1G:T4G=T4G+F4G:M=M+1:T1P=T1P+F1P
460 IF E<>12 AND E<>19 THEN T4CERO= T4CERO + F4CERO: TCF2=TCF2+CF2
462 IF E=6 OR E=12 OR E=19 THEN PRINT "FIG SINOP=";F1G
464 PCP=CF1/F1P: PCG=CF2/F1G: PCLL=CF/FILL
466 REM GOTO 490
468 INPUT #10, E2, BASURA, PMED
469 IF E2<>E THEN PRINT "MALA LECTURA DE PMEDIA.DAT EN EST. ";E
470 PRINT #2, USING"###";E;
472 PRINT #2, USING"#####";F4PA;F4GA;F4LL;F4CERO;PMED;F4P;F4G;CF
474 PRINT #3, USING"###";E;
476 PRINT #3, USING"#####. #";CF1;CF2;F3GF1;F3GF2;F3GF;F4GFE;F3G;F3P
478 PRINT #4, USING"###";E;
479 PRINT #4, USING"#####. #";F2P;F1P;F2G;F1G;
480 PRINT #4, USING"#####. #";PCP;PCG;PCLL
490 NEXT Z
492 CLOSE #1
494 CLOSE #2
496 CLOSE #3
498 CLOSE #4
500 CLOSE #5
501 CLOSE #8
502 CLOSE #9
503 CLOSE #10
504 CLOSE #11
508 PRINT "COMPENSA CF1 Y CF2";TF1NU/M;TF2NU/M
509 F4GBAR=T4G/M: F3GF1M=T3GF1/M: F4GFEM=T4GFE/M : F1PMED=T1P/M
510 PRINT "M=";M;" F4GBAR=";F4GBAR;" F3GF1M=";F3GF1M;" F4GFEM=";F4GFEM
520 F1GBAR= T1G/M: F3GF2M=T3GF2/M: F3GF2M=T3GF2/M
530 PRINT"F3GF1 Y 2 MED.=";F3GF1M;F3GF2M
540 XBAR= T4CERO/M - F1CERO: CF2M=TCF2/M: CF1M=XBAR-CF2M
550 REM CALCULA Y1BAR, Y2BAR (F3GF1 Y 2 MEDIOS) EN F.DE X1BAR Y X2BAR(CF MED10)
560 Y1BAR= (FILL-F4GBAR-C4-XBAR) / ( (FILL-XBAR)/(C1*CF1M) - 1 + C3 )
562 Y2BAR= CF2M*(FILL-F4GBAR+Y1BAR*(1-C3)-XBAR)/(FILL-XBAR-CF2M)
564 YBAR= Y1BAR + Y2BAR: PRINT "F3GF1M Y F3GF2M=";Y1BAR; Y2BAR
570 PRINT "F1G, CF, CF2, F3GF Y F4GFE MED. ";USING"#####. #";F1GBAR;XBAR;CF2M;YBAR;F4G
FEBAR
572 PRINT "F1PMED=";F1PMED : REM GOTO 22
573 REM GOTO 590
574 OPEN "UTRES.PRU" FOR OUTPUT AS #3
576 OPEN "UCUATRO.PRU" FOR OUTPUT AS #4
578 OPEN "UCINCO.PRU" FOR OUTPUT AS #5
580 OPEN "USEIS.PRU" FOR OUTPUT AS #6
582 OPEN "USIETE.PRU" FOR OUTPUT AS #7
584 OPEN "UOCHO.PRU" FOR OUTPUT AS #8
586 OPEN "UNUEVE.PRU" FOR OUTPUT AS #9
588 OPEN "UDIEZ.PRU" FOR OUTPUT AS #10
590 OPEN "UONCE.PRU" FOR OUTPUT AS #11
592 OPEN "UDOCE.PRU" FOR OUTPUT AS #12
594 OPEN "UTREDE.PRU" FOR OUTPUT AS #13
600 OPEN "SON42EST.DAT" FOR INPUT AS #1

```

```

602 OPEN "SUA42GRA.PRE" FOR INPUT AS #2
604 OPEN "SUA42PEQ.PRE" FOR INPUT AS #14
606 REM OPEN "SEMANA.DAT" FOR INPUT AS #15
630 TIG=0
640 FOR Z=1 TO NEST
650 INPUT #1, E, F4PSAL, F4PSAC, F4PAP, F4PAG, F4PA, F4GA, CIC4, F4SL, F4GR
652 REM LEE ARCHIVO DE FRECUENCIAS RED/EXPANDIDAS VALORES PEQ./PREC.
654 INPUT #14, E2, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7, P8, F4PV
656 IF E2(>)E THEN PRINT "2DA. MALA LECTURA DE SON42PEQ.PRE EN EST. ";E
658 F4PSAL=P1+P2: F4PSAC=P3+P4: F4PAP=P5+P6: F4PAG=P7+P8
660 REM LEE ARCHIVO DE FRECUENCIAS RED/EXPANDIDAS VALORES GRANDES/PREC.
662 INPUT #2, E2, G1, G2, G3, G4, G5, G6, G7, G8, F4GV
664 IF E2(>)E THEN PRINT "2DA. MALA LECTURA DE SON42GRA.PRE EN EST. ";E
666 F4GSAL=G1+G2: F4GSAC=G3+G4: F4GAP=G5+G6: F4GAG=G7+G8
668 F4P = F4PSAL+F4PSAC+F4PAP+F4PAG
670 F4G = F4GSAL+F4GSAC+F4GAP+F4GAG: F4LL=F4P+F4G
710 F4CERO = NT - F4LL: F3CERO=F4CERO
712 CF2=(F4CERO-F1CERO)/ALF: IF CF2(<0) THEN CF2=0
720 CF = F3CERO - F1CERO: CF1=CF-CF2
780 PSAL=F4PSAL/F4P: PSL=F4SL/CIC4: GSAL=F4GSAL/F4G
790 REM GOTO 830
800 PRINT #3, USING "###";E;
810 PRINT #3, USING "#####. #"; F4PSAL; F4PSAC; F4PAP; F4PAG; F4P; CF1;
820 PRINT #3, USING "#####. ##"; PSAL; PSL
830 LGM=F4CERO/CIC4: LGMC=2.2: LGML= (F4CERO-LGMC*(CIC4-F4SL))/F4SL
840 F4PSA= F4PSAL+F4PSAC
850 REM CALCULA EL VERDADERO GF SI NO HUBIERA HABIDO EVAPORAC.AL ARRASTRAF
860 F3GF1= (F1LL-F4G-C4-CF) / ( (F1LL-CF)/(C1*CF1+.00001) - 1 + C3 )
862 F3GF2= CF2*(F1LL-F4G+F3GF1*(1-C3)-CF)/(F1LL-CF-CF2)
870 F3GF= F3GF1 + F3GF2
880 REM CALCULA LA FRECUENCIA DE GF QUE POR EVAPORACION SE VEN COMO GFE
890 F4GFE= C3 * F3GF1 + C4
900 F3G = F4G + F4GFE
910 F3P= F4P - F4GFE: F3LL= F3P + F3G
920 F2G= F3G - F3GF: F1G= F2G + CF2: TOTNO= F3P + F3GF
930 F2P= TOTNO: F2LL= F2G + F2P
940 TIG= TIG + F1G
950 F1P= NT -F1CERO -F1G
952 F1LL= F1G + F1P
960 REM REDUCE/EXPANDE LAS FREC.DE LOS 4 GRUPOS EN LA SERIE 1.
962 F1PSAL= F4PSAL * F1P / F4P
964 F1PSAC= F4PSAC * F1P / F4P
965 F1PSA=F1PSAL+F1PSAC
966 F1PAP= F4PAP * F1P / F4P
968 F1PAG= F4PAG * F1P / F4P
972 F1GSAL= F4GSAL * F1G / F4G
982 F1GSAC= F4GSAC * F1G / F4G
984 F1GSA=F1GSAL+F1GSAC
992 F1GAP= F4GAP * F1G / F4G
994 F1GAG= F4GAG * F1G / F4G
996 F1LLSAL= F1GSAL + F1PSAL
1010 REM GOTO 1040
1020 PRINT #4, USING "###";E;
1030 PRINT #4, USING "#####. #"; F1PSAL; F1PSAC; F1PAP; F1PAG; F1P; F2P

```

```

1040 F2P= F1P - CF1: REM PRINT "TOTNO Y F2P";TOTNO;F2P
1050 F3SL= F4SL+1: CIC3=CIC4: F3SC=CIC3-F3SL
1070 REM CALCULA F3(P,AGF) Y F4(P,AGFE)
1080 F3PAGF = F4PAP *F3GF / F4P
1082 F3GAGF = F4GAP *F3GF / F4P
1090 F3PAGF1 = F4PAP *F3GF1 / F4P: F3PAGF2= F3PAGF - F3PAGF1
1092 F3GAGF1 = F4GAP *F3GF1 / F4P: F3GAGF2= F3GAGF - F3GAGF1
1100 F4PAGFE = F3PAGF1 * F4GFE / F3GF1
1102 F4GAGFE = F3GAGF1 * F4GFE / F3GF1
1110 REM CALCULA F3(GF,SAL) Y F3(GF,SAC)
1120 F3GFSAL= F3GF*F4PSAL / ( F4PSA + F4GFE * (LGML/LGM - 1) )
1130 F3GF1SAL= F3GF1*F4PSAL / ( F4PSA + F4GFE * (LGML/LGM - 1) )
1140 F3GFSAC= F3GF - F3GFSAL: F3GF2SAL= F3GFSAL - F3GF1SAL
1150 REM CALCULA F4(GFE,SAL) Y F4(GFE,SAC)
1160 F4GFESAL= F4GFE * F3GF1SAL/F3GF1 * LGML/LGM
1170 F4GFESAC= F4GFE - F4GFESAL
1180 REM REDUCE LAS FP QUITANDO LOS GF QUE POR EVAPORAC. SE VEIAN COMO REQ.
1190 F3PAP = F4PAP - F4PAGFE
1200 F3PSAL = F4PSAL - F4GFESAL
1210 F3PSAC = F4PSAC - F4GFESAC
1220 F3PSA = F3PSAL + F3PSAC
1230 F3PAG = F4PAG + F4PAGFE
1232 F3GAP = F4GAP - F4GAGFE
1234 F3GSAL = F4GSAL + F4GFESAL
1236 F3GSAC = F4GSAC + F4GFESAC
1238 F3GSA = F3GSAL + F3GSAC
1239 F3GAG = F4GAG + F4GAGFE
1240 REM GOTO 1200
1250 PRINT #5, USING"###";E;
1260 PRINT #5, USING "#####. #";F3PSAL;F3PSAC;F3PAP;F3PAG;F3P;
1270 PRINT #5, USING "#####. #";F3GF;F4GFE
1280 GOTO 1362
1290 LPRINT "EST.";E; " F3(GF) Y F4(GFE)"; USING "###. #"; F3GF; F4GFE;
1300 LPRINT " F3(G)="; USING "###. #"; F3G;
1310 LPRINT " F4(CF)=";CF
1320 LPRINT"CF1, CFGRA, F3GF1 Y F3GFGRA "; USING"#####. #";CF1;CFGRA;F3GF1;F3GF-
1330 LPRINT"S4 "; USING"#####. #";F4PSAL;F4PSAC;F4PAP;F4PAG;F4P
1340 LPRINT"S3 "; USING"#####. #";F3PSAL;F3PSAC;F3PAP;F3PAG;F3P
1350 REM F2PAG
1360 LPRINT "F3(P,AGF) Y F4(P,AGFE)"; USING "#####. #"; F3PAGF; F4PAGFE
1362 R= (F1PAG - (F3PAG-F3PAGF))/F1PAG
1364 F2=CF2/F1G
1366 T3= (R-F2)/(1-F2)
1370 F3GFACF2=(1 - T3)*F2*F1PAG
1371 F3GACF2= (1-CF2/F1G)*CF2/F1G*F1GAG
1372 F2PAG= F3PAG - F3PAGF + F3GFACF2
1374 F2GAG= F3GAG - F3GAGF + F3GACF2
1380 REM F2PAP
1382 F3GACF1= (1-CF2/F1G)*(CF1 / F1P)*F1GAP
1386 F3GACF= F3GACF1 + F3GACF2
1390 P2 = (CF1 / F1P)
1400 Q = (F1PAP - (F3PAP + F3PAGF)) / F1PAP
1410 P1 = (Q-P2) / (1-P2)
1420 OMEGA1= P1 * (1- P2) * F1PAP

```

```

1430 OMEGA2= P2 * (1- P1) * F1PAP
1440 OMEGA3= P1 * P2 * F1PAP
1450 F2PAP = F3PAP + F3PAGF + OMEGA2
1452 F2GAP = F3GAP + F3GAGF + F3GACF1
1460 GOTO 1500
1470 LPRINT "P1, P2, W1, W2 Y W3"; USING "#####.##";P1;P2;OMEGA1;OMEGA2;DIF
1480 REM F2PSAC
1490 LPRINT "F(GF,SAC)="; USING "###.#";F3GFSAC;
1500 SALF= F3SL - (F1PSAL/F1P)*F3P - (F1GSAL/F1G)*F3G
1504 PSLF=SALF/F3SL
1505 F3GSALF= F3GSAL - (F1GSAL/F1G)*F3G
1506 F3PSALF= F3PSAL - (F1PSAL/F1P)*F3P
1508 F3GFSALF= F3GFSAL - (F1PSAL/F1P)*F3GF
1510 REM F3PSALF1= F3PSAL - F1PSAL/F1PSA * F3PSA
1511 REM F3GSALF1= F3GSAL - F1GSAL/F1GSA * F3GSA
1512 REM F3GFSALF1= F3GFSAL - F1PSAL/F1PSA * F3GF
1516 TPSALF=TPSALF + F3PSALF
1518 REM TPSALF1=TPSALF1 + F3PSALF1
1520 F2PSAC= F3PSAC + F3GFSAC + F3PSALF + F3GFSALF - OMEGA2 - F3GFACF2
1522 F2GSAC= F3GSAC - F3GFSAC + F3GSALF - F3GFSALF - F3GACF
1523 DIF=F3PSALF+F3GSALF-SALF
1524 REM DIF1=F3PSALF1+F3GSALF1-SALF
1525 PRINT DIF,DIF1: TIF=TIF+DIF: TIF1=TIF1+DIF1
1530 REM F2PSAL
1540 REM LPRINT "F(GF,SAL)="; USING "###.#";F3GFSAL;
1550 F2PSAL= F3PSAL + F3GFSAL - F3PSALF - F3GFSALF
1552 F2GSAL= F3GSAL - F3GFSAL - F3GSALF + F3GFSALF
1556 REM GOTO 1630
1560 PRINT #12,USING "###";E;
1570 PRINT #12,USING "#####.#";F4GFESAL;F4GFESAC;
1580 PRINT #12,USING "#####.#";LGML;OMEGA1;OMEGA2;OMEGA3;
1590 PRINT #12,USING "#####.#";P1;P2;T3
1600 PRINT #13,USING "###";E;
1610 PRINT #13,USING "#####.#";F3PAGF1;F3PAGF2;F4PAGFE;F3GF1SAL;
1620 PRINT #13,USING "#####.#";F3GF2SAL;F4GFESAL;F4GFESAC;F3GFACF2
1630 TOTAX=F2PSAL + F2PSAC + F2PAP + F2PAG
1640 F21=F2PSAL/TOTNO
1650 F22=F2PSAC/TOTNO
1660 F23=F2PAP/TOTNO
1662 F24=F2PAG/TOTNO
1664 F31=F2GSAL/F2G
1666 F32=F2GSAC/F2G
1668 F33=F2GAP/F2G
1670 F34=F2GAG/F2G
1672 REM GOTO 1790
1680 PRINT #6,USING "###";E;
1690 PRINT #6,USING "#####.#";F2PSAL;F2PSAC;F2PAP;F2PAG;
1700 PRINT #6,USING "#####.#";F21;F22;F23;F24
1710 PRINT #7,USING"###";E;
1720 PRINT #7,USING "#####.#";F3PSAL;F3GFSAL;F3PSALF;F3GFSALF;F2PSAL
1730 PRINT #8,USING"###";E;
1740 PRINT #8,USING "#####.#";F3PSAC;F3GFSAC;F3PSALF;F3GFSALF;OMEGA2;F3GFACF1
F2PSAC
1750 PRINT #9,USING"###";E;

```

```

1760 PRINT #9, USING "#####. #"; F3PAP; F3PAGF; OMEGA2; F2PAP
1770 PRINT #10, USING "###"; E;
1780 PRINT #10, USING "#####. #"; F3PAG; F3PAGF; F3GFACF2; F2PAG
1790 PCONDL= (1 - F2PSAL/F1PSAL): TSAL=TSAL+PCONDL
1800 PCONDC= (1 - F2PSAC/F1PSAC): TSAC=TSAC+PCONDC
1810 PCONDP= (1 - F2PAP/F1PAP): TAP= TAP +PCONDP
1820 PCONDG= (1 - F2PAG/F1PAG): TAG= TAG +PCONDG
1822 PCANDL= (1 - F2GSAL/F1GSAL): ASAL=ASAL+PCANDL
1824 PCANDC= (1 - F2GSAC/F1GSAC): ASAC=ASAC+PCANDC
1826 PCANDP= (1 - F2GAP/F1GAP): AAP= AAP +PCANDP
1828 PCANDG= (1 - F2GAG/F1GAG): AAG= AAG +PCANDG
1829 PRINT CF1; F1P-F2PSAL-F2PSAC-F2PAP-F2PAG
1830 PCONDM=CF1 / F1P
1832 PCANDM=CF2 / F1G
1840 P11=PCONDL/(PCONDM + .00001)
1850 P12=PCONDC/(PCONDM + .00001)
1860 P13=PCONDP/(PCONDM + .00001)
1870 P14=PCONDG/(PCONDM + .00001)
1872 P31=PCANDL/(PCANDM + .00001)
1874 P32=PCANDC/(PCANDM + .00001)
1876 P33=PCANDP/(PCANDM + .00001)
1878 P34=PCANDG/(PCANDM + .00001)
1880 REM GOTO 1920
1890 PRINT #11, USING "###"; E;
1900 PRINT #11, USING "#####. #"; PCONDL; PCONDC; PCONDP; PCONDG;
1902 PRINT #11, USING "#####. #"; P11; P12; P13; P14
1920 REM IMPRESION
1930 GOTO 2140
1940 LPRINT: LPRINT "S2 ";
1950 LPRINT USING "#####. #"; F2PSAL;
1960 LPRINT USING "#####. #"; F2PSAC;
1970 LPRINT USING "#####. #"; F2PAP;
1980 LPRINT USING "#####. #"; F2PAG;
1990 LPRINT USING "#####. #"; TOTAX;
2000 LPRINT USING "#####. #"; TOTNO
2010 LPRINT "S2% ";
2020 LPRINT USING "###. ##"; F21;
2030 LPRINT USING "###. ##"; F22;
2040 LPRINT USING "###. ##"; F23;
2050 LPRINT USING "###. ##"; F24;
2060 SUM100=F21 + F22 + F23 + F24
2070 LPRINT USING "#####. #"; SUM100;
2080 LPRINT USING "###. ##"; PCONDL;
2090 LPRINT USING "###. ##"; PCONDC;
2100 LPRINT USING "###. ##"; PCONDP;
2110 LPRINT USING "###. ##"; PCONDG
2120 LPRINT "S1 "; USING "#####. #"; F1PSAL; F1PSAC; F1PAP; F1PAG; F1P
2130 LPRINT: LPRINT : LPRINT
2140 N=N+1: GOTO 2416
2142 INPUT #15, E2, F4PVA, F4PSA, F4GSA, F4GDJA, F4GVA, F4G2
2144 IF E2(>)E THEN PRINT "2DA. MALA LECTURA DE SEMANA. DAT EN EST. "; E
2146 IF F4G2(>)F4GA THEN PRINT "DISTINTO F4GA EN EST. "; E
2147 F4PDJA=F4PA-F4PSA-F4PVA
2148 F4GDJA=F4GA-F4GSA-F4GVA

```

```

2149 F4LLDJA=F4PDJA+F4GDJA
2150 F4LLSA=F4PSA+F4GSA: F4LLVA=F4PVA+F4GVA
2151 F4PS=P1+P3+P5+P7: F4PNS=P2+P4+P6+P8
2152 F4GS=G1+G3+G5+G7: F4GNS=G2+G4+G6+G8
2153 F4PDJ=F4P-F4PS-F4PV
2154 F4GDJ=F4G-F4GS-F4GV
2156 F4LLDJ=F4PDJ+F4GDJ
2158 F4LLS=F4PS+F4GS: F4LLV=F4PV+F4GV
2166 PRINT #3, USING "###";E;
2168 PRINT #3, USING "#####";F4PSA;F4PDJA;F4PVA;F4PA;
2170 PRINT #3, USING "#####. #";F4PS;F4PDJ/5;F4PV;F4P
2172 PRINT #4, USING "###";E;
2174 PRINT #4, USING "#####";F4GSA;F4GDJA;F4GVA;F4GA;
2176 PRINT #4, USING "#####. #";F4GS;F4GDJ/5;F4GV;F4G
2182 F2PS=TOTNO*F4PS/F4P: F2PNS=TOTNO-F2PS
2184 F3GFS= F3GF*F2PS/TOTNO: F3GFNS= F3GF-F3GFS
2190 F3GF1S= F3GF1*F2PS/TOTNO: F3GF1NS= F3GF1 - F3GF1S
2200 F4GFES= C3*F3GF1S + C4: F4GFENS= F4GFE - F4GFES
2210 F2GS= F4GS-F3GFS+F4GFES: F2LLS=F2PS+F2GS: F2GNS=F2G-F2GS
2220 F4GNS= F4G-F4GS: F4PNS= F4P-F4PS
2232 F4GSCO=F4GDJ/5: IF F4GSCO<F4GS THEN F4GSCO=F4GS
2234 F4GCU=F4GDJ + F4GV + F4GSCO
2240 F1GNS=F1G*(F4GNS/F4GCU): F1GS=F1G-F1GNS
2250 CF2S=F1GS-F2GS: IF CF2S<0 THEN CF2S=0
2252 CF2NS=F1GNS-F2GNS: IF CF2NS<0 THEN CF2NS=0
2260 AUX2=CF2: CF2= CF2S+CF2NS: PCONDG= CF2/F1G
2270 PCONDGS= CF2S/F1GS: PCONDGNS= CF2NS/F1GNS
2282 F4PSCO=F4PDJ/5: IF F4PSCO<F4PS THEN F4PSCO=F4PS
2284 F4PCU=F4PDJ + F4PV + F4PSCO
2290 F1PNS=F1P*(F4PNS/F4PCU): F1PS=F1P-F1PNS
2300 CF1S=F1PS-F2PS: IF CF1S<0 THEN CF1S=0
2302 CF1NS=F1PNS-F2PNS: IF CF1NS<0 THEN CF1NS=0
2304 AUX1=CF1: CF1= CF1S+CF1NS: PCONDP= CF1/F1P
2306 REM PRINT "CF1, AUX1, CF2, AUX2":CF1;AUX1;CF2;AUX2;CF1+CF2-AUX1-AUX2
2307 PRINT #10, USING "###";E;
2308 PRINT #10, USING "#####";F4LLS;F4LLDJ;F4LLV;F4LL;F4CERO;
2309 PRINT #10, USING "#####. #";F4LLDJ/5;CF1;CF2
2310 PCONDPS= CF1S/F1PS: PCONDPNS= CF1NS/F1PNS
2320 RS1=F4PS/F4P : RNS1=F4PNS/F4P
2330 RS2=F4GS/F4G: RNS2=F4GNS/F4G
2360 PRINT #5, USING "###";E;
2362 PRINT #5, USING "#####. #";CF2S;CF2NS;F1GS;F1GNS;
2370 PRINT #5, USING "#####. #";PCONDGS;PCONDGNS;
2380 PRINT #5, USING "#####";(PCONDGS-PCONDGNS)*100
2390 PRINT #6, USING "###";E;
2392 PRINT #6, USING "#####. #";F2GS;F2GNS;F2G;
2394 PRINT #6, USING "#####. #";RS2;RNS2; F4GS/F4GSCO
2400 PRINT #7, USING "###";E;
2402 PRINT #7, USING "#####. #";F3GFS;F3GFNS;F3GF1S;
2404 PRINT #7, USING "#####. #";F3GF1NS;F4GFES;F4GFENS
2405 REM IMPRESION REQ. SEGUN DIA DE LA SEMANA
2406 PRINT #8, USING "###";E;
2408 PRINT #8, USING "#####. #";CF1S;CF1NS;F1PS;F1PNS;
2410 PRINT #8, USING "#####. #";PCONDPS;PCONDPNS;
2412 PRINT #8, USING "#####";(PCONDPS-PCONDPNS)*100
2413 PRINT #9, USING "###";E;
2414 PRINT #9, USING "#####. #";F2PS;F2PNS;F2P;

```

```
2415 PRINT #9, USING "#####.##";RS1;RNS1;F4PS/F4PSCO
2416 NEXT Z
2417 TSAL=TSAL/(N-2): LPRINT TSAL;
2418 TSAC=TSAC/(N-2): LPRINT TSAC;
2419 TAP =TAP / (N-2): LPRINT TAP;
2420 TAG =TAG / (N-2): LPRINT TAG
2421 ASAL=ASAL/(N-2): LPRINT ASAL;
2422 ASAC=ASAC/(N-2): LPRINT ASAC;
2423 AAP =AAP / (N-2): LPRINT AAP;
2424 AAG =AAG / (N-2): LPRINT AAG
2425 LPRINT "TPSALF Y TPSALF2 "; TPSALF/(N-2); TPSALF2
2427 LPRINT "TIF Y TIF1 "; TIF; TIF1
2428 CLOSE #1
2430 CLOSE #2
2450 PRINT "N=";N
2460 FIGBAR= TIG/N
2470 PRINT "FIG MEDIO=";FIGBAR
2490 CLOSE #3
2510 CLOSE #4
2520 CLOSE #5
2530 CLOSE #6
2540 CLOSE #7
2550 CLOSE #8
2560 CLOSE #9
2570 CLOSE #10
2580 CLOSE #11
2590 CLOSE #12
2600 CLOSE #13
2610 END
```

```

C   PROGRAMA ALTERA.FOR
COMMON/A4/ N(8,2),NN(3,2),NG(4,2),F(3,2),IALT(8)
COMMON/A6/ SERIE(S113)
COMMON/A7/ JULCOM,JULFIN
COMMON/A8/ PR(8),ISEM,SWEVAP,ITMED(S113),TEVAP,TGF,ITGF,TGFE,ITGFE
INTEGER LG(12),F,TOTNO,TEVAP
      INTEGER TGF,TGFE,P
      INTEGER D(31),SERIE
CHARACTER*25 ARCHIVO,RESULTADO
CHARACTER*2 PRO
C   OJO!!!!!! AL PASAR A OTRO EQUIPO HAY QUE INICIALIZAR IX
C   DATA IX/25000*0/
C   DATA (LG(I),I=1,12) /31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31/
C   HACE 30 CICLOS PARA VER COMO FLUCTUA TEVAP. CAMBIA EL ISEM EN C/RUN

      OPEN(UNIT=18,FILE='LLAMAPUS.PAR',STATUS='OLD')
      READ(18,*)ARCHIVO
      READ(18,*)IAC,MESC,IDIAC
      READ(18,*)IAE,MESE,IDIAE,SWEVAP
      READ(18,*)(PR(I),I=1,8),ISEM
      CLOSE(18)
      IF(IAE.LT.IAC.OR.IAE.EQ.IAC.AND.MESE.LE.MESC)THEN
        STOP 'ERROR EN FECHA'
      ENDIF

C   CALCULA EL DIA JULIANO DEL COMIENZO Y DEL FINAL
      JULCOM=JULIANO(IAC,MESC,IDIAC)
      JULFIN=JULIANO(IAE,MESE,IDIAE)
      LONG=JULFIN-JULCOM+1
C   LEE LA SERIE BUENA Y LA GUARDA EN EL VECTOR SERIE(J)
100  FORMAT(2I2)
200  FORMAT(2I2,31I4)
      IPRIM=1
      ICONTROL=1
      OPEN(UNIT=24,TYPE='OLD',NAME=ARCHIVO)
      JJ=0

      DO WHILE (ICONTROL.EQ.1)
C   LEE UN ARCHIVO DE UN MES DE DATOS DIARIOS
      IF(IPRIM.EQ.1)THEN
        READ(24,100,END=73)IAN,IM
C   EL PROGRAMA ASUME QUE IDIAC=1 (PRINCIPIO DE MES)
        IF (IAN.GT.IAC.OR.IAN.EQ.IAC.AND.IM.GE.MESC)THEN
          IPRIM=0
          BACKSPACE(24)
        END IF
      ELSE
        IF(IM.EQ.2) CALL FEBRERO(IAN,LG(2))
        READ(24,200)IAN,IM,(D(J),J=1,31)
        DO J=1,LG(IM)
          JJ=JJ+1
          SERIE(JJ)=D(J)
        END DO
      END IF
    END WHILE

```

```

        CONDICION DE FINAL DE LECTURA DE ARCHIVO
        IF(IAN.EQ.1AF.AND.IM.EQ.MESE) ICONTROL=0
        ENDDC
73      CLOSE(24)
C LEE LA TEMPERATURA SI SWEVAP=1 (SIN DIAS FALTANTES)
        IF(SWEVAP.EQ.1) THEN
            JJ=0
            IPRIM=1
            ICONTROL=1
            OPEN(UNIT=24,TYPE='OLD',NAME='TMED.DAT')
            DO WHILE(ICONTROL.EQ.1)
                IF(IPRIM.EQ.1) THEN
                    READ(24,*,END=71) JUL
                    IF(JUL.GE.JULCOM) THEN
                        BACKSPACE(24)
                        IPRIM=0
                    END IF
                ELSE
                    JJ=JJ+1
                    READ(24,*,END=71) JUL,ITMED(JJ)
                END IF
                IF(JUL.GE.JULFIN) ICONTROL=0
            END DO
        END IF
71      CLOSE(24)
400     FORMAT(10I6)
C CUENTA LOS VALORES PEQ.PARA CADA SITUACION EN LAS SERIES B Y
C CREA UN ARCHIVO PARA SER LEIDO POR GRAN4G.FOR
        ENCODE(2,'(I2)',PRO)INT(PR(2)*100)
        RESULTADO='LLAMA'//PRD//'.RES'
        OPEN(UNIT=11,FILE=RESULTADO,STATUS='NEW')
        DO I=1,50
            ISEM=ISEM+3
            DO L=1,1
                LLAVE=2-I
                CALL POSIATE(11,LLAVE)
                ATEVAP=ATEVAP+REAL(TEVAP)
                ATGFE=ATGFE+REAL(ITGFE)
                ATGFE=ATGFE+REAL(TGFE)
                ATGFE=ATGFE+REAL(ITGFE)
                ATGFE=ATGFE+REAL(TGFE)
            CC TOTNO=NN(2,1)-(NN(1,2)-NN(1,1))
            CC IPF=TOTNO-NN(2,2)
            CC IF(E(1,1)+E(2,1)+E(3,1).LT.IPF)TYPE*, 'ERROR EN CALCULO DE F'
            IF(1,1.EQ.1) THEN
                WRITE(11,*) (PR(L),L=1,4)
                WRITE(11,400) IAC,MESC,1AF,MESE
                WRITE(11,400) (NG(1,1),I=1,4),(NN(1,1), I=1,3)
                WRITE(11,*)
            END IF
            CC WRITE(11,400) (NG(1,2),I=1,4),(NN(1,2), I=1,3)
            CC WRITE(11,*) TOTNO IPF TEVAP ITGFE TGFE ITGFE TGFE'
            TGE=0
            DO J=1,

```

```

      ICF=ICF+IALT(2*J-1)+IALT(2*J)
CC      NG(J,1)=N(2*J-1,1)+N(2*J,1)-IALT(2*J-1)-IALT(2*J)
      ENDDO
      AICF=AICF+REAL(ICF)
      WRITE(11,400) ICF,TEVAP,ITGF,TGF,ITGFE,TGFE
CC      WRITE(11,400)(NG(J,1), J=1,4)
CC      WRITE(11,*)
C ESTE ES EL FIN DO DE 11 (LLAVE=1,2)
      END DO
C HACE ESTO 50 VECES
      END DO
      NT=111-1
      AICF=AICF/NT
      ATEVAP=ATEVAP/NT
      AITGF=AITGF/NT
      ATGF=ATGF/NT
      AITGFE=AITGFE/NT
      ATGFE=ATGFE/NT
      WRITE(11,500) AICF,ATEVAP,AITGF,ATGF,AITGFE,ATGFE
500     CLOSE(11)
      FORMAT(F6.1,F6.0,F6.1,F6.0,F6.1,F6.0)
      END

```

```

SUBROUTINE POSIALTE(1,LLAVE)
COMMON/A4/ N(8,2),NN(3,2),NG(4,2),F(3,2),IALT(8)
COMMON/A6/ SERIE(5113)
COMMON/A7/ JULCOM,JULFIN
COMMON/A8/ PR(8),ISEM,SWEVAP,ITMED(5113),TEVAP,TGF,ITGF,TGFE,ITGFE
INTEGER DIASEM,DIACOM,F,SERIE,P,PANT,ARRASTRE,EVAP,TEVAP,A ORIG
INTEGER TGF,TGFE,PMOD,PMODORIG

```

```

C NN(1,1)=CANT.CERUS NN(2,1)=CANT.PEQ. NN(3,1)=CANT.GRANDES
      IF(LLAVE.EQ.1)THEN
        DO J=1,8
          IALT(J)=0
        END DO
      ENDIF
      DO J=1,8
        N(J,1)=0
      END DO
      DO J=1,3
        F(J,1)=0
      END DO
      DO J=1,3
        NN(J,1)=0
      END DO
      DO J=1,4
        NG(J,1)=0
      END DO
      ISA=0
      PANT=0
      PMOD=0

```

```

PMODURIG=0
ARRAURIG=0
ARRASTRE=0
TEVAP=0
TGF=0
ITGF=0
TGYE=0
ITGYE=0

DO J=1,JULFIN-JULCOM+1
    JJ=J+JULCOM-1
    P=SERIE(J)
C   JULIAN=I CURRESONDE AL DOMINGO 1/01/1961
C   DIASEM=0 EN SABADO, 1 EN DOMINGO, ..., 6 EN VIERNES
    DIASEM=JJ-(7*INT(JJ/7))

    IF (DIASEM.EQ.0) THEN
        NS=0
    ELSE
        NS=1
    END IF
C   IF(SWEVAP.EQ.1.AND.ARRASTRE.GT.0)THEN
    TYPEA,'SWEVAP ARRASTRE',SWEVAP,ARRASTRE
        EVAP=0.029*ITMED(J)-0.196
        IF(EVAP.GT.ARRASTRE)EVAP=ARRASTRE
        ARRASTRE=ARRASTRE-EVAP
        TEVAP=TEVAP+EVAP
    END IF
C   COMIENZA CON LOS CEROS
    IF (P.EQ.0) THEN
        PMOD=0
        PMODURIG=0
        IW=1
        NN(1,I)=NN(1,I)+1
        LSA=LSA+1
    ELSE
        PMOD=P+ARRASTRE
        PMODURIG=P+ARRAURIG
C   CONTINUA CON PEQUENIOS
        IF (P.LE.49) THEN
            IF(PANT.GT.0.AND.PANT.LE.49) THEN
                IF(P+ARRASTRE.GT.49)F(3,I)=F(3,I)+1
            ENDIF
C   IWA=1 ES SECUENCIA DE CEROS DE 1 A 4 DIAS- MAYOR QUE 4 ES IWA=0
C   CON SECUENCIA ANTERIOR CORTA
            IF(LSA.LE.4 .AND.LSA.GT.0) THEN
                IF(P+ARRASTRE.GT.49)F(2,I)=F(2,I)
                IWA=1
            ELSE
C   CON SECUENCIA ANTERIOR LARGA
                IF (LSA.GT.4) THEN
                    IWA=0
                    IF(P+ARRASTRE.GT.49)F(1,I)=F(1,I)+1
                END IF
            END IF
        END IF
    END IF

```

```

        END IF
        IW=2
        NN(2,1)=NN(2,1)+1
        ELSE
C     CONTINUA CON GRANDES
        IW=3
        NN(3,1)=NN(3,1)+1
        ARRASTRE=0
        ARRAURIG=0
        END IF
C     SE CORRE LA SECUENCIA DE CEROS
        LSA=0
        END IF
C     ASIGNACIONES A PARTIR DEL SEGUNDO DIA DE LA SERIE.
        IF (JJ.EQ.JULCOM) THEN
            DIACOM=DIASEM
        ELSE
            IF (IW.EQ.2) THEN
                ESTAMOS CON VALOR ACTUAL PEQUENIO
                L=2*IWA+1+NS
                IF (LLAVE.EQ.1) THEN
C     SI ES LA SERIE BUENA, LA ALTERO AL AZAR CON PRBS. PR(L)
                    RD=RAN(ISEM)
                    IF (RD.LE.PR(L)) THEN
                        IALT(L)=IALT(L)+1
                        ARRASTRE=PMOD
                        PMOD=0
                        ARRAURIG=PMODORIG
                        PMODORIG=0
                    ENDIF
                    IF (PMODORIG.GT.49) THEN
                        TGF=TGF+PMODORIG
                        ITGF=ITGF+1
                        IF (PMOD.LE.49) THEN
                            ITGFE=ITGFE+1
                            TGFE=TGFE+PMODORIG
                        END IF
                    ENDIF
                    IF (PMOD.GT.0) ARRASTRE=0
                    IF (PMODORIG.GT.0) ARRAURIG=0
                ENDIF
                N(L,1)=N(L,1)+1
                LI=IWA+1
                NG(LI,1)=NG(LI,1)+1
            END IF
        END IF
        IWA=IW
        PANT=P
    END DO
    RETURN
END

FUNCTION JULIANO(IAC,MESC,IUIAC)
    DIMENSION LG(12)

```

```

DATA (LG(I),I=1,12) /31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31/
IDIASM=0
CALL FEBRERO(IAC,LG(2))
IF (MESC.GT.1) THEN
    DO I=1,(MESC-1)
        IDIASM=IDIASM+LG(I)
    END DO
END IF

JULIANO=INT(365.25*(IAC-61))+IDIASM+IDIAC
RETURN
END

SUBROUTINE FEBRERO(IA,X)
INTEGER X
IF (REAL(IA)/4..EQ.INT(REAL(IA)/4.)) THEN
    X=29
ELSE
    X=28
END IF

RETURN
END

```

```

C      PROGRAMA ESTIMAZ.FOR
C      ESTE PROGRAMA TOMA 5 GRUPOS, Y TRABAJA CON LOS PEQ.NO OMITIDOS
C      PARA TRABAJAR CON REAL*16 HAY QUE COMPILAR Y LINKEDITAR ASI:
C      #FOR/DEBUG/G FLUAT GRAN5G
C      #LINK/DEBUG GRAN5G,SYS$LIBRARY:STARLET/INCLUDE=LIB$ESTEMU
C
C      PROGRAMA GRANDE. MUY GRANDE
COMMON /A2/ MUN(15)
COMMON /A4/ JULCOM, LONG, NG(5,3)
COMMON /A5/ UNION(44,5), IDIM
COMMON /A6/ SERIE(1200), IPE, IPI
COMMON /A7/ PROBAB, PROBMAX, ICONF(5)
COMMON /A9/ R(5)
COMMON /A11/ IA1(1000,15)
COMMON /A12/ IA2(1000,15)
COMMON /A13/ IA3(924,5)
COMMON /A14/ IA4(252,6)
COMMON /A15/ IA5(100,7)
DIMENSION IX(15,5), IAZA1(1000), IAZA2(1000), IAZA3(500)
INTEGER*2 IX, UNION, SERIE, MUN, D(31), IA1, IA2, IA3, IA4, IA5, IA
INTEGER RINE(5), RSUP(5), TOTNU, MAX(5), LG(12), R, NN(4,3)
REAL*16 PROBAB, POSIBLE, PROBMAX, PROVER, ENEGRA, ENECHI, FRAC, XICA
REAL*16 MS
CHARACTER*25 ARCHIVO(2)
*****
REAL*16 DSEED
DIMENSION SAMP(1), POP(1)
SAMP(1)=0.
POP(1)=0.
IOP1=0
C      DSEED=111111111.
*****
C      OJO!!!! AL PASAR A OTRO EQUIPO HAY QUE INICIALIZAR IX
C      DATA IX/25000*0/
DATA (LG(I), I=1,12) /31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31/

OPEN(UNIT=18, FILE='DATOS.DAT', TYPE='OLD')
READ(18,*) ARCHIVO(1)
READ(18,*) IAC, MESC, IDIAC
READ(18,*) IAE, MESE, IDIAE
* READ(18,*) (IAZA1(I), I=1,10)
* READ(18,*) (IAZA2(I), I=1,10)
CLOSE(18)
JULCOM=JULIANO(IAC, MESC, IDIAC)
JULIN=JULIANO(IAE, MESE, IDIAE)

```

```

LUNGE=JULY(IM-JULCOM+1)
C LEE LA SERIE BUENA Y LA CARGA EN EL VECTOR SERIE
OPEN(UNIT=24,FILE=ARCHIVO(1),TYPE='OLD')
J3=0
ICONTROL=1
DO WHILE (ICONTROL.EQ.1)
C LEE UN ARCHIVO DE UN MES DE DATOS DIARIOS
  READ(24,100,END=73)IAN,IM
  100   FORMAT(2I2)
C EL PROGRAMA ASUME QUE IUIAC=1 (PRINCIPIO DE MES)
  IF (IAN.GT.IAC.OR.IAN.EQ.IAC.AND.IM.GE.MESC)THEN
      BACKSPACE(24)
      IF(IM.EQ.2) CALL FEBRERO(IAN,LG(2))
      200   READ(24,200)(D(J),J=1,31)
          FORMAT(4X,31I4)
      DO J=1,LG(IM)
          JJ=JJ+1
          SERIE(JJ)=D(J)
      END DO
  END IF
C CONDICION DE FINAL DE LECTURA DE ARCHIVO
  IF (IAN.EQ.IAC.AND.IM.EQ.MESC) ICONTROL=0
END DO
73   CLOSE(24)
C LEE LA SEMILLA, LOS JULIANOS AGRUPADOS Y LA SERIE BUENA
OPEN(UNIT=11,FILE='GRAN5.DAT',RECL=255,STATUS='OLD')
READ(11,*)ISEM
DO J=1,2
  READ(11,400)(NG(I,J),I=1,5), (NN(I,J),I=1,4)
ENDDO
READ(11,400)(RINF(1),I=1,5), (RSUP(1),I=1,5)
READ(11,400)TOTNO, IPF
DO I=1,5
  READ(11,*) (IX(J,I),J=1,NG(I,1))
ENDDO
READ(11,*)IV1,IV2,IV3,IV4,IV5
400   CLOSE(11)
500   FORMAT(5I6,4X,5I6)
      FORMAT(63I4)
      DSEED=DBLE(ISEM)
      NT1=NG(1,1)
      NT2=NG(2,1)
      NT3=NG(3,1)
      NT4=NG(4,1)
      NT5=NG(5,1)
C DO I=1,100
C COMIENZA CON LOS CICLOS EXTERIORES
INC=0
ICICLO=0

```

```

PROBMAX=0.
MAX(1)=TOTNO
OPEN(UNIT=10,FILE='8JUN87.SAL',STATUS='NEW')
WRITE(10,*)'NG( ,1) Est.buena',NT1,NT2,NT3,NT4,NT5
WRITE(10,*)'NG( ,2) Est.mala',(NG(I,2),I=1,5)
IF(MAX(1).GT.RSUP(1)) MAX(1)=RSUP(1)
DO L1=RINE(1),MAX(1)
C
WRITE(10,*)'L1=',L1
MAX(2)=TOTNO-L1
IF(MAX(2).GT.RSUP(2)) MAX(2)=RSUP(2)
DO L2=RINE(2),MAX(2)
C
WRITE(10,*)'L2=',L2
MAX(3)=TOTNO-L2-L1
IF(MAX(3).GT.RSUP(3)) MAX(3)=RSUP(3)
DO L3=RINE(3),MAX(3)

MAX(4)=TOTNO-L3-L2-L1
IF(MAX(4).GT.RSUP(4)) MAX(4)=RSUP(4)
DO L4=RINE(4),MAX(4)

L5=TOTNO-L4-L3-L2-L1
IF(L5.GT.RSUP(5).OR.L5.LT.RINE(5)) GOTO 55

IIII = LIB$INIT_TIMER ()
R(1)=L1
R(2)=L2
R(3)=L3
R(4)=L4
R(5)=L5
ICICLO=ICICLO+1
C
CALCULA LA CANT.DE COMBINAC.POSIBLES; EL DENOMINADOR DE LA
C
PROBABILIDAD; EL TOTAL DE PEQ.A SER ANULADOS CON ESTA CONFIG.
ICOMB1=XICA(INE,NT1,L1)
ICOMB2=XICA(INE,NT2,L2)
ICOMB3=XICA(INE,NT3,L3)
ICOMB4=XICA(INE,NT4,L4)
ICOMB5=XICA(INE,NT5,L5)
ENEGRA=QEXT(ICOMB1)*QEXT(ICOMB2)*QEXT(ICOMB3)
1 *QEXT(ICOMB4)*QEXT(ICOMB5)
TYPE *,'ENEGRA',ENEGRA
ENECHI=15000.
IF(ENEGRA.LT.300000) ENECHI=ENEGRA*0.05
FRAC=(ENECHI/ENEGRA)**0.2
IMUE1=FRAC*ICOMB1+1
IMUE2=FRAC*ICOMB2+1
IMUE3=FRAC*ICOMB3+1
IMUE4=FRAC*ICOMB4+1
IMUE5=FRAC*ICOMB5+1
Write(10,*)'L',L1,L2,L3,L4,L5
Write(10,*)'ICOMB',ICOMB1,ICOMB2,ICOMB3,ICOMB4,ICOMB5
Write(10,*)'IMUE',IMUE1,IMUE2,IMUE3,IMUE4,IMUE5
Write(10,*)'ENEGRA',ENEGRA,'FRAC',FRAC
Write(10,*)'ENECHI',ENECHI,'FRAC',FRAC

```

```

FAVOR4E=0.
POSIBLE=QEXT(IMUE1)*QEXT(IMUE2)*QEXT(IMUE3)*QEXT(IMUE4)
1 *QEXT(IMUE5)
WRITE(10,*)'POSIBLE',POSIBLE
IP=0
  CALL GGSRS(DSEED,IOPT,ICOMB1,IP,ICOMB1,POP,IMUE1,MSAMP,SAMP,
1 IAZA1,IER)
IP=0
* TYPEA,DSEED,IOPT,ICOMB2,IP,POP,IMUE2
  CALL GGSRS(DSEED,IOPT,ICOMB2,IP,ICOMB2,POP,IMUE2,MSAMP,SAMP,
1 IAZA2,IER)
IP=0
* TYPEA,DSEED,IOPT,ICOMB3,IP,ICOMB3,POP,IMUE3,MSAMP
  CALL GGSRS(DSEED,IOPT,ICOMB3,IP,ICOMB3,POP,IMUE3,MSAMP,
1 SAMP,IAZA3,IER)
IP=0
  CALL GGSRS(DSEED,IOPT,ICOMB4,IP,MPOP,POP,IMUE4,MSAMP,
1 SAMP,IAZA4,IER)
IP=0
  CALL GGSRS(DSEED,IOPT,ICOMB5,IP,MPOP,POP,IMUE5,MSAMP,
1 SAMP,IAZA5,IER)
c
c Graba la ultima semilla por si el programa se corta
c write(10,*)'Dseed',Dseed
c
  CALL FILAZAR(1,NT1,L1,IMUE1,IAZA1)
  CALL FILAZAR(2,NT2,L2,IMUE2,IAZA2)
  CALL FILAZAR(3,NT3,L3,IMUE3,IAZA3)
  CALL FILAZAR(4,NT4,L4,IMUE4,IAZA4)
  CALL FILAZAR(5,NT5,L5,IMUE5,IAZA5)
  DO J1=1,IMUE1
    DO J=1,L1
      UNION(J,1)=IX(IA1(J1,J),1)
    ENDDO
  DO J2=1,IMUE2
    DO J=1,L2
      MUN(J)=IX(IA2(J2,J),2)
    ENDDO
    IDIM=L1
    CALL UNIRS(2,L2)
  DO J3=1,IMUE3
    DO J=1,L3
      MUN(J)=IX(IA3(J3,J),3)
    ENDDO
    IDIM=L1+L2
    CALL UNIRS(3,L3)
  DO J4=1,IMUE4
    DO J=1,L4
      MUN(J)=IX(IA4(J4,J),4)
    ENDDO
    IDIM=L1+L2+L3
    CALL UNIRS(4,L4)
  DO J5=1,IMUE5
    DO J=1,L5

```

```

                MUN(J)=1X(IA5(J5,J),5)
            ENDDO
            INIM=L1+L2+L3+L4
            CALL UNIR5(3,L5)
        CALL ALTER5
        IF(IP1.GT.1PF) GOTO 56
        IWS=1
        CALL VALIWS(IWS)
        WS = QBXT(IWS)
        FAVORAB=FAVORAB+WS
56      END DO
        END DO
        END DO
        END DO
        WRITE(10,*)'FAVORAB',FAVORAB
        PROBAB=FAVORAB/POSIBLE
        *   WRITE(6,*)PROBAB
        WRITE(10,*)'PROBAB',PROBAB
        IF(IV1.EQ.L1)THEN
        IF(IV2.EQ.L2)THEN
        IF(IV3.EQ.L3)THEN
        IF(IV4.EQ.L4)THEN
        IF(IV5.EQ.L5)then
        PROVER=PROBAB
        write(10,*)'PROVER',PROVER
        ENDIF
        ENDIF
        ENDIF
        ENDIF
        ENDIF
    C   GUARDA LA CONFIGURACION DE R(I) QUE CONTIENE LA PROB.MAXIMA
        CALL GUARDAPR
55      JJJJ = LIB$SHOW_TIMER ( )
        END DO
        END DO
        END DO
        END DO

    C   IMPRIME RESULTADOS
        WRITE(10,*)'CICLOS=',ICICLO
        WRITE(10,*)'CANTIDADES DE PEQ.QUE NO SE OMITEN EN C/GRUPO'
        WRITE(10,600)(ICONE(I),I=1,5)
        WRITE(10,*)DSEED
        WRITE(10,*)'PROBMAX:',PROBMAX,'PROVER:',PROVER
    C   WRITE(10,700)'PROVER:',PROVER
    C   WRITE(10,*)
    C   ENDDO
    C   WRITE(10,*)'M',(M(I,3),I=1,6)
    C   WRITE(10,*)'NG',(NG(I,3),I=1,5)
    C   WRITE(10,*)'(UNION(1,5),I=1,TOTNO)
    C   CLOSE(10)
600      FORMAT(5I3)
C700      FORMAT(AB,F10.9)

```

```
STOP 'EL GRANDE SE ACABO'  
END
```

```
      SUBROUTINE ALTER5  
C     RECORRE LA SERIE GUARDADA EN SERIE(J) Y CUANDO EL JULIANO CORRES-  
C     PONDIENTE NO COINCIDE CON UN JULIANO GUARDADO EN LA MATRIZ UNION (C  
C     DIMENSION IDOM) ENTONCES. CHACATE, ANULA Y ARRASTRA EL TOTAL LLOVIA  
COMMON /A4/ JULCOM, LONG, NG(5,3)  
COMMON /A5/ UNION(44,5), IDIM  
COMMON /A6/ SERIE(1200), IPF, IPI  
INTEGER*2 UNION, SERIE, ARRASIRE, P, PMOD, PMANT  
  
DO J=1,5  
      NG(J,3)=0  
END DO  
LSA=C  
PMANT=0  
  
IPI=C  
PMOD=0  
ARRASIRE=0  
JULIAN=JULCOM-1  
I=1  
DO J=1, LONG  
      JULIAN=JULIAN+1  
      P=SERIE(J)  
      PMOD=0  
      IF(P.GT.0) THEN  
          PMOD=P+ARRASTRE  
          IF(P.LT.50) THEN  
              IF(PMOD.GT.49) THEN  
                  IPI=IPI+1  
                  IF(IPI.GT.IPF) GOTO 15  
              ENDIF  
          ENDIF  
C     ALTERA SI P ES PEQ.Y JULIAN NO ESTA EN UNION( ,5)  
          IF(JULIAN.LT.UNION(I,5)) THEN  
              ARRASTRE=PMOD  
              PMOD=0  
          ELSE  
              I=I+1  
          END IF  
      END IF  
      IF(PMOD.GT.0) ARRASTRE=0  
      END IF  
  
C     CUENTA LAS CANTIDADES DE LOS CINCO GRUPOS DE PEQUENIOS EN  
C     LA SERIE ALTERADA  
C     COMIENZA CON LOS CEROS  
      IF (PMOD.EQ.0) THEN  
          IW=1  
          LSA=LSA+1  
      ELSE
```

```

C CONTINUA CON PEQUENIOS
C IF (PMOD.LE.49) THEN
C IWA=1 ES SECUENCIA DE CEROS DE 1 A 4 DIAS- MAYOR QUE 4 ES IWA=0
C CON SECUENCIA ANTERIOR CORTA
C IF(LSA.LE.4 .AND.LSA.GT.0) THEN
C IWA=1
C Y POTENCIAL LARGA
C ELSE
C CON SECUENCIA ANTERIOR LARGA IF (LSA.GT.4) THEN
C IWA=0
C END IF
C END IF
C IW=2
C SE CORTA LA SECUENCIA POTENCIAL LARGA (CEROS O PEQUENIOS)
C ELSE
C CONTINUA CON INTERMEDIOS
C IF (PMOD.LE.98) THEN
C IW=3
C ELSE
C CONTINJA CON GRANDES IW=4
C END IF
C END IF
C SE CORTA LA SECUENCIA DE CEROS
C LSA=0
C END IF
C ASIGNACIONES A PARTIR DEL SEGUNDO DIA DE LA SERIE
C IF (JULIAN.GT.JULCOM) THEN
C IF (IW.EQ.2) THEN
C ESTAMOS CON VALOR ACTUAL PEQUENIO
C LI=IWA+1
C NG(L1,3)=NG(L1,3)+1
C END IF
C ENDIF
C IWA=IW
C PMANI=PMOD
C
C END DO
15 RETURN
END

```

```

SUBROUTINE UNIR5(K,LK)
C TOMA LA FILA ANI. DE LA MATRIZ UNION Y MUN, LOS UNE Y ORDENA EN UNION.
COMMON/A2/ MUN(15)
COMMON/A5/ UNION(44,5), IDIM
INTEGER*2 MUN,UNION
C SI ES EL PRIMER GRUPO, LO PONE EN UNION( ,K) Y VUELVE AL P.PRINCIPAL
C L SE REFIERE A LA SITUACION, Y M ES EL NUMERO DE COMBINACION

```

```

KA=K-1
J=1
I=1
  ICONTROL=0
DO WHILE (ICONTROL.EQ.0)
  IF (UNION(I,KA).LE.MUN(J)) THEN
C   TYPE *.K.1.J, IDIM
      UNION(I+J-1,K)=UNION(I,KA)
      IF(I.EQ.IDIM) THEN
          DO J1=J,LK
              UNION(IDIM+J1,K)=MUN(J1)
          END DO
      ELSE
          ICONTROL=1
      END IF
      I=I+1
  ELSE
      UNION(I+J-1,K)=MUN(J)
      IF(J.EQ.LK) THEN
          DO I1=1, IDIM
              UNION(LK+I1,K)=UNION(I1,KA)
          END DO
          ICONTROL=1
      ELSE
          J=J+1
      END IF
  END IF
END DO
RETURN
END
SUBROUTINE FILAZAR(IG,N,K,IMUE,IRAN)
DIMENSION M(25),IA(1000,15),IRAN(1000)
COMMON/A11/ IA1(1000,15)
COMMON/A12/ IA2(1000,15)
COMMON/A13/ IA3(924,8)
COMMON/A14/ IA4(252,6)
COMMON/A15/ IA5(100,7)
INTEGER*2 IA1, IA2, IA3, IA4, IA5, IA, M
100  FORMAT(16I3)
*   WRITE(6,*)IG,N,K,IMUE
  I=0
  II=1
  DO J=1,K-1
      M(J)=J
  ENDDO
  IR=K
  M(K)=K-1
112  M(IR)=M(IR)+1
      DO J=IR+1,K-1
          M(J)=M(J-1)+1
      ENDDO
  DO V=M(K-1)+1,N
      I=I+1
  ENDDO

```



```

RETURN
END
SUBROUTINE VALIWS(IWS)
COMMON/A4/ JULCOH, LONG, NG(5,3)
COMMON/A7/ PROBAB, PROBMAX, ICONE(5)
COMMON/A9/ R(5)
REAL*8 XIG(5), EPSI
ISUMK=0
ISUMA=0
EPSI=.0001
DO 1=1,5
      ISUMK=ISUMK+NG(I,2)
      ISUMA=ISUMA+NG(I,3)
END DO
DO 1=1,5
      XIG(I)=DBLE(NG(I,2))/ISUMK-DBLE(NG(I,3))/ISUMA
END DO

```

```

IWS=0
IF(ABS(XIG(1)).LT.EPSI) THEN
  IF(ABS(XIG(2)).LT.EPSI) THEN
    IF(ABS(XIG(3)).LT.EPSI) THEN
      IF(ABS(XIG(4)).LT.EPSI) THEN
        IF(ABS(XIG(5)).LT.EPSI) IWS=1
      ENDIF
    ENDIF
  ENDIF
ENDIF

```

```

ENDIF
RETURN
END

```

```

C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
C
SUBROUTINE VALIWS(IWS)
COMMON/A20/NN(4,3)
IWS=0
IF(NA1.EQ.NK1) THEN
  IF(NA2.EQ.NK2) THEN
    IF(NA3.EQ.NK3) THEN
      IF(NA4.EQ.NK4) IWS=1
    ENDIF
  ENDIF
ENDIF
RETURN
END

```

```

SUBROUTINE GUARDAPR
COMMON/A7/ PROBAB, PROBMAX, ICONE(5)
COMMON/A9/ R(5)
REAL*16 PROBMAX, PROBAB
INTEGER R
IF(PROBMAX.LT.PROBAB) THEN
  PROBMAX=PROBAB

```