

CAPITULO 2



LA VULNERABILIDAD Física LA VARIABILIDAD DE LAS PRECIPITACIONES Y LOS RIESGOS DE SEQUIAS E INUNDACIONES

**EN EL NORTE
ARGENTINO
ENTRE 1951 Y 1990**

LA VARIABILIDAD DE LAS PRECIPITACIONES Y LOS RIESGOS DE SEQUIAS E INUNDACIONES EN EL NORTE ARGENTINO ENTRE 1951 Y 1990

Prof. María Emilia PÉREZ

1. Introducción

El clima es en la actualidad un elemento tan fundamental en el desarrollo de las actividades humanas como lo ha sido en el pasado, debido a que muchas de ellas se encuentran subordinadas o condicionadas por los rasgos climáticos del lugar. Esta dependencia, según Fernández García (1996), que es clara en sociedades poco desarrolladas *"se manifiesta por los efectos destructivos de las sequías, de las inundaciones o de los huracanes, entre otros fenómenos"*. En las sociedades más desarrolladas, las consecuencias no son tan catastróficas, pero esto no es debido a que el hombre ha sido capaz de controlar o modificar el clima, sino de prever con antelación estos fenómenos y paliar sus efectos negativos.

Las razones que explican esta situación son varias, pero todas están relacionadas en mayor o menor grado con las características intrínsecas del clima y porque *los riesgos* de origen climático tienen una recurrencia muy elevada. Es este último hecho más que sus efectos destructivos, lo que diferencia al clima de otros riesgos naturales. Las sociedades muestran la misma impotencia hacia riesgos naturales más catastróficos que los climáticos, como terremotos o volcanes, pero a diferencia de éstos, *"los desastres climáticos presentan una mayor repetición: sequías, inundaciones, olas de frío o calor se suceden con relativa frecuencia, de tal manera que lo que en numerosos estudios se quiere mostrar como hechos anormales, no son más que algunos de los rasgos consustanciales del clima"*, comenta Fernández García (1996).

Los elementos del clima son los componentes que lo definen y las variables a través de las cuales se manifiesta su influencia sobre los demás elementos del medio natural, que además nos permiten explicar y caracterizar el clima de un lugar. Sus rasgos más destacados son su *variabilidad espacial y temporal*, pues la distribución en el espacio y en el tiempo de los elementos del clima no es fija *"sino que oscila año tras año, alrededor de un trazado medio. Sin embargo algunos años o períodos esa distribución se aleja notablemente de la media; el desplazamiento puede ser brusco o progresivo, y puede dar lugar a un nuevo trazado que subsistirá más o menos tiempo, antes de volver al valor medio. Si tal fluctuación climática es suficientemente larga como para influir en una media de 30 años, entonces podemos hablar de una variación climática"* (Hufty, 1984)

La precipitación constituye, junto con la temperatura, el elemento climático más importante por la acción directa que ejerce sobre plantas y animales y por su incidencia sobre las distintas actividades del hombre (agricultura, ganadería, industrias, servicios), y si bien todos los valores extremos asociados a cualquiera de los

elementos del clima pueden provocar daños, son las precipitaciones el elemento que de manera más expresiva representa este tipo de situaciones de riesgo, ya que sequías e inundaciones golpean periódicamente al planeta.

El término *precipitación* expresa todas las formas de humedad caídas directamente sobre el suelo, en estado líquido o sólido, aunque en general, sólo la lluvia y la nieve contribuyen de modo significativo a los totales pluviométricos. Por intermedio de la precipitación, el agua de la atmósfera regresa al suelo y se convierte en la mayor fuente de agua dulce del planeta, de la que depende en buena parte el paisaje vegetal y la actividad humana. Sin embargo, según Cuadrat y Pita (1997) *“tanto su distribución temporal y espacial como su cantidad, intensidad y frecuencia son muy variables; de ahí la fundamental importancia que para el estudio del clima tienen el conocimiento de los mecanismos de su formación, sus variedades, sus características y los balances de agua”* para lograr una adecuada organización del espacio y la prevención de sus efectos negativos.

Debido a la gran variabilidad que la caracteriza, la precipitación constituye uno de los principales factores de riesgo; en el norte del territorio argentino las condiciones pluviométricas particulares (regímenes de lluvias contrastados en el ciclo anual y variaciones aperiódicas que oscilan entre sequías y grandes lluvias) junto con los rasgos topográficos y de drenaje, generan según Bruniard (1978) los principales problemas que opone el medio natural al aprovechamiento humano.

Los riesgos propios derivados de las precipitaciones (tormentas fuertes, lluvias intensas, sequías, inundaciones) se encuadran dentro de los naturales. Considerando la importancia del factor natural, en cuanto al peligro que generan sus riesgos, Olcina Cantos (2006) indica como criterio de clasificación de los riesgos: *la vulnerabilidad*, es decir, el factor social de los riesgos como argumento principal para determinar la importancia de los riesgos naturales, señalando que *“la vulnerabilidad vendría definida como el conjunto de seres humanos y actividades presentes en un territorio que pueden verse afectados por un peligro natural o tecnológico; en otras palabras, sería la carga social de un territorio potencialmente afectable por un evento de rango extraordinario”*.

Para Olcina Cantos (2006) *“vulnerabilidad y exposición son aspectos clave en el análisis de riesgo. La vulnerabilidad condiciona el nivel de riesgo de una sociedad; la exposición a un peligro, natural o tecnológico, matiza por su parte, el grado de riesgo de un territorio. Son diversos los elementos que integran la vulnerabilidad: volumen demográfico, uso del suelo, actividades económicas, infraestructuras, aspectos culturales. De todos ellos la cantidad de personas que pueden verse afectadas por un peligro debe ser el elemento clave del análisis de riesgo y de las políticas de reducción del mismo”*.

En su clasificación de los riesgos naturales en función de la vulnerabilidad, considerando las mayores catástrofes naturales ocurridas en el planeta durante los años 1900 a 2005, Olcina Cantos (2006) establece dos categorías:

a. *Según las víctimas causadas:* 1) el primer lugar lo ocupan las inundaciones, 2) a las que siguen las sequías, 3) ciclones tropicales, 4) sismicidad, 5) deslizamientos, 6) temperaturas extremas, 7) temporales de viento.

b. *Según la población afectada:* 1) el primer lugar corresponde a sequías, 2) continúan las inundaciones, 3) ciclones tropicales, 4) sismicidad, 5) deslizamientos, 6) temperaturas extremas, 7) temporales de viento.

Las fluctuaciones y variabilidad anual y decenal en los montos de lluvia, son rasgos presentes en nuestro país y en muchas regiones del mundo. La importancia del conocimiento de las mismas en ambas escalas temporales tiene una gran influencia en los efectos ambientales y sociales que originan, en relación con las actividades económicas predominantes en nuestro espacio de estudio.

La tendencia ascendente en la cantidad de lluvia durante los últimos años del siglo XX, ha provocado importantes efectos en los regímenes hidrológicos de los ríos autóctonos del norte argentino, así como la permanencia de áreas inundadas, aumento en los niveles de las capas freáticas y pérdida de cosechas agrícolas. No obstante este aumento de las precipitaciones, en nuestro territorio siempre se encuentra presente la posibilidad de sequías interpuestas a los períodos húmedos, con las consecuentes influencias negativas sobre el ambiente, la población y la economía.

2. Objetivos y Métodos

Los objetivos propuestos consistieron en:

- ❖ Analizar las series pluviométricas decenales y anuales durante el período 1951/1990, a efectos de estudiar el comportamiento espacial y temporal de las precipitaciones.
- ❖ Determinar la variabilidad de las mismas en el tiempo y en el espacio, con el objeto de detectar cambios en los patrones pluviométricos.
- ❖ Establecer, a través del tratamiento estadístico de los registros, meses y años secos y húmedos en relación con los períodos de sequía e inundaciones en el norte del país durante los años analizados.

Con respecto de la Metodología empleada, el punto de partida consistió en la recopilación de la información existente (estadística y bibliográfica), para continuar luego con su procesamiento o normalización. Seguidamente se procedió al análisis y representación gráfica de la misma, para finalizar con la redacción de las conclusiones.

En cuanto al método de exposición que seguiremos, se tratará primero el análisis y descripción de los valores medios y extremos decenales de precipitación, así como su variabilidad y frecuencia, para continuar luego con los valores medios anuales, su variabilidad interanual y las tendencias pluviométricas recientes.

A los efectos de resaltar las particularidades de las precipitaciones (montos, regímenes, variabilidad, etc.) y debido a la existencia de un marcado gradiente

pluviométrico este-oeste, se realizaron dos series de representaciones, a modo de perfiles transversales de oriente a occidente, que comprenden:

- ❖1. *el norte y centro del área de estudio*: incluye las estaciones de Puerto Iguazú, Posadas, Formosa, Corrientes, P. Sáenz Peña, Las Lomitas y Rivadavia, y
- ❖2. *el sur del área de estudio*: contiene a las estaciones de Paso de los Libres, Reconquista, Ceres, Córdoba Aero, Va. María del Río Seco, Santiago del Estero y Tucumán Aero.

3. Los Datos de observación

El conjunto de observaciones realizadas en las estaciones meteorológicas oficiales dan origen a las series climáticas, que constituyen la información básica necesaria para el estudio de la variabilidad de las precipitaciones.

Los datos utilizados, provienen de dos fuentes básicas de información: las *Estadísticas Climatológicas* publicadas por el Servicio Meteorológico Nacional, que cuentan con los promedios decenales y valores de frecuencia de los parámetros meteorológicos, y el *World Weather Records*, editados por el Departamento de Comercio de Estados Unidos, que nos proporcionan información mensual y anual para el período de estudio, y que nos permiten un análisis más detallado del comportamiento de las precipitaciones. Ambas series son comparables a lo largo del tiempo y están realizadas de acuerdo con las normas de la Organización Meteorológica Mundial (O.M.M.).¹

La **Tabla 1** muestra las estaciones dependientes del Servicio Meteorológico Nacional existentes en el área de estudio y el mapa de la **Figura 1** la localización geográfica de las mismas.²

Tabla 1. Localización de las Estaciones de Observación Meteorológica. Período 1951/1990.³

Estación	Latitud Sur	Longitud Oeste	Altura (m.s.n.m.)
Pto. Iguazú *	25° 44'	54° 28'	270
Posadas *	27° 22'	55° 58'	125
Gral. Paz	27° 45'	57° 38'	74
Corrientes *	27° 27'	58° 46'	62
Formosa *	26° 12'	58° 14'	60

¹ Se recurrió a otras fuentes de información secundarias, cuando se consideró necesario completar y comparar los registros proporcionados por las dos fuentes básicas. Las mismas consistieron en series proporcionadas por las estaciones agrometeorológicas del INTA, mediciones realizadas por la Empresa Shell CAPSA, e información de sitio web de la NASA-CLIMVIS-GHCN (Global Historical Climatology Network). Se aclara la procedencia de los mismos en cada caso particular.

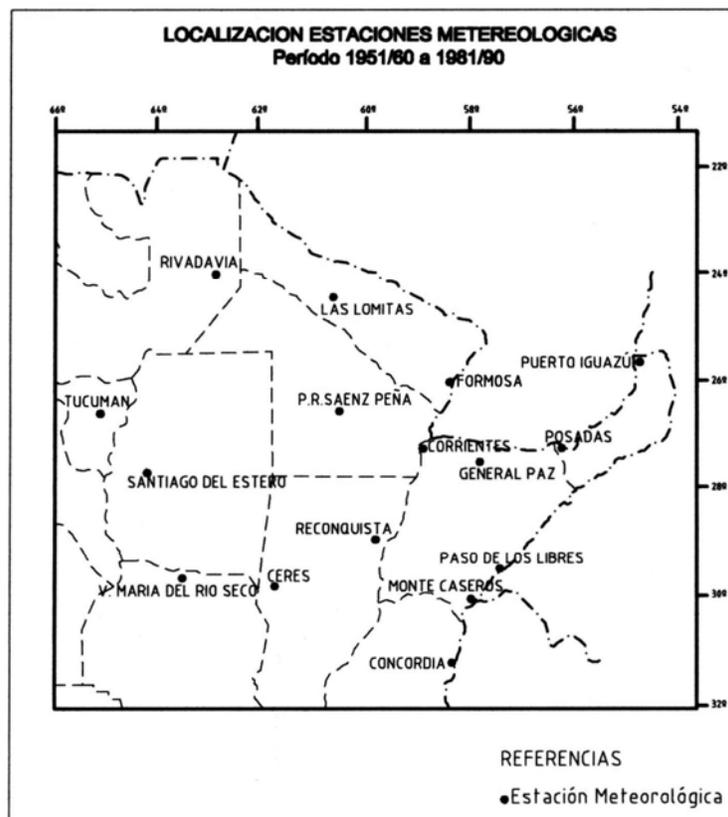
² Se cuenta además con los datos de otras estaciones meteorológicas en el norte de nuestro país, como son los casos de Oberá y Cerro Azul (INTA) en la provincia de Misiones, Bella Vista y Mercedes (INTA) en la de Corrientes, Colonia Benítez (INTA) y Las Breñas (INTA) en Chaco, La Banda (INTA) en Santiago del Estero y Orán en Salta, pero debe señalarse que las mismas poseen un registro de información más breve, que corresponde al período 1961/1990, motivo por el cual no son incluidas en el trabajo.

³ (*) Las estaciones señaladas con el asterisco cambiaron su localización en varias oportunidades a lo largo el período de estudio, motivo por el cual se apuntan las coordenadas correspondientes a 1981/90, última década que cuenta con información oficial del Servicio Meteorológico Nacional.

P. R. Sáenz Peña	26° 49'	60° 27'	92
Las Lomitas	24° 42'	60° 35'	130
Rivadavia	24° 10'	62° 54'	205
Paso de los Libres *	29° 41'	57° 09'	70
Monte Caseros *	30° 16'	57° 39'	54
Concordia *	31° 18'	58° 01'	38
Reconquista *	29° 11'	59° 42'	53
Ceres	29° 53'	61° 57'	88
Va. M. Río Seco	29° 54'	63° 41'	341
Córdoba Aero	31° 19'	64° 13'	474
Santiago del Estero	27° 46'	64° 18'	199
Tucumán Aero *	26° 51'	65° 06'	450

FUENTES: *Estadísticas Climatológicas*. 1951/60, 1961/70, 1971/80 y 1981/90. Buenos Aires, Fuerza Aérea Argentina, Servicio Meteorológico Nacional, Años 1965, 1972, 1986 y 1992.

Figura 1. Localización de las estaciones meteorológicas



4. Los montos medios decenales (mensuales y anuales)

Los montos medios anuales de las décadas correspondientes al período de estudio, figuran en la **Tabla 2**; sus valores indican que:

- a. En la mayoría de las estaciones de las planicies del norte se han producido aumentos notorios durante las dos últimas décadas, especialmente en el sector oriental. Las excepciones a estas condiciones, la constituyen las localidades de Concordia, Ceres, Córdoba Aero, Villa María del Río Seco, Santiago del Estero y Tucumán Aero, que registran durante el mismo período una leve disminución en sus montos.
- b. No se detecta una tendencia continua al aumento de las precipitaciones desde 1951/60 hasta 1981/90, sino alternancias de décadas más secas con otras más húmedas.

Tabla 2: Montos Anuales de Precipitación por década (en mm) – Período 1951/90.

Estación	1951/60	1961/70	1971/80	1981/90	Prom. Serie
Puerto Iguazú	1700	1714	1707	1917	1759,5
Posadas	1755	1611	1604	1947	1729,3
General Paz	1527	1510	1360	1685	1520,5
Corrientes	1414	1293	1282	1647	1409,0
Formosa	1397	1382	1375	1499	1413,3
Pcia. R. Sáenz Peña	1089	952	966	1255	1065,5
Las Lomitas	1055	814	831	942	910,5
Rivadavia	685	656	615	742	674,5
Paso de los Libres	1360	1444	1568	1612	1496,0
Monte Caseros	1243	1359	1474	1497	1393,3
Concordia	1181	1342	1413	1309	1311,3
Reconquista	1141	1211	1281	1379	1253,0
Ceres	866	792	1021	944	905,8
Córdoba Ae	753	756	885	871	816,3
Va. María del Río Seco	758	795	932	889	843,5
Santiago del Estero	489	520	707	594	577,5
Tucumán Ae	1036	961	1165	992	1038,5

FUENTES: *Estadísticas Climatológicas*. 1951/60, 1961/70, 1971/80 y 1981/90... Op. cit.

Estos montos medios anuales, que fluctúan entre los 1759.5 mm de Puerto Iguazú y los 577.5 mm de Santiago del Estero, encubren diferencias marcadas en la marcha anual, las que se acusan notablemente desde el borde oriental de nuestro país hacia el occidente. Para destacar las diferencias espaciales y temporales existentes en los valores medios mensuales de las estaciones meteorológicas, se elaboraron las **Tablas 3** y **4** en las cuales se registran los promedios de las cuatro décadas consideradas, tanto en valores absolutos (mm) como relativos (porcentuales)

respectivamente. Dichos datos se representaron gráficamente, seleccionando las estaciones que se consideraron más distintivas de las condiciones expuestas.

Tabla 3. Precipitaciones Medias Mensuales (en mm) - Período 1951/1990.

LOCALIDAD	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Puerto Iguazú	173	138	138	153	157	147	103	118	145	199	154	137	1759.5
Posadas	152	159	141	162	136	138	106	105	147	193	149	144	1729.3
General Paz	160	144	160	172	116	91	66	67	99	175	137	136	1520.5
Corrientes	175	145	155	179	100	59	48	53	76	142	143	135	1409.0
Formosa	156	143	141	147	110	73	50	61	89	139	161	145	1413.3
R. Sáenz Peña	150	129	141	127	55	27	21	25	41	97	123	131	1065.5
Las Lomitas	126	119	116	95	56	20	18	21	34	65	104	137	910.5
Rivadavia	121	105	96	57	17	11	6	7	12	44	77	124	674.5
P.delos Libres	133	140	153	172	118	87	86	79	129	150	130	121	1496.0
Mte. Caseros	134	151	143	139	97	87	77	68	100	140	136	122	1393.3
Concordia	126	123	146	136	91	84	71	74	101	128	129	103	1311.3
Reconquista	137	152	162	138	67	59	38	37	64	140	126	135	1253.0
Ceres	133	117	130	78	30	23	21	23	43	77	107	124	905.8
Córdoba Ae	130	107	111	49	23	12	12	11	34	73	113	143	816.3
Va.M.RíoSeco	138	125	138	62	24	18	14	14	31	62	97	122	843.5
S. del Estero	127	103	81	36	15	8	4	4	12	33	65	93	577.5
Tucumán Ae	207	184	171	64	23	15	11	10	15	63	108	169	1038.5

FUENTES: Estadísticas Climatológicas. 1951/60, 1961/70, 1971/80 y 1981/90... Op. cit.

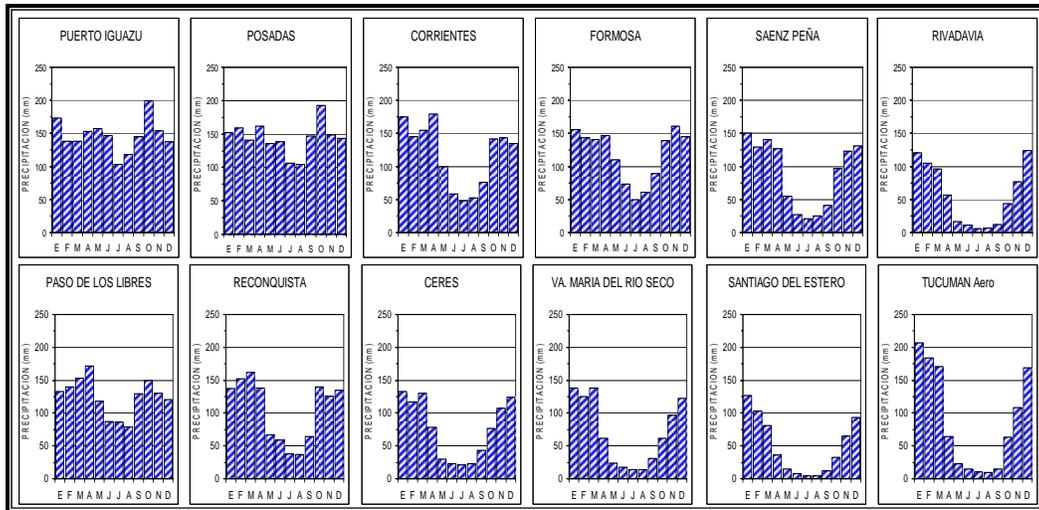
Las gráficas en barras, que ilustran el comportamiento de los valores medios mensuales de precipitación del período comprendido entre las décadas 1951/60, 1961/70, 1971/80 y 1981/90 en las estaciones del norte argentino, permiten detectar las diferencias existentes en la distribución anual de las lluvias entre el oriente, el centro y el occidente, tales como la reducción de los montos mensuales y estacionales, que determinan regímenes contrastados: en el extremo oriental un *régimen subtropical subcontinental oriental*, con abundantes precipitaciones y doble máximo, uno en primavera y otro en otoño; en el área central se define un *régimen subtropical subcontinental occidental*, también con doble máximo de otoño y primavera, pero más atenuado, y en el extremo occidental *régimen subtropical continental*, con escasas precipitaciones todo el año y máximo de verano (Bruniard, 1994).⁴

Según Bruniard (2001) *“el régimen simple estival del extremo occidental, se vincula al origen preferencial de las lluvias: frontales en el invierno y de inestabilidad en verano, respectivamente; mientras que el régimen complejo intermedio, o de doble máximo*

⁴ Otros estudios sobre los regímenes pluviométricos en nuestro país, que si bien son bastante anteriores a los ya mencionados no pierden vigencia, son: PROHASKA, F. (1952). *Regímenes estacionales de precipitación de Sudamérica y mares vecinos (desde 15° S hasta Antártida)*. En: Revista METEOROS. Buenos Aires, Servicio Meteorológico Nacional, Ns° 1-2; MARCHETTI, A. (1952). *Estudio del régimen pluviométrico de la República Argentina*. En: Revista METEOROS. Buenos Aires, Servicio Meteorológico Nacional, Ns° 3-4.

(bimodal), recibe las mayores precipitaciones en los momentos en que el área lluviosa penetra hacia el oeste y cuando se retrae nuevamente hacia el oriente, de modo que en las estaciones intermedias se adicionan ambos procesos pluviales: en primavera las depresiones dinámicas en retirada se suman a los procesos de inestabilidad en incremento, y en el otoño los procesos de inestabilidad en decrecimiento se adicionan a una actividad frontal que se vigoriza”.⁵

Figura 2. Régimen de precipitaciones (en mm) – Período 1951/1990.



Las diferencias son más notorias aún cuando se convierten los milímetros de precipitación mensual en lluvia relativa, que representa la proporción porcentual de lluvia mensual con respecto del promedio anual, dato que permite detectar a simple vista el comportamiento de la lluvia a lo largo del año y el régimen correspondiente a cada localidad.

Tabla 4. Precipitaciones Medias Mensuales Relativas (en %) - Período 1951/1990

ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Puerto Iguazú	9,8	7,8	7,8	8,7	8,9	8,3	5,8	6,7	8,2	11,3	8,7	7,8	100
Posadas	8,8	9,2	8,1	9,4	7,9	8,0	6,1	6,1	8,5	11,1	8,6	8,3	100
General Paz	10,5	9,5	10,5	11,3	7,6	6,0	4,3	4,4	6,5	11,5	9,0	8,9	100
Corrientes	12,4	10,3	11,0	12,7	7,1	4,2	3,4	3,7	5,4	10,1	10,1	9,6	100
Formosa	11,0	10,1	10,0	10,4	7,8	5,2	3,5	4,3	6,3	9,8	11,4	10,2	100
R. Sáenz Peña	14,1	12,1	13,2	11,9	5,2	2,5	2,0	2,3	3,8	9,1	11,5	12,3	100
Las Lomitas	13,8	13,1	12,7	10,4	6,1	2,2	2,0	2,3	3,7	7,1	11,4	15,0	100
Rivadavia	17,9	15,5	14,2	8,4	2,5	1,6	0,9	1,0	1,8	6,5	11,4	18,3	100

⁵ Las condiciones dinámicas que caracterizan la zona subtropical sudamericana y los límites regionales han sido tratados con detenimiento también en: BRUNIARD Enrique D. (1992). *El ámbito subtropical en la República Argentina (Climatología dinámica y límites climáticos)*. En: Estudios Geográficos. Revista publicada por el Instituto de Economía y Geografía Aplicadas, Madrid y en BRUNIARD, Enrique D. (1994). *El Clima de las Planicies del Norte Argentino*. Resistencia, Facultad de Humanidades, UNNE.

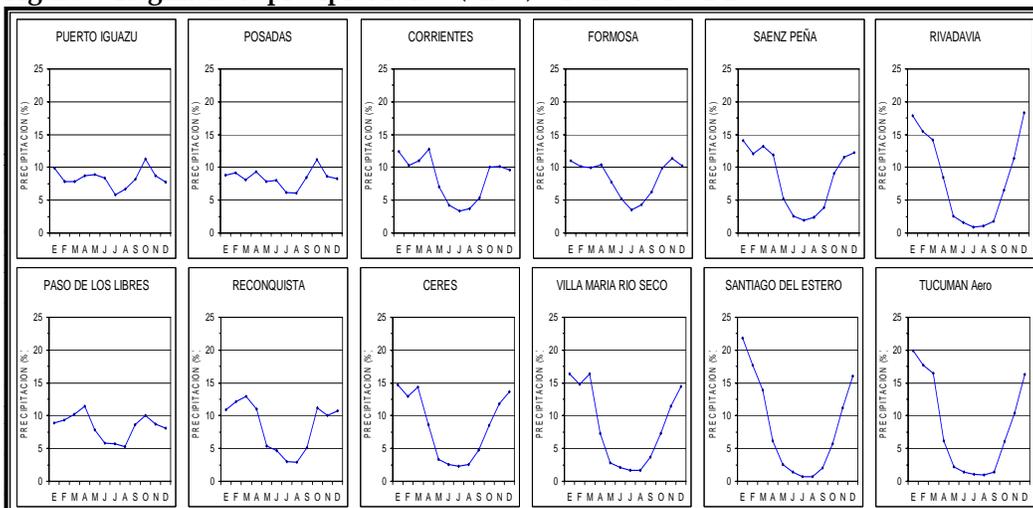
P.delos Libres	8,9	9,3	10,2	11,5	7,9	5,8	5,7	5,3	8,6	10,0	8,7	8,1	100
MonteCaseros	9,6	10,8	10,3	10,0	7,0	6,2	5,5	4,9	7,2	10,0	9,8	8,8	100
Concordia	9,6	9,4	11,1	10,4	6,9	6,4	5,4	5,6	7,7	9,8	9,8	7,9	100
Reconquista	10,9	12,1	12,9	11,0	5,3	4,7	3,0	2,9	5,1	11,2	10,0	10,8	100
Ceres	14,7	12,9	14,3	8,6	3,3	2,5	2,3	2,5	4,7	8,5	11,8	13,7	100
Córdoba Ae	15,9	13,1	13,6	6,0	2,8	1,5	1,5	1,3	4,2	8,9	13,8	17,5	100
Va.M.RíoSeco	16,3	14,8	16,3	7,3	2,8	2,1	1,7	1,7	3,7	7,3	11,5	14,4	100
S. del Estero	21,9	17,7	13,9	6,2	2,6	1,4	0,7	0,7	2,1	5,7	11,2	16,0	100
Tucumán Ae	19,9	17,7	16,4	6,2	2,2	1,4	1,1	1,0	1,4	6,1	10,4	16,3	100

FUENTES: Estadísticas Climatológicas. 1951/60, 1961/70, 1971/80 y 1981/90... Op. cit.

Las estaciones localizadas en el oriente del país presentan una curva semejante, con el doble máximo del régimen pluviométrico subtropical subcontinental. Estos máximos se registran en las estaciones intermedias, el principal en el mes de octubre y el secundario en el mes de abril en Puerto Iguazú y Posadas, mientras que el “período menos lluvioso”, ya que no se puede hablar de una verdadera estación seca, corresponde a finales de “invierno” y se extiende durante los meses de julio y agosto.

En General Paz, Corrientes, Formosa, Paso de los Libres, Monte Caseros, Concordia y, en menor medida, Reconquista, el máximo principal se extiende a marzo y abril y el secundario a octubre y noviembre, mientras que el “período más seco” continúa siendo julio y agosto. Hacia el interior continental, en una posición intermedia o de transición entre el régimen de doble máximo y el régimen con máximo de verano, se caracterizan Presidencia Roque Sáenz Peña y Ceres, en las cuales si bien se acentúa la disminución invernal y se hace más notorio el máximo de verano, aún conservan uno secundario en marzo, que también caracteriza a Villa María del Río Seco a pesar de su situación eminentemente continental. Obsérvese que la estación seca totaliza ahora cuatro meses, de junio a septiembre.

Figura 3. Régimen de precipitaciones (en %) – Período 1951/1990.



cálido predominan los procesos pluviales generados por la inestabilidad, fenómeno de extensión generalizada en la región y particularmente acentuado en el norte (Bruniard, 1999).

La marcha anual de los promedios mensuales está comprendida entre valores máximos y mínimos, calculados a partir de las series proporcionadas por la publicación World Weather Record, décadas 1951/0, 1961/70, 1971/80 y 1981/90, tal como se exponen en la **Tabla 5** y se representa en la **Figura 4**.

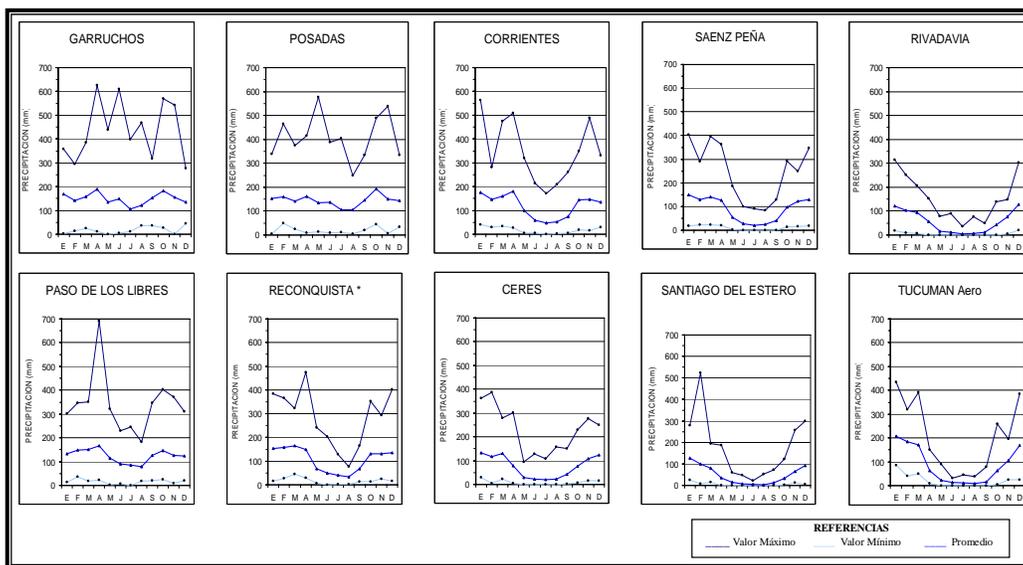
**Tabla 5. Valores Medios, Máximos y Mínimos mensuales de precipitación (en mm).
Período 1951 - 1990**

ESTACION	VA-LOR	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TO-TAL
Posadas	MED.	152	159	140	161	136	138	106	105	147	194	150	144	1731
	MIN.	4	49	25	9	14	9	11	5	21	45	6	33	1032
	MAX.	339	465	374	416	576	388	404	248	334	488	539	335	2437
Garruchos	MED.	169	142	158	188	134	148	105	121	152	182	156	135	1789
	MIN.	3	14	24	11	0	5	12	37	37	27	0	46	1163
	MAX.	357	295	358	626	440	611	398	469	319	570	543	277	2709
Corrientes	MED.	175	147	160	179	100	59	47	52	74	143	147	134	1418
	MIN.	40	28	34	27	6	4	1	2	5	18	16	30	913
	MAX.	562	281	475	509	319	215	170	209	262	350	489	331	2165
P. R. Sáenz Peña	MED.	149	128	141	127	55	27	21	25	41	97	123	130	1064
	MIN.	18	23	24	20	1	0	0	0	0	14	16	18	643
	MAX.	402	291	397	362	185	100	91	83	129	293	249	346	1729
Rivadavia	MED.	121	104	94	56	17	11	6	7	12	44	76	128	674
	MIN.	19	9	7	0	0	0	0	0	0	0	5	20	442
	MAX.	315	252	206	152	79	90	36	76	48	139	148	302	968
P. de los Libres	MED.	133	149	152	166	115	90	86	79	126	146	127	123	1487
	MIN.	14	37	19	22	3	6	0	18	21	24	9	21	887
	MAX.	302	346	351	691	322	230	245	183	347	402	371	310	2227
Ceres	MED.	133	117	130	78	30	23	21	23	42	77	107	124	904
	MIN.	30	5	22	5	0	0	0	0	3	6	16	15	486
	MAX.	362	387	279	303	94	127	108	158	152	230	277	250	1374
Reconquista	MED.	153	158	165	148	68	50	40	33	68	132	130	135	1270
	MIN.	16	28	45	28	7	0	1	2	14	13	24	16	771
	MAX.	384	365	322	474	243	204	129	77	164	353	293	402	1934
Sgo. del Estero	MED.	127	100	81	36	15	7	4	4	11	33	64	93	574
	MIN.	24	7	15	0	0	0	0	0	0	2	12	5	269
	MAX.	280	523	194	188	61	47	22	53	72	122	256	299	1163
Tucumán Ae	MED.	206	185	172	64	23	14	11	10	15	62	106	169	1038
	MIN.	86	40	50	8	1	0	0	0	0	4	25	24	530
	MAX.	436	319	392	152	91	32	46	39	78	259	196	386	1663

FUENTES: *World Weather Records*. 1951/60, 1961/710, 1971/80 y 1981/90. Washington, Department of Commerce-NOAA, NCDC. Años 1966, 1982, 1991 y 1997. (Vol. 3. West Indies, South and Central America).⁶

Los valores mínimos que se produjeron durante el período de estudio, muestran un comportamiento similar al de los valores medios, registrándose los montos más bajos en los meses “invernales”, particularmente entre mayo y septiembre.

Figura 4. Valores Medios, Máximos y Mínimos mensuales de precipitación (en mm) - Período 1951/1990.



No sucede lo mismo con los valores máximos; éstos expresan eventos excepcionales, y muestran algunas diferencias notorias. Las más destacables corresponden a Posadas (576 mm en mayo); Corrientes (562 mm en enero); Ceres (387 mm en febrero); Reconquista (402 mm en diciembre); Santiago del Estero (523 mm en febrero), si bien por lo exagerado de los montos se destacan Paso de los Libres y Santiago del Estero.

5. Frecuencia e Intensidad de las Lluvias en escala decenal

La frecuencia media de días con precipitación por década, indica el número medio mensual de días en que ocurrieron lluvias, cuya cantidad fue igual o mayor que 0,1 mm, tal como se consigna en la **Tabla 6**.

⁶ Los datos de las precipitaciones de Garruchos fueron proporcionados por la Empresa Schell-CAPSA, en oportunidad de la realización del Informe Técnico de 1999, y corresponden al período 1953/1990. La información de la localidad Paso de los Libres se obtuvo de la serie de datos existentes en la web proporcionados por la NASA-CLIMVIS-GHCN (Global Historical Climatological Network). La serie de Reconquista, si bien cubre un período menor: 1961/1990, fue incorporada al tratamiento de los datos debido a escasez de estaciones existentes en el área con este tipo de información.

Tabla 6. Frecuencia Media Anual de días con precipitación por década. Período 1951/60 a 1981/90.

Estación	1951/60	1961/70	1971/80	1981/90	Promedio
Puerto Iguazú	104	106	102	115	107
Posadas	112	110	113	121	114
General Paz	80	82	98	104	91
Corrientes	99	90	95	103	97
Formosa	103	95	98	104	100
Pcia. R. Sáenz Peña	91	80	83	98	88
Las Lomitas	99	85	79	93	89
Rivadavia	73	76	73	76	75
Paso de los Libres	98	98	98	92	97
Monte Caseros	96	93	98	98	96
Concordia	91	93	98	95	94
Reconquista	89	88	85	89	88
Ceres	81	78	91	89	85
Córdoba Ae	82	83	81	85	83
Va. María del Río Seco	72	71	83	89	79
Santiago del Estero	65	63	77	75	70
Tucumán Ae	107	107	120	103	109

FUENTES: *Estadísticas Climatológicas*. 1951/60, 1961/70, 1971/80 y 1981/90... Op. cit.

Este parámetro muestra un campo medio que se aproxima al de los montos pluviométricos, con más de 100 días con lluvia por año en Misiones y el nordeste de Formosa y Corrientes. Se destaca el predominio de Posadas, quien posee el mayor número de días con precipitación en todas las décadas, reforzándose en la última (en que supera 120 días/año). Le siguen en importancia, las estaciones Tucumán y Puerto Iguazú (más de 100 días/año) y Formosa (se aproxima a 100 días/año). Acorde con las condiciones climáticas, la frecuencia disminuye hasta alcanzar registros inferiores a 80 días en el eje de mayor aridez al oeste, en Rivadavia los promedios del período sólo alcanzan 75 días/año, mientras que en Santiago del Estero se reducen a 70 días/año. A excepción de Paso de los Libres y Tucumán, en el resto de las estaciones se incrementó el número de días con precipitación, en conformidad con los mayores montos pluviométricos de la década 1981/90.

Según Bruniard (2001) “la mayor frecuencia de eventos pluviales en el oriente está relacionada a una mayor disponibilidad de humedad en el aire y especialmente con los procesos de convergencia de corrientes opuestas (frentes y depresiones). El régimen del número de días de lluvia, permite señalar la oposición que muestra la estacionalidad de los procesos pluviales entre el este y el oeste. En Posadas el número mensual de días lluviosos es alto durante todo el año y se intensifica durante el invierno (depresiones dinámicas), mientras que a medida que se avanza hacia el interior decae la frecuencia de los procesos pluviales, sobre todo los invernales, pero se mantienen los de verano (inestabilidad), e incluso se intensifican en el interior (Santiago del Estero)”.

Si comparamos los datos de precipitación media decenal con los valores de frecuencia media mensual de días con precipitación, observamos que en general, a los meses de mayor precipitación corresponden meses con mayor frecuencia media de días con lluvia. La excepción la muestra los meses invernales, debido a los procesos que originan las precipitaciones, si bien llueve mayor número de días durante la "estación fría" los montos pluviométricos registrados son bastante inferiores a los de estaciones intermedias y verano.

Tabla 7. Frecuencia Media Mensual de días con precipitación por década (n° de días). Período 1951/60 a 1981/90.

ESTACION	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	TOTAL
Puerto Iguazú	10.8	9.8	8.8	7.8	8.5	8.8	7.8	7.8	9.5	10.5	8.8	8.3	107
Posadas	10.0	9.5	9.0	9.3	8.3	10.0	9.5	9.5	11.0	10.8	8.5	8.8	114
General Paz	8.3	7.8	7.5	8.3	6.8	7.3	6.5	6.5	8.0	8.8	8.5	7.0	91
Corrientes	9.3	8.8	8.8	9.3	7.0	7.0	6.3	6.5	7.8	9.3	8.8	8.3	97
Formosa	9.5	8.5	9.3	8.8	7.5	8.3	6.5	7.3	7.8	9.5	9.0	8.3	100
R. Sáenz Peña	9.3	8.3	8.8	9.0	7.0	6.3	4.5	4.3	5.5	7.8	8.8	8.8	88
Las Lomitas	9.3	8.5	9.8	9.8	7.3	6.3	4.5	3.8	5.0	7.0	8.5	9.5	89
Rivadavia	9.3	8.5	9.8	8.0	5.8	4.3	2.5	1.4	2.5	5.3	8.3	9.0	74
P.delos Libres	8.8	7.5	8.3	8.0	6.8	8.3	8.0	8.0	9.0	9.0	7.8	7.3	98
Mte. Caseros	8.3	8.5	8.5	8.3	7.0	8.5	7.5	7.3	8.5	8.5	8.0	7.5	96
Concordia	8.0	7.8	8.0	7.8	7.3	8.8	8.0	7.3	7.8	8.8	7.8	7.3	94
Reconquista	8.3	7.8	9.0	8.3	6.3	6.5	5.8	5.3	6.3	8.3	8.3	8.0	88
Ceres	9.5	7.8	9.0	7.3	5.8	5.3	4.5	4.0	5.3	7.8	9.0	9.8	85
Córdoba Ae	10.8	9.3	10.0	6.8	5.3	3.5	2.8	2.5	4.3	7.8	9.5	11.5	83
Va.M.RíoSeco	10.0	9.0	9.5	7.0	5.0	4.5	3.3	2.5	3.3	6.8	8.5	9.5	79
S. del Estero	9.5	8.5	9.3	6.3	4.8	3.5	2.5	1.5	2.8	5.5	7.5	8.5	70
Tucumán Ae	14.0	13.3	13.8	10.3	7.3	6.3	4.3	3.0	4.5	8.5	11.3	13.0	109

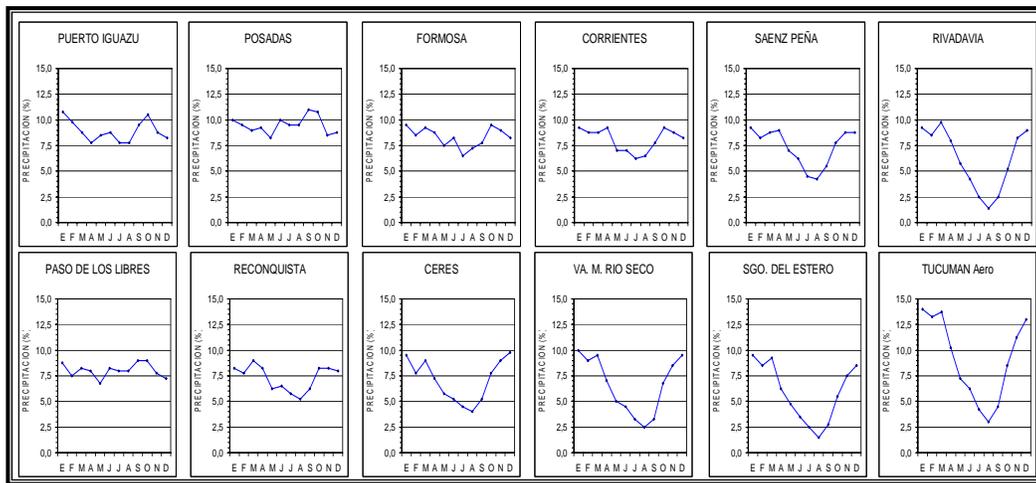
FUENTES: Estadísticas Climatológicas. 1951/60, 1961/70, 1971/80 y 1981/90... Op. cit.

Se advierte que Posadas, Puerto Iguazú, Paso de los Libres, Monte Caseros y Concordia, poseen una frecuencia media mensual de días con precipitación elevada a lo largo de todo el año (superan los 8 días con lluvia en todos los meses), en cuanto su régimen pluviométrico es más ponderado que los demás y con mayores cantidades anuales. La frecuencia continúa elevada a lo largo de un eje que se podría situar en las estaciones Formosa, Corrientes y Reconquista (más de 5 días con precipitación todo el año), no obstante comienza a insinuarse en ellas una pequeña disminución durante los meses "invernales" con respecto de los valores registrados durante las estaciones "intermedias y estival". La disminución se vuelve más marcada hacia el interior: en Sáenz Peña y Ceres los registros disminuyen a unos 4 días durante los meses de julio y agosto, mientras que en el occidente continental, Rivadavia y Villa María del Río Seco, poseen valores inferiores a 4.5 días durante junio, julio, agosto y septiembre. En

Santiago del Estero, esta situación se agudiza aún más y el período se extiende desde mayo a septiembre.

El mayor número de días con precipitación por lo tanto, se presenta durante las estaciones intermedias y verano. Se destaca el caso de estación Tucumán Aero que sobrepasa 13 días con precipitación desde diciembre a marzo, si bien estos valores disminuyen rápidamente en los meses siguientes. Estas características, responden lógicamente a las particulares condiciones atmosféricas del área de estudio, a sus montos pluviométricos y regímenes mencionados. ⁷

Figura 5. Frecuencia Media Mensual de días con precipitación (n° de días al mes) - Período 1951/1990.



La intensidad media de la lluvia, también denominada densidad de la lluvia, definida por el cociente entre el monto pluviométrico y la frecuencia, se expresa en mm por cada día de lluvia. Según Hoffmann (1971) se trata de un parámetro que carece de significado físico, pero que resulta útil para la comparación e interpretación climática, motivo por el cual la incluimos en el análisis.

La densidad media anual de las lluvias muestra una distribución semejante a la de los montos anuales, los valores más elevados en el oriente (se superan 16 mm/día de lluvia) que se reducen a la mitad (menos de 8 mm/día de lluvia) en el eje de máxima aridez. La mayor densidad de las lluvias se produce durante los meses de verano, como consecuencia de la mayor capacidad pluvial del aire húmedo.

⁷ Para mayores detalles consultar: BRUNIARD Enrique D. (1992). *El ámbito subtropical en la República Argentina...* op. cit.; BRUNIARD Enrique D. (1994). *El Clima de las Planicies del Norte Argentino...* op. cit.; BRUNIARD, Enrique D. (1978). *El Gran Chaco Argentino*. En: GEOGRAFICA N° 4. Resistencia, Instituto de Geografía, Facultad de Humanidades, UNNE; BURGOS, Juan. (1970). *El clima de la región Noreste de la República Argentina en relación con la vegetación natural y el suelo*. En: Boletín de la Sociedad Argentina de Botánica. Buenos Aires, Sociedad Argentina de Botánica, vol. XI; GALMARINI, A. y RAFFO DEL CAMPO, J. (1964). *Rasgos fundamentales que caracterizan el clima de la Región Chaqueña*. Buenos Aires, Consejo Nacional de Desarrollo (CONADE).

Tabla 8. Intensidad de las Precipitaciones por década (mm/día) - Período 1941 – 1990.

Estación	1951/60	1961/70	1971/80	1981/90	Prom. Serie
Puerto Iguazú	16.3	16.2	16.7	16.7	16.5
Posadas	15.7	14.6	14.2	16.1	15.2
General Paz	19.1	18.4	13.9	16.2	16.7
Corrientes	14.3	14.4	13.5	16.0	14.5
Formosa	13,6	14,5	14,0	14,4	14,1
Pcia. R. Sáenz Peña	12,0	11,9	11,6	12,8	12,1
Las Lomitas	10,7	9,6	10,5	10,1	10,2
Rivadavia	9,4	8,6	8,4	9,8	9,0
Paso de los Libres	13,9	14,7	16,0	17,5	15,5
Monte Caseros	12,9	14,6	15,0	15,3	14,5
Concordia	13,0	14,4	14,4	13,8	13,9
Reconquista	12,8	13,8	15,1	15,5	14,3
Ceres	10,7	10,2	11,2	10,6	10,7
Córdoba Ae	9,2	9,1	10,9	10,2	9,8
Va. María del Río Seco	10,5	11,2	11,2	10,0	10,7
Santiago del Estero	7,5	8,3	9,2	7,9	8,3
Tucumán Ae	9,7	9,0	9,7	9,6	9,5

FUENTES: *Estadísticas Climatológicas*. 1951/60, 1961/70, 1971/80 y 1981/90... Op. cit.

Según Bruniard (2001) *“este ajuste de la densidad a los meses más cálidos no es total, sino que se advierte un cierto desfase o atraso hacia el otoño, época en que la mayor humedad del aire favorece los procesos pluviales intensos. El régimen hídrico, expresado por la marcha estacional de las lluvias, la frecuencia y la intensidad de los procesos pluviales, junto a la humedad del aire, no son parámetros meteorológicos aislados, sino elementos de una misma estructura, que se encuentran sintetizados en los “tipos de tiempo” y en las masas de aire que caracterizan la región; son partes de una misma totalidad, aunque pueden presentar matices y combinaciones locales diferenciadas y seguramente con efectos diversos”.*

Con respecto del comportamiento de la intensidad de las precipitaciones en el tiempo, se observa que, en la mayoría de las estaciones ha aumentado. Las excepciones están dadas por las localidades de Puerto Iguazú (que mantuvo sus valores en las dos últimas décadas), Las Lomitas, Concordia, Ceres, Córdoba Aero, Villa María del Río Seco y Tucumán que registraron leves disminuciones entre las décadas de 1971/80 y 1981/90; mientras que Santiago del Estero muestra un marcado descenso, particularidad que se concuerda con la disminución efectuada en los montos medios decenales de ambas décadas.

6. La Variabilidad de las precipitaciones

Los promedios son indicativos de las condiciones pluviométricas *“normales”* sobre un lugar en sentido global, pero enmascaran la realidad y pueden resultar engañosos en aquellas regiones que poseen marcadas diferencias pluviométricas en el

tiempo. Las considerables diferencias existentes en las precipitaciones entre una década y otra y entre un año y otro, por lo tanto, obligan a evaluar la *variabilidad* de los registros.

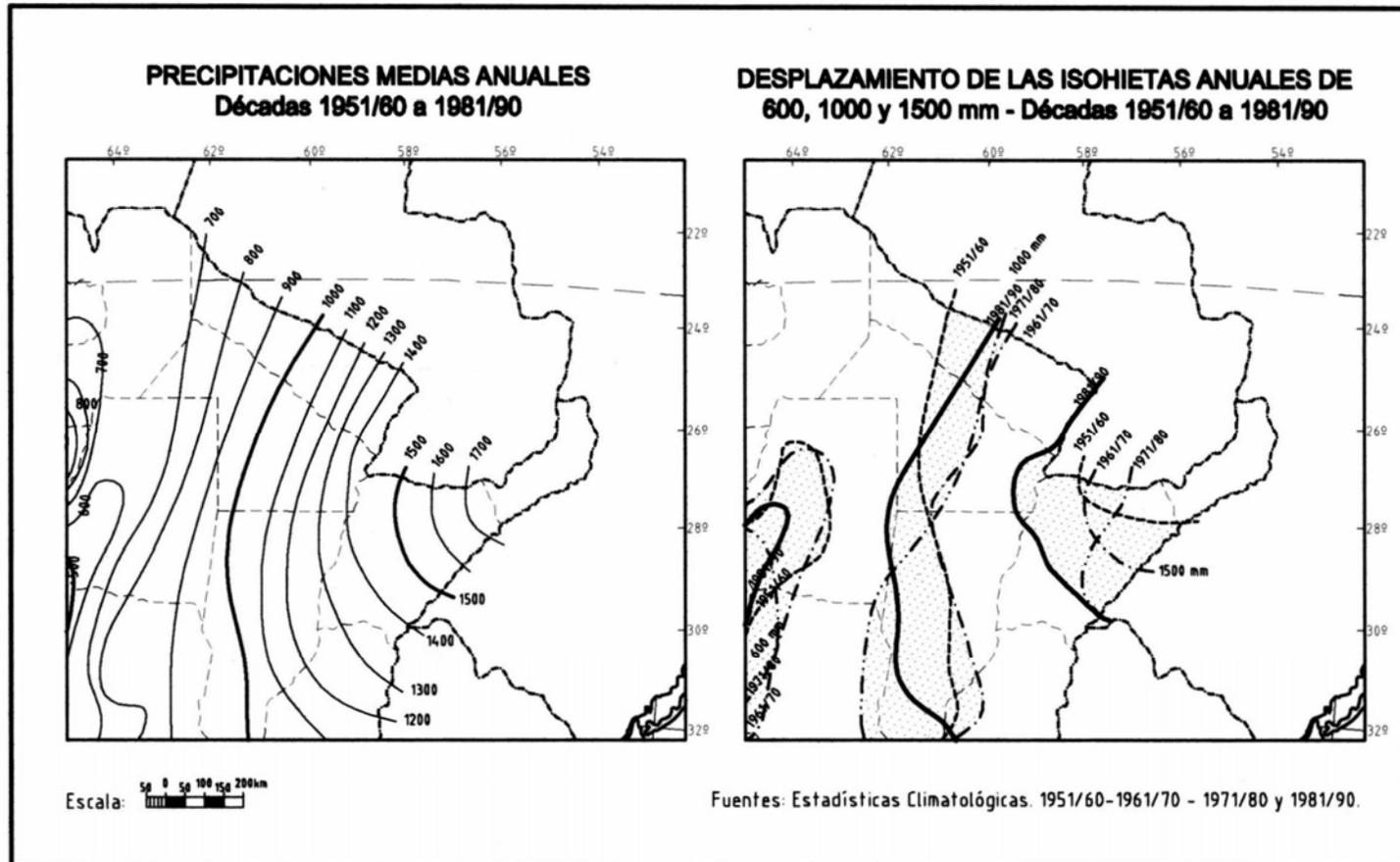
Para Fernández García (1996) la variabilidad de las precipitaciones *“es tanto temporal como espacial y está relacionada con la dinámica general de la atmósfera, de la que dependen el régimen pluviométrico anual y las oscilaciones interanuales, y con la topografía y el relieve, que introducen desequilibrios muy marcados en la distribución espacial de las precipitaciones”*. La variabilidad temporal se manifiesta a través de las series pluviométricas registradas en los distintos observatorios, y es una de las razones de que las medias anuales o mensuales sean muy poco representativas, por ello el estudio de las precipitaciones debe incluir otros estadísticos tales como la mediana, cuantiles, valores máximos y mínimos y coeficientes de variabilidad.

6.a. Variabilidad decenal de las precipitaciones

Los montos pluviométricos medios anuales que figuran en la **Tabla 2**, al ser representados mediante un mapa de isohietas, permiten detectar las variaciones espaciales de las lluvias desde oriente a occidente. En la **Figura 6.a** se observa que la distribución de las lluvias anuales posee sus montos más elevados en el extremo oriental de nuestro país, superando 1.700 mm, y decrecen hacia el interior continental, más o menos regularmente, hasta alcanzar *“el eje de máxima aridez”* localizado aproximadamente sobre el meridiano 64°W, donde los registros indican de 500 a 600 mm. Según Bruniard (1994) *“este eje indica la franja de agotamiento de la humedad proveniente del Atlántico, cuyos últimos aportes se descargan sobre los flancos serranos, que estimulan los procesos pluviales y determinan una franja submeridiana de lluvias orográficas más abundantes (superiores a 1000 mm.)”*.

El trazado *“regular”* que se advierte en las isohietas, que en gran parte es producto de la normalización de los datos de una serie de 40 años, de la escasez de estaciones meteorológicas y de la *“uniformidad”* topográfica, no permite apreciar la variabilidad que las precipitaciones poseen en el tiempo y en el espacio, motivo por el cual se representó en la **Figura 6.b** el recorrido de las isohietas de 600 mm., 1000 mm. y

Figura 6. a. Precipitaciones Medias Anuales – b. Desplazamientos de las Isohietas Anuales (en mm) – Período 1951/60 a 1981/90.



1500 mm. en cada una de las décadas consideradas. Se puede advertir claramente que los trazados no se encuentran siempre en el mismo lugar, sino que sufren fluctuaciones espaciales, bastante pronunciadas en algunos casos, habiéndose destacado mediante un grisado la franja sujeta a desplazamiento.

Por ejemplo, la isohieta de 1000 mm en la década 1951/60, alcanzan su posición más occidental en Chaco y Formosa, pero en Santa Fe se inflexiona hacia su posición más oriental. El caso contrario ocurre durante la década siguiente, en que alcanza su posición extrema más oriental en Chaco y Formosa, mientras que lo hace hacia el occidente de Santa Fe, e incluso se localiza en el oriente de la provincia de Córdoba; por otra parte, también muestran corrimientos en sentido contrario, en las décadas 1971/80 y 1981/90, cuando comparamos sus respectivos trazados en las provincias de Chaco, Santa Fe y Córdoba.

Se detecta, al mismo tiempo, que estos desplazamientos, entre las cuatro décadas, no muestran tendencias definidas sino *oscilaciones*, avances y retrocesos correspondientes a décadas más húmedas y más secas, y también entrecruzamientos que indican compensaciones, quedando delimitadas en cada caso, según Bruniard (1994 y 1999) “*áreas de migración dentro de las cuales se localizan los valores medios del período*”.

La variabilidad espacial y decenal de las precipitaciones, también puede comprobarse mediante el cálculo de las *desviaciones desde la normal*, que consiste en la diferencia existente entre el monto anual de cada década y el promedio de la serie. Este tratamiento de la información, pone de manifiesto el comportamiento diferencial que poseen las precipitaciones, y permite confirmar lo sostenido anteriormente sobre las variaciones de los montos pluviométricos, respecto de que no se detecta una tendencia regular y continua en el tiempo y en el espacio al aumento de las precipitaciones durante todo el período estudiado, sino que advierten fluctuaciones decenales e interdecenales, es decir, la alternancia de una o más décadas lluviosas con otras menos húmedas, si bien las dos últimas décadas en cuestión muestran un incremento marcado de las lluvias en la mayoría de las estaciones.

Tabla 9. Desviaciones de los Montos Decenales de Precipitación desde la Normal (en mm) - Período 1951/1990.

Estación	Dato	1951/60	1961/70	1971/80	1981/90	Promedio
MODELO A (+ - - +)						
Posadas	Precip.	1755	1611	1604	1947	1729
	Desv.	26	-118	-125	218	
General Paz	Precip.	1527	1510	1360	1685	1521
	Desv.	7	-11	-161	165	
Corrientes	Precip.	1414	1293	1282	1647	1409
	Desv.	5	-116	-127	238	
Pcia. R. Sáenz Peña	Precip.	1089	952	966	1255	1066
	Desv.	24	-114	-100	190	

Las Lomitas	Precip.	1055	814	831	942	911
	Desv.	145	-97	-80	32	
Rivadavia	Precip.	685	656	615	742	675
	Desv.	11	-19	-60	68	
MODELO B (- - + +)						
Paso de los Libres	Precip.	1360	1444	1568	1612	1496
	Desv.	-136	-52	72	116	
Monte Caseros	Precip.	1243	1359	1474	1497	1393
	Desv.	-150	-34	81	104	
Reconquista	Precip.	1141	1211	1281	1379	1253
	Desv.	-112	-42	28	126	
Ceres	Precip.	866	792	1021	942	906
	Desv.	-40	-114	115	36	
Va. M. del Río Seco	Precip.	758	795	932	889	844
	Desv.	-86	-49	89	46	
Córdoba Aero	Precip.	753	756	885	871	816
	Desv.	-63	-60	69	55	
Santiago del Estero	Precip.	489	520	707	594	578
	Desv.	-89	-58	130	17	
MODELO C (- - - +)						
Pto. Iguazú	Precip.	1700	1714	1707	1917	1760
	Desv.	-60	-46	-53	158	
Formosa	Precip.	1397	1382	1375	1499	1413
	Desv.	-16	-31	-38	86	
OTROS						
Concordia	Precip.	1181	1342	1413	1309	1311
	Desv.	-130	31	102	-2	
Tucumán Aero	Precip.	1036	961	1165	992	1039
	Desv.	-3	-78	127	-47	

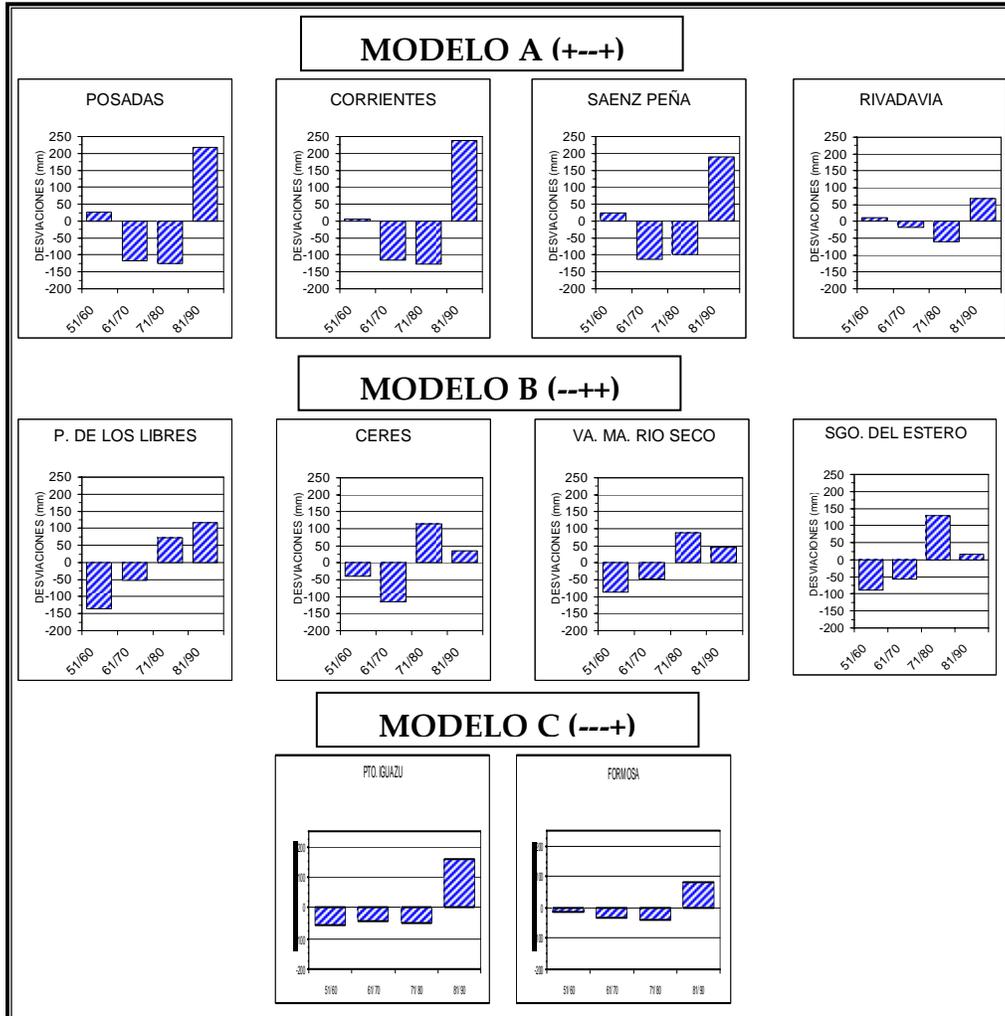
FUENTES: *Estadísticas Climatológicas*. 1951/60, 1961/70, 1971/80 y 1981/90... Op. cit.

Las diferencias encontradas nos permiten, al mismo tiempo, detectar modelos o patrones en el comportamiento de las lluvias.

El primero de ellos, individualizado como **MODELO A**, predomina en las estaciones Posadas, General Paz, Corrientes, Sáenz Peña, Las Lomitas y Rivadavia; se caracteriza porque las primera y última décadas son más lluviosas, mientras que las segunda y tercera son más secas. Ver **Figura 7**.

El segundo, denominado **MODELO B**, posee las dos primeras décadas más secas y las dos últimas más lluviosas, si bien se puede diferenciar en él dos submodelos, teniendo en cuenta lo siguiente: en las estaciones Paso de los Libres, Monte Caseros y Reconquista la década 1981/90 es más lluviosa que la anterior, mientras que en Reconquista, Ceres, Villa María del Río Seco, Córdoba y Santiago del Estero, 1981/90 es una década algo menos lluviosa que 1971/80.

Figura 7. Desviaciones de los Montos Decenales de Precipitación desde la Normal (en mm) - Período 1951/1990.



El tercer patrón o **MODELO C**, presenta las tres primeras décadas ligeramente menos lluviosas, mientras que la última es acentuadamente más lluviosa, y caracteriza a Puerto Iguazú y Formosa.

Por último, Concordia y Tucumán no se ajustan a ninguno de los patrones referidos; la explicación podría estar relacionada con problemas en la medición o debidos a las relocalizaciones a que estuvieron sujetas ambas estaciones durante las cuatro décadas consideradas.

El comportamiento diferencial de las precipitaciones permite confirmar las opiniones vertidas anteriormente por Schwerdtfeger y Vasino (1954), Weber (1954),

Galmarini y Raffo del Campo (1963) y Bruniard (1994), que nos informan sobre el carácter “temporario” de los elementos del clima, ya que se trataría de “variaciones cíclicas” que en las próximas décadas podrían mostrar nuevos reajustes y cambios de signos entre el este y el oeste del país.

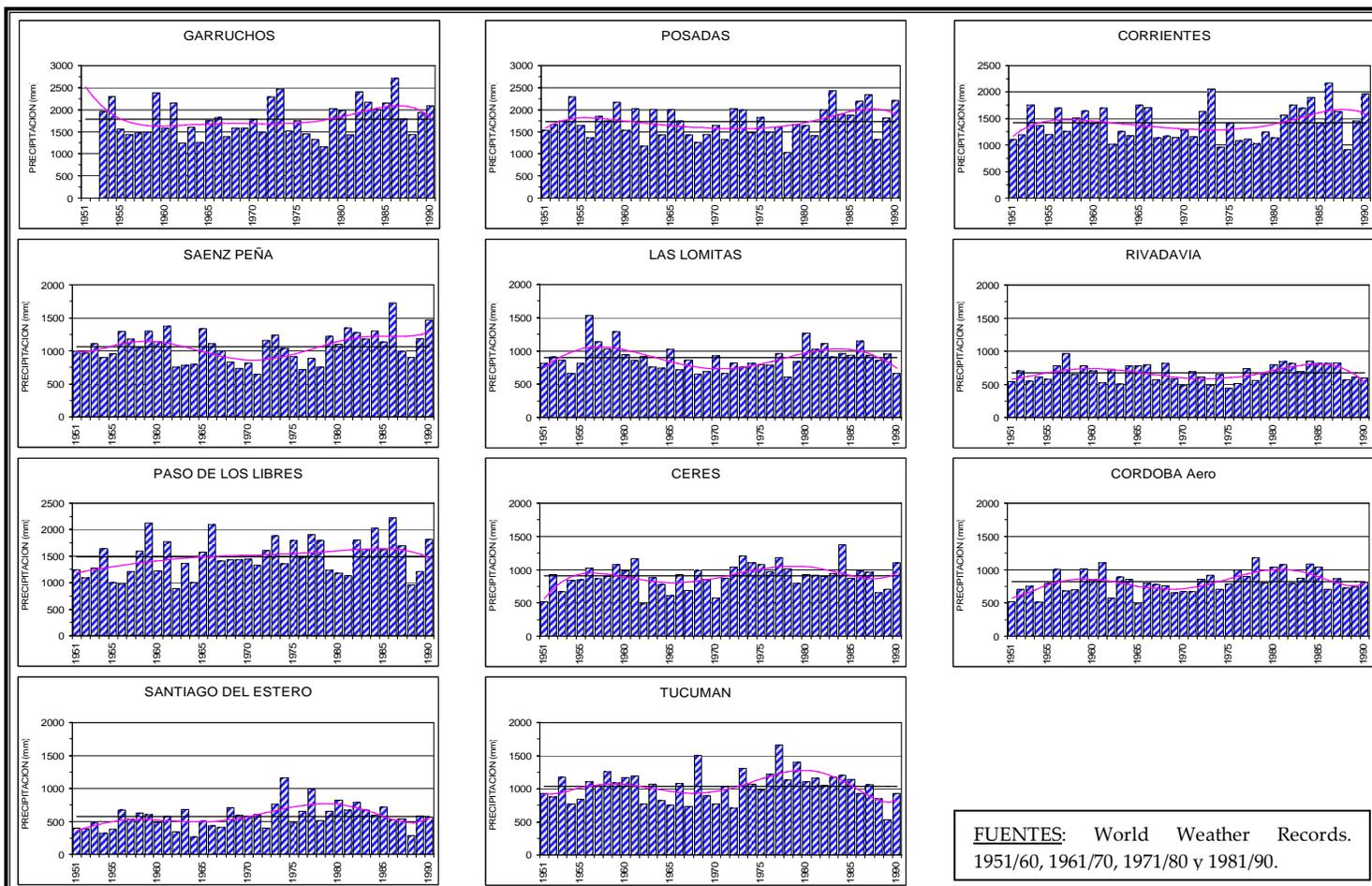
6.b. Variabilidad anual de las precipitaciones

La marcha anual de las precipitaciones, al igual que la decenal, muestra marcadas variaciones en el tiempo y en el espacio y nos permiten detectar la oscilación o amplitud que las lluvias poseen. Al analizar las series de 40 años, 1951/1990, la *tendencia lineal* de las precipitaciones, calculada por medio del método de los mínimos cuadrados, es fuertemente positiva en todos los casos (con excepción de Rivadavia en que es poco marcada). No obstante, las curvas de tendencia polinómica de 6 términos incorporada a los gráficos de la **Figura 8** (en color fucsia) muestran claramente la existencia de dos “ciclos” o períodos más lluviosos en ambos extremos de la serie, separados por uno menos húmedo en el medio de la misma, que nos permite verificar un comportamiento semejante en las estaciones seleccionadas. La excepción en este caso, la constituye Paso de los Libres, cuya tendencia es más continua al aumento, y con suaves disminuciones en los extremos de la serie. Cabe aclarar que la diferencia que presenta la curva en Garruchos al principio de la serie, es una consecuencia de los dos años faltantes.

La tendencia polinómica confirma nuevamente lo apuntado: los valores pluviométricos no muestran una tendencia general y continúa al aumento de las precipitaciones a lo largo de los últimos años, sino oscilaciones en el tiempo. Al respecto, los estudios efectuados por Minetti y Vargas (1998), aunque corresponden a series de mayor longitud, también detectan variaciones o patrones de cambios que no son continuos ni en el tiempo ni en el espacio, sino que se produjeron en “*forma de salto o discontinuidad positiva o creciente, dominante al este de la Cordillera y presentes durante las décadas de 1950 y 1960*”. También insisten en que las investigaciones recientes indican que “*los cambios en las medias anuales de precipitación y otras variables en Argentina se muestran como un salto y no como una tendencia, posiblemente originados por una discontinuidad en la intensidad de las corrientes húmedas desde el Noreste*”.

Los estudios realizados por Hoffmann (1988), quien comparó los campos de precipitación media anual entre 1913/27 y 1921/50 y entre 1921/50 y 1971/80 concluyen que durante el primer período analizado, las isohietas se desplazaron “*hacia el este nordeste... ocupando zonas en las que en el período 1913/27 había precipitaciones más abundantes, definiéndose así un período más seco*”, mientras que durante la segunda etapa considerada, las isohietas se corrieron “*varios cientos de kilómetros hacia el oeste en la Mesopotamia y en toda la llanura pampeana y chaqueña a las que corresponde un período más lluvioso...*”

Figura 8. Montos Anuales de Precipitación en el Norte Argentino (en mm). Período 1951/1990.



Al mismo tiempo, observó que la década 1971-80 se caracterizó por “un fuerte aumento generalizado de las precipitaciones en todo el país, con excepción de Misiones (Posadas), Formosa (Las Lomitas) y este de Salta (Rivadavia)”, estaciones en las cuales fue poco notoria la diferencia”.⁸ Se podría agregar, considerando los montos medios decenales que figuran en la **Tabla 2**, que la década 1981/90, resultó opuesta, ya que se registra un fuerte aumento de las lluvias, a excepción de Concordia, Ceres, Córdoba, Villa María del Río Seco, Santiago del Estero y Tucumán, que muestran descensos más o menos marcados. Estas “compensaciones” entre regiones contiguas, más o menos cercanas, se observan prácticamente en todos los registros pluviométricos que cubren largo período, los trabajos realizados por Schwerdtfeger y Vasino (1954), Galmarini y Raffo del Campo (1954), y Bruniard (2001), entre otros, reúnen numerosos ejemplos.

Ahora bien, las tendencias o fluctuaciones marcadas en las lluvias pueden ser detectadas con mayor nitidez cuando se las representa a través de la marcha suavizada de los montos anuales mediante las *medias* o *promedios móviles*. Los promedios móviles se utilizan en el estudio de las tendencias ambientales y pueden calcularse tanto a partir de las medianas como de las medias aritméticas, dependiendo del sesgo de las observaciones. Los promedios móviles constituyen un medio simple de uniformar las series temporales añadiendo los valores a intervalos regulares, durante un período y dividiendo el resultado por el número de observaciones.

Las medias móviles pueden calcularse sobre una base de 3, 5, 7, 9, 11 años o más, lo cual depende de la longitud de la serie considerada y de las tendencias a determinar (decenales, multidecenales, seculares, etc.). En esta oportunidad, hemos escogido calcularlas sobre la base de cinco años, es decir promedios pentádicos (o de cinco términos) que señalan el punto medio de cinco medias anuales consecutivas, dada la duración media de nuestro período de observación.⁹

Para su cálculo, y tomando como ejemplo la serie de de precipitaciones anuales de Posadas, se procedió de la siguiente manera:

a) se promediaron los primeros cinco años consecutivos (1951/1955) y el resultado se asignó al año intermedio (1953):

AÑO	PREC. ANUAL (mm)	PROMEDIO PENTADICO (mm.)
1951	1538	
1952	1660	
1953	1748	1776
1954	2291	
1955	1642	
1956	1366	

⁸ La disminución en los montos decenales, también se observa en Puerto Iguazú, General Paz, Corrientes y Formosa.

⁹ Si bien las medias móviles pueden calcularse sobre la base de un grupo de años pares, es conveniente promediar un grupo de años impares, de modo que el punto medio del período al que se refiere el promedio sea un año real, es decir, quede en el medio del período promediado. Cf. MONKHOUSE, F. y WILKINSON, H. (1966). *Mapas y Diagramas*. Barcelona, Oikos-Tau, también en HAGGETT, Peter (1988). *GEOGRAFIA. Una síntesis moderna*. Barcelona, Omega.

b) a continuación se calculó el promedio de los montos anuales de los segundos cinco años consecutivos: 1952 a 1956, el valor obtenido le correspondió al año 1954, y así sucesivamente.

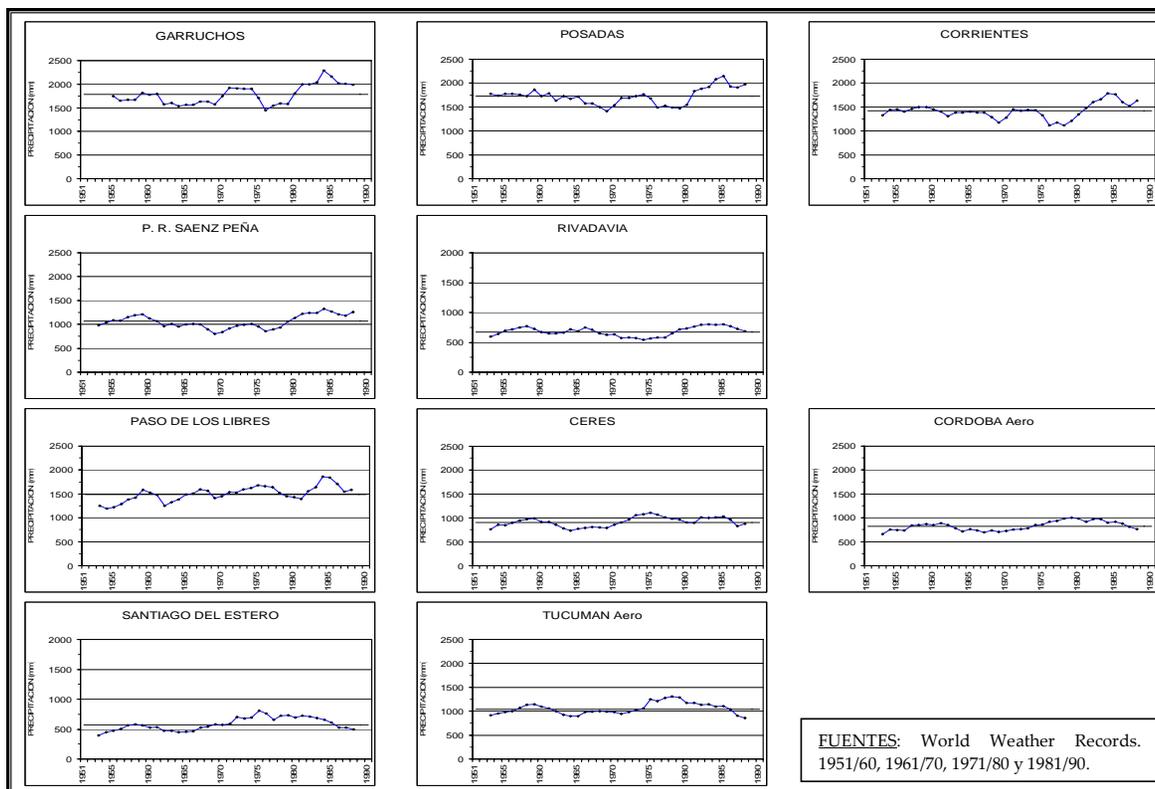
AÑO	PREC. ANUAL (mm)	PROMEDIO PENTADICO (mm.)
1951	1538	
1952	1660	
1953	1748	1776
1954	2291	1741
1955	1642	1778
1956	1366	1778
1957	1844	1754
1958	1746	1732
1959	2170	
1960	1532	

La utilidad de este método supera a los inconvenientes que se generan debido al mecanismo utilizado, ya que por un lado, los dos primeros y los dos últimos años de la serie considerada no pueden calcularse, por otro lado, al ir promediando sucesivamente los montos, se produce un desfase entre los máximos y mínimos valores y los años en que caen los mismos. Los datos obtenidos de esta manera fueron representados en la **Figura 9**.

En todas las estaciones representadas se observan variaciones u oscilaciones “cíclicas”, destacándose períodos más secos que alternan con períodos más húmedos. Se advierte claramente la presencia de dos modelos o patrones en el comportamiento temporal de las precipitaciones en el norte argentino, tal como se estableció con los valores decenales:

1. En primer lugar, se observan semejanzas muy marcadas en las estaciones Garruchos, Posadas, Corrientes y Paso de los Libres, que se caracterizan por presentar al comienzo de la serie un ciclo seco, a los que sucede uno húmedo, y así sucesivamente hasta completar tres ciclos secos y tres húmedos bien nítidos. También se detecta que la tendencia de los últimos años es negativa frente a la fuerte tendencia positiva de los años anteriores. En esta situación podrían incorporarse Sáenz Peña y Ceres, ya que poseen semejanzas marcadas con las estaciones mencionadas, si bien no son exactamente iguales, adoptando un modelo que se podría definir como de transición con las del segundo grupo.

Figura 9. Promedios Móviles o Suavizados Pentádicos (en mm) – Período 1951/1990.



2. En segundo lugar, en Rivadavia, Córdoba, Santiago del Estero y Tucumán, el patrón en el comportamiento temporal se define por la existencia de dos períodos húmedos en los extremos de las series, separados por un período seco en el medio de la misma, bien diferenciables. Nótese que en este segundo caso, los “ciclos” u oscilaciones son de mayor duración que en el caso anterior. No obstante estas diferencias, los últimos años de estas estaciones, también poseen tendencia descendente o negativa frente a la tendencia positiva de los años anteriores, pero mucho más marcada.

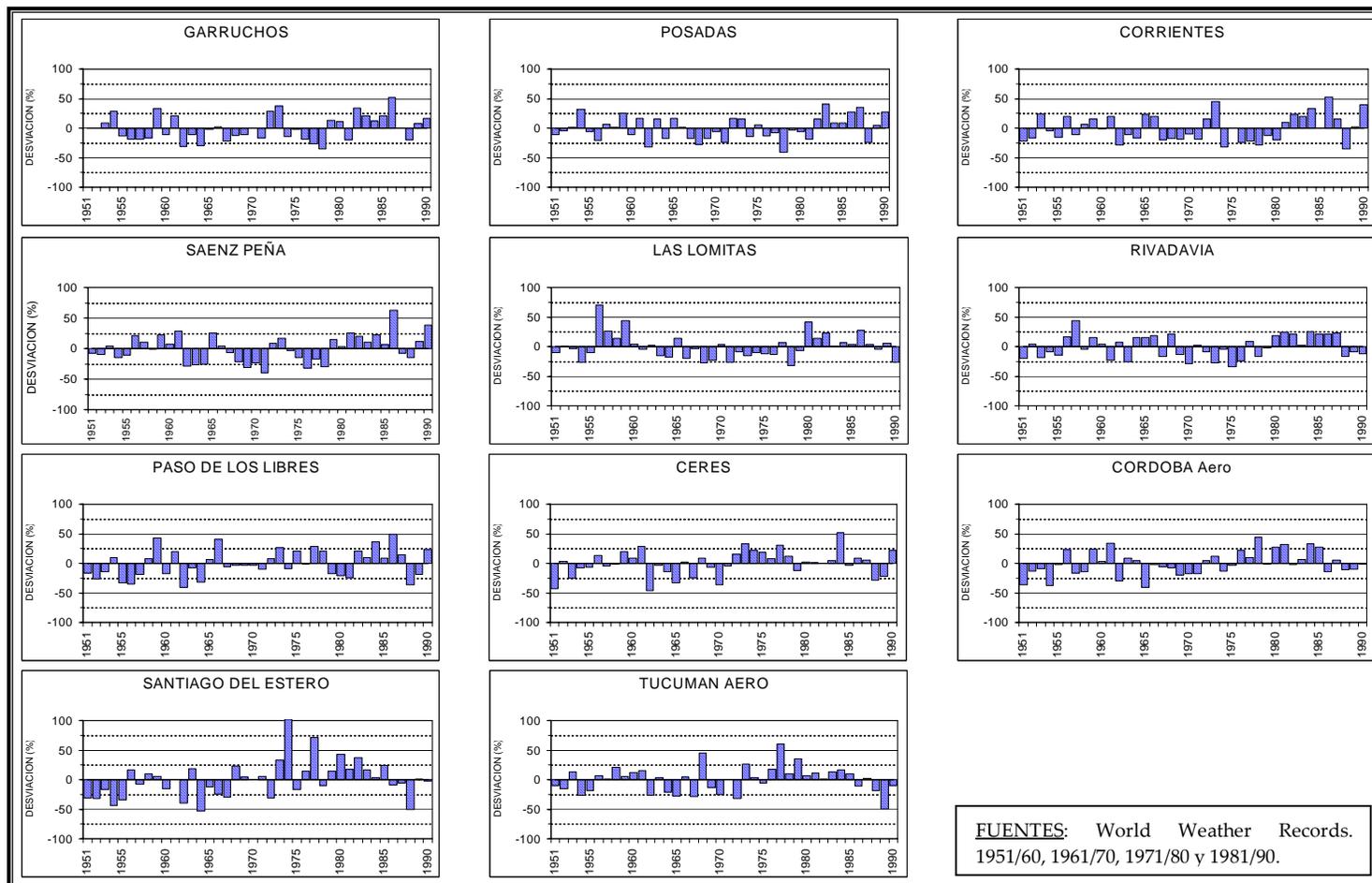
Según Bruniard (1999) *“no se trata de tendencias permanentes, y lo mismo ocurre con los efectos espaciales en el mapa que muestra el desplazamiento de las isohietas anuales, sino de ciclos naturales con fases temporalmente positivas y otras negativas, avances y retrocesos, cuyo origen no parece asociado a factores estáticos -a las modificaciones más estables del sustrato, sean cuerpos de agua, “humedales” (?), cambios en la cubierta vegetal, u otros-, sino a factores dinámicos, cambiantes, ligados a la circulación atmosférica”*.

Respecto de los ciclos de mayor humedad, las estadísticas disponibles y los estudios realizados en diversas partes del mundo confirman la vieja teoría de las compensaciones: *“un excedente de precipitaciones en una región implica un déficit en otra parte del mundo”*, en cuanto el agua disponible cada año, a escala del planeta, es aproximadamente la misma. Bruniard (1994) refiere que Schwerdtfeger (1951) señala que *“como hipótesis de trabajo podría formularse que en un sistema cerrado de circulación atmosférica, en el período de un año o de un múltiplo de éste, la cantidad total de precipitación queda determinada únicamente por la energía que el sistema recibe desde afuera, y crece con dicha energía, de manera que, a cada ‘más’ en una región corresponde un ‘menos’ en otra, siempre que la energía total disponible para el mantenimiento de las circulaciones atmosféricas (y oceánicas) no varíe esencialmente (constante solar)”*.

Otra manera de cotejar la variabilidad de las precipitaciones acentuando las fluctuaciones cíclicas y las tendencias, es mediante el cálculo de las desviaciones desde la normal, es decir, la diferencia de los valores pluviométricos anuales en relación con el promedio del período. Para ello se determinan las diferencias que presenta cada monto anual con el monto promedio, luego, estas diferencias absolutas (en mm.) se expresan en proporción porcentual del promedio, para salvar la amplitud de las diferencias absolutas y convertir el dato en un valor comparable. Los valores negativos indican las diferencias existentes por debajo del promedio del período, mientras que los positivos señalan aquellos que lo superan.

La representación de estas diferencias mediante gráficos de barras, en la **Figura 10**, permite comprobar además que, en términos generales y en una larga serie de años, son más frecuentes los valores pluviométricos inferiores a la media (negativos) que los superiores (positivos), es decir, que muchos años secos son compensados por unos pocos años húmedos o muy húmedos y que, generalmente, un año seco o muy seco es seguido de un año húmedo o muy húmedo.

Figura 10. Desviaciones Anuales desde la Normal (en %) – Período 1951/1990.



Las desviaciones desde la normal son poco marcadas en el norte argentino, ya que en la mayor parte del período de estudio sólo se acercan o escasamente superan el 50% (en más o en menos) en pocas ocasiones. Las desviaciones más marcadas se encuentran en Las Lomitas (70.5 % en el año 1976, en correspondencia con el máximo registro pluviométrico) y en Santiago del Estero (102.6% en 1974, año en que el monto anual alcanzó 1163 mm, también la marca más alta anotada en la serie).

Estas peculiaridades confirman lo expuesto por Finch y Trewartha (1954) acerca de que *“en los climas húmedos, la variación anual no suele pasar de 50% en más o menos. Es decir, que el año más seco puede tener, aproximadamente, 50% de la cantidad media normal de lluvia y el año más lluvioso 150%. En los climas secos esos valores oscilan entre 30% y 250%. Como regla general, la variabilidad aumenta a medida que decrece la cantidad de precipitación...”*.

El tipo de procesamiento de la información también permite destacar la presencia de cambios en la variabilidad de las precipitaciones. En muchos trabajos se hace especial referencia al aumento en la variabilidad interanual de las lluvias, en relación con los mayores montos de las décadas de 1970 y 1980 y a la mayor intensidad de las precipitaciones. No obstante en las series normalizadas no se denotan cambios manifiestos, sólo un leve aumento en los valores de las desviaciones, durante algunos años de las décadas de 1970 y 1980, en Garruchos, Posadas, Corrientes, Sáenz Peña, Paso de los Libres, Ceres, Santiago del Estero y Tucumán, mientras que se manifiestan disminuciones en las estaciones Las Lomitas, Rivadavia y Córdoba.¹⁰

7. Los años y períodos secos y húmedos en el norte argentino

Otra manera de estudiar las diferencias espaciales de la precipitación y comprobar su variabilidad temporal, es clasificar a las lluvias mediante parámetros estadísticos, pues según Bolognesi (1971) *“resulta de gran interés establecer dentro de una determinada probabilidad de ocurrencia, si un total mensual o anual de precipitación registrado en una localidad, puede considerarse de ocurrencia normal o, en el caso de no responder a tal denominación, cuál es la apropiada que debe asignársele”*.

Uno de los parámetros más utilizados, aparte de las medidas de centralización (mediana, media o promedio y moda) y los valores mínimos y máximos registrados, que figuran en la **Tabla 5**, son los *cuantiles*, parámetros probabilísticos obtenidos directamente de las frecuencias empíricas observadas. Los *cuantiles* que dividen una muestra o población estadística en cinco partes o subconjuntos de igual tamaño, de modo que sus valores serán mayores o iguales que el 20, el 40, el 60 y el 80 % de los efectivos muestrales o poblacionales, reciben el nombre de *quintiles*. Existen

¹⁰ A estas mismas conclusiones arriban los estudios del Tercer Informe de Evaluación sobre Cambio Climático – La Base Científica (IPCC- 2001) al afirmar: *“En contraste con el Hemisferio Norte, no se han detectado cambios sistemáticos comparables de las precipitaciones en amplios promedios latitudinales en el Hemisferio Sur”*.

pues, cuatro quintiles: primer, segundo, tercero y cuarto quintil respectivamente, excepto en el caso extremo de una muestra con todos sus elementos iguales.

En el análisis de los totales mensuales y anuales de la precipitación, los quintiles son los cuantiles más utilizados, pues su cálculo nos provee de *umbrales* que permiten establecer la conocida clasificación, recomendada incluso por la Organización Meteorológica Mundial, de los meses o años en cinco categorías: *meses o años muy secos, secos, normales, lluviosos y muy lluviosos*, de la siguiente manera:

❖ mes o año muy seco	$P < Q_1$
❖ mes o año seco	$Q_1 \leq P < Q_2$
❖ mes o año normal	$Q_2 \leq P < Q_3$
❖ mes o año lluvioso	$Q_3 \leq P < Q_4$
❖ mes o año muy lluvioso	$P \geq Q_4$

siendo P la precipitación del mes o año en consideración. Esta clasificación es, obviamente, relativa a cada observatorio y presenta el mismo o parecido porcentaje de años en cada una de las categorías, es decir, un 20% serán años muy secos, otro 20% secos, etc., a partir de la cual pueden hallarse, para cada lugar, los umbrales que permiten calificar a un mes o a un año de muy seco, seco, etc. en ese mismo punto. Los valores de los quintiles anuales así obtenidos, junto con otros parámetros de interés, se exponen en la a continuación.

**Tabla 10. Parámetros estadísticos de los Montos Anuales de Precipitación (en mm).
Período 1951- 1990.**

Estación	Media na	Prom.	1° Q.	2° Q.	3° Q.	4°Q.	Valor Mín.	Valor Máx.	Coef. Fluct.
Garruchos ^{11*}	1573	1789	1446	1591	1824	2158	1163	2709	2.33
Posadas	1705	1731	1426	1643	1817	2019	1032	2437	2.36
Corrientes	1385	1418	1135	1250	1483	1702	913	2165	2.37
Sáenz Peña	1077	1064	822	989	1137	1285	643	1729	2.69
Las Lomitas	865	898	750	829	924	1024	608	1531	2.52
Rivadavia**	673	674	555	615	715	806	442	968	2.19
P.delosLibres	1438	1487	1195	1361	1602	1814	887	2227	2.51
Ceres	918	904	741	877	852	1074	486	1374	2.83
Reconquista *	1257	1270	951	1231	1308	1473	771	1934	2.51
S.del Estero	572	574	403	526	600	680	269	1163	4.32
Tucumán Ae	1067	1038	832	1007	1098	1185	530	1663	3.14

FUENTES: World Weather Records. 1951/60, 1961/71, 1971/80 y 1981/90...Op. cit.

¹¹ (*) La serie de Garruchos comprende los años 1953 a 1991 y la de Reconquista el período 1961/90.

(**) El valor tan bajo del coeficiente de fluctuación de Rivadavia, con respecto del resto de las estaciones, podría deberse a lo incompleto de las serie que obligó a proceder al relleno de lagunas con estaciones vecinas.

Los inconvenientes de esta medida estadística, además de dividir la serie de años proporcionalmente, tal como se indicara, y tener siempre el mismo número de años con iguales condiciones (en este caso particular, al ser una serie de 40 años, se va a tener 8 años de cada tipo), también consiste en que los umbrales detectados variarán, aún para una misma estación, de acuerdo con la longitud de la serie normalizada.

La amplitud extrema de las oscilaciones de la altura anual de la lluvia en las estaciones de Argentina, para el período de estudio se muestra en la **Tabla 10**, y pone de manifiesto que las cantidades anuales extremas de lluvia varían entre 1000 mm y más de 2500 mm en el oriente, de 600 mm a 1500 mm en el centro y de 400 mm a 1000 mm en el occidente. A partir de estos montos se puede determinar el *coeficiente de fluctuación* anual de las lluvias, que es el cociente entre el mínimo y el máximo registro, de manera que el valor obtenido refleja cuántas veces el año más lluvioso de una serie es superior al año más seco. Los valores calculados demuestran que las menores fluctuaciones se manifiestan en el oriente (alrededor de 2.30), muestran un leve aumento en las estaciones del centro (2.60 a 2.80) y aumentan abruptamente en el occidente (3.14 en Tucumán y 4.32 en Santiago del Estero).

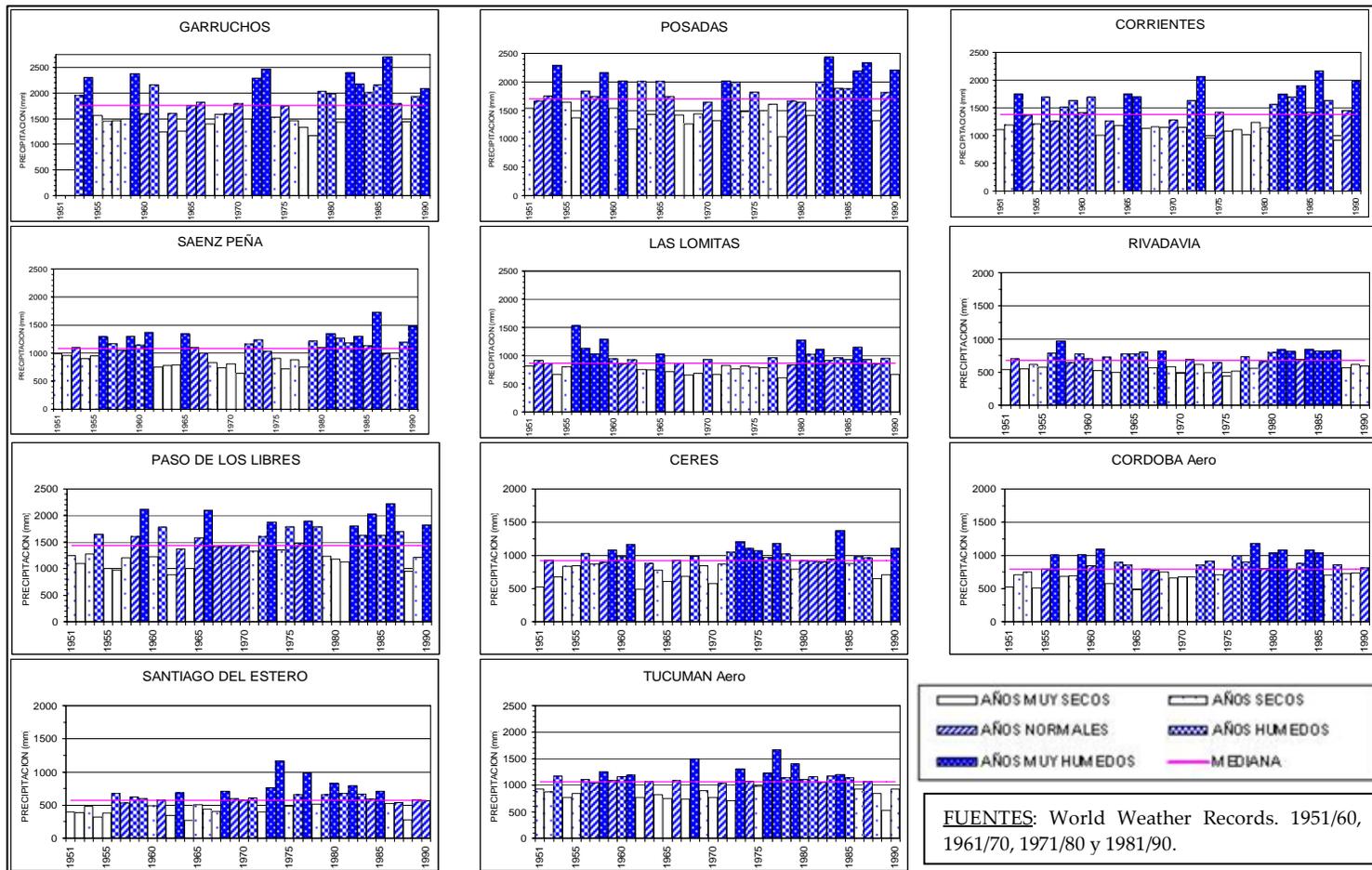
Tomando como base los montos de los quintiles anuales, calculados a partir de la información existente, se elaboraron los gráficos de barras de la **Figura 11**, que muestran la sucesión de años muy secos, secos, normales, húmedos y muy húmedos en las estaciones seleccionadas. Lo primero que salta a la vista es la distribución de los años secos y húmedos; se advierte que no presentan aislados, sino agrupados durante varios años seguidos. Esta disposición da origen a la alternancia de períodos secos y húmedos bastante marcados que, con diferente extensión e intensidad caracterizan al norte de nuestro país. Esta sucesión origina a su vez los períodos con déficit y excesos hídricos, que convierten al área de estudio en un área susceptible de riesgo natural, ambiental y social bastante frecuente.

7.a. Los períodos secos y los riesgos de sequías

El concepto de *sequía* se refiere a un hecho esencialmente climático, pero también incluye aspectos sociales y económicos relacionados con el uso del agua y las obras de infraestructura llevadas a cabo en un país o región. El contenido climático de sequía hace referencia a la falta o escasez de agua en una región determinada, especialmente cuando su presencia no corresponde a la situación habitual de la misma.

Para Olcina Cantos (2006, p. 69) "*la sequía climática es la sucesión, con frecuencia superior a la normal, de situaciones atmosféricas poco favorables al desarrollo de precipitaciones sobre una región, que motiva una disminución de recursos de agua (sequía "hidrológica") susceptibles de ser empleados para el riego de cultivos (sequía "agrícola") y abastecimiento a las ciudades (sequía "urbana")*". Además de las causas de origen climático, intervienen otras, de tipo antrópico, como la deforestación, que agudizan los efectos negativos del

Figura 11. Años muy secos, secos, normales, húmedos y muy húmedos (en mm) – Período 1951/1990.



clima, especialmente en aquellas áreas que poseen un frágil equilibrio entre los elementos del medio natural, como son las regiones áridas o semiáridas, en las cuales la desertización y la pérdida de suelos ha alcanzado dimensiones peligrosas.

En un clima húmedo, con lluvias anuales del orden de los 1500 a 1600 mm, y con un régimen estacional bastante equilibrado, como el que caracteriza el sector oriental del país, el fenómeno de las sequías no es frecuente. No obstante, y para evitar una interpretación errónea, Schwerdtfeger y Vasino (1954) señalan que *“debe recordarse que el aumento secular de las lluvias no guarda necesariamente equivalencia directa con una disminución del peligro de sequías. Este peligro depende también de la temperatura y de la distribución temporal más o menos uniforme de las precipitaciones...”*

Los montos estacionales muestran que las precipitaciones más bajas registradas se producen durante los meses de “invierno”, especialmente en junio, julio y agosto. En Posadas, por ejemplo, los registros pluviométricos de la serie 1951/1990, indican valores mínimos de 9,0 mm. en junio (1962); 11 mm julio (1988) y 5.0 mm en agosto (1951). En Corrientes, para el mismo período tenemos los siguientes valores mínimos: 3.5 mm en junio (1962), 1.0 mm en julio (1953), 2.4 mm en agosto (1983) y 4.8 mm en septiembre (1983).

Según Bruniard (1999), salvo en los casos de sequías prolongadas, *“los meses invernales, normalmente más secos, son precedidos por otoños lluviosos, con excedentes hídricos y buen contenido de humedad en el suelo, lo que unido a la baja evapotranspiración potencial reduce los efectos negativos de la falta de agua”*. En verano, en cambio, las sequías estacionales pueden alcanzar mayor severidad, especialmente cuando son continuación de una primavera poco lluviosa. Menciona como ejemplo la sequía estival de 1985-86 en Misiones y Corrientes: *“después de un otoño e invierno relativamente lluviosos, sobrevino una primavera y un verano con síntomas de sequía que se prolongó desde octubre de 1985 hasta enero de 1986... En correspondencia con este período seco -prolongado e intenso- se produjeron incendios de plantaciones forestales en el área correntino-misionera...”*

En cuanto al sector central y occidental del norte argentino, cuyo régimen pluviométrico se caracteriza por la presencia de un invierno seco más intenso y largo cuanto más al oeste nos encontremos, el riesgo de la sequía es más frecuente y más acentuados sus efectos. En Sáenz Peña, para el período 1951/1990 tenemos los siguientes valores mínimos: 1.2 mm en mayo (1971), 0.2 mm en junio (1962), 0.3 mm en julio (1978), 0.0 mm en agosto (1953, 1978 y 1983) y 0.0 mm en septiembre (1983).

En Santiago del Estero, no sólo aumenta el número de meses secos durante el período *“invernal”* sino que también encontramos meses de verano con registros mínimos muy bajos. Para el período en estudio, los valores mínimos son: 6.7 mm en febrero (1987), 14.5 mm en marzo (1986), 0.0 mm que se producen desde abril (1967 y 1976) hasta septiembre (1951, 1953, 1955, 1961, 1985 y 1988), 2.0 mm en octubre (1951), y 4.7 mm en diciembre (1967).

Un hecho al que ya hiciéramos referencia, es que los años muy secos y secos generalmente se encuentran agrupados formando series de varios años continuos con estas características, lo cual aumenta las posibilidades de sequías, tal como puede advertirse en la **Figura 12**. Otra particularidad que se observa es que, a pesar de las diferencias en los regímenes, generalmente los períodos muy secos y secos se produjeron prácticamente durante los mismos años para la mayor parte del norte argentino, entre 1955/60 y 1975/80, a excepción de Paso de los Libres, cuyo período seco más marcado se encuentra en los años 1950.

Estas condiciones se deben a los mecanismos que generan la sequía. La sequía está determinada, ante todo, por el dinamismo de la atmósfera superior y se relaciona siempre con anomalías de los campos de presión. Cuadrat y Pita (1997) manifiestan que *“las condiciones de sequía desencadenan a su alrededor toda una serie de procesos en cascada que tienden a acentuarla y mantenerla. De allí que en una región afectada por un largo dominio anticiclónico y ausencia de lluvias, el aire se vuelve progresivamente más seco y la evapotranspiración aumenta; por esta causa la vegetación se degrada de forma más o menos acentuada, lo cual modifica el albedo de la superficie y al mismo tiempo el balance de radiación”*.

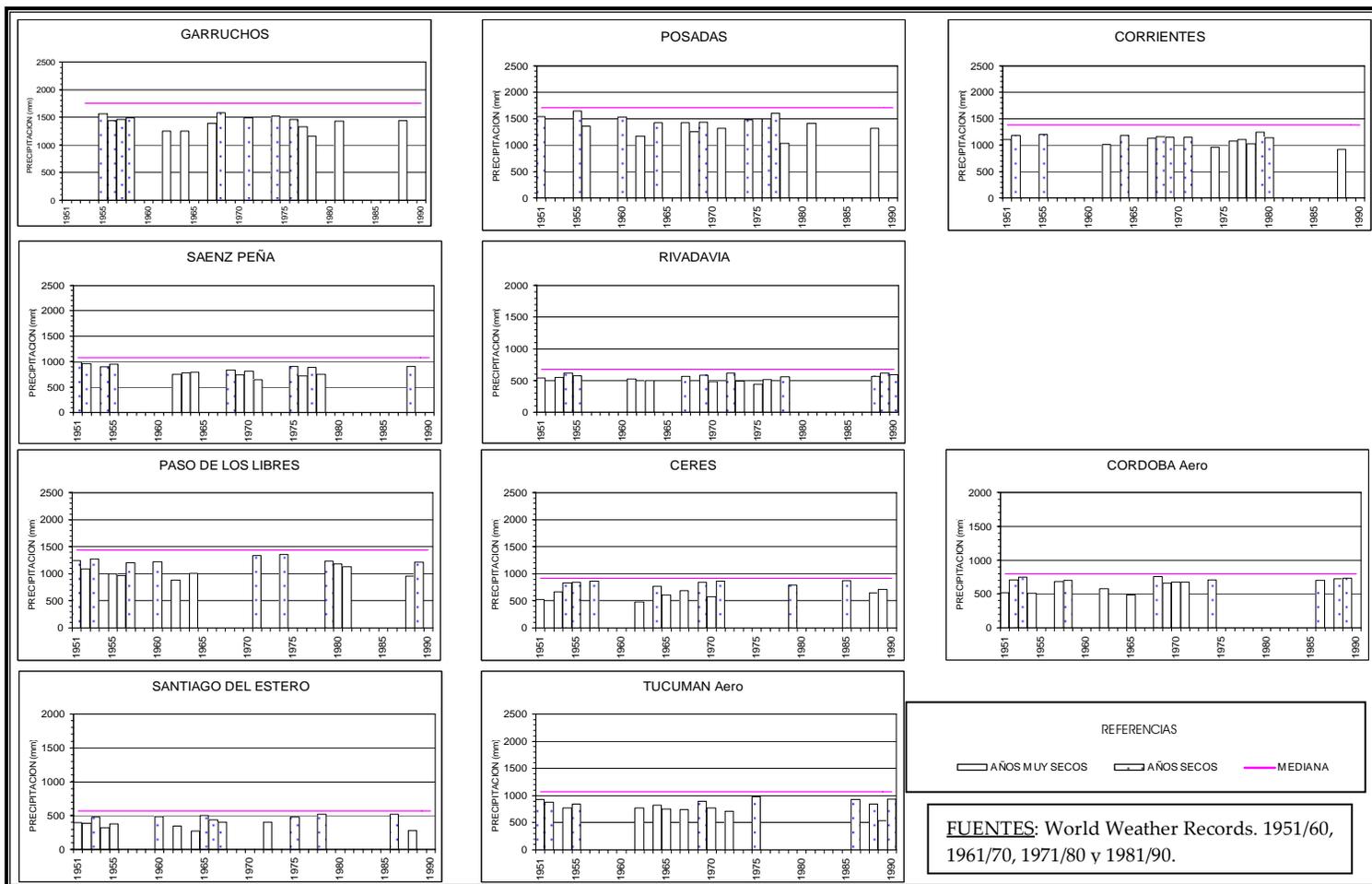
Hubo dos sequías hidrológicas pronunciadas en el norte argentino durante los años que cubren nuestro período de estudio. La primera de ellas fue la de 1985/86, que afectó a Misiones y Corrientes; el déficit hídrico fue tan marcado, que causó el descenso de las napas freáticas y problemas en la provisión de agua en áreas rurales, agotamiento de los ríos locales, emergencia agropecuaria e incendios forestales y de pasturas. La segunda, en 1988/89, fue más amplia en extensión y comprendió las provincias de Chaco, Formosa, Salta y Tucumán, si bien también repercutió en parte de Corrientes y Misiones. En esta oportunidad volvieron a generarse similares consecuencias: déficit hidrológico de los ríos autóctonos, descenso de napas freáticas y dificultades en el aprovisionamiento de agua, pérdida de cosechas, mortandad de ganado e incendios de bosques y pasturas nativas.

Otros períodos prolongados de sequía con distinta intensidad y extensión regional, se produjeron en los años 1951/52, 1955/56, 1967/68 y 1976/77/78, tuvieron una duración superior a los 6/7 meses en todos los casos (de marzo/abril hasta septiembre/octubre)

7.b. Los períodos húmedos y los riesgos de inundaciones

Los meses y años muy húmedos y húmedos, se deben a lluvias intensas que normalmente generan inundaciones tanto en áreas urbanas como rurales, efecto agravado por las condiciones topográficas y las débiles pendientes que provocan un drenaje lento y deficiente de las aguas, incrementando el anegamiento de grandes

Figura 12. Años muy secos y secos en el Norte Argentino (en mm) – Período 1951/1990.



extensiones de la planicie. Los episodios de inundación, responden según Olcina Cantos (2006) *“a tres causas principales: atmosféricas, que aportan el elemento principal, la precipitación abundante y/o torrencial; geográficas, que favorecen el desarrollo de la crecida fluvial; y antrópicas, que aumentan la vulnerabilidad y exposición ante los desbordamientos de los ríos”*. Las lluvias intensas o abundantes que pueden originar inundaciones en el norte argentino, se relacionan con el desarrollo de determinadas condiciones atmosféricas de inestabilidad (tormentas convectivas y/o temporales de origen frontal) que descargan elevados volúmenes de agua en combinación con la frecuencia de días lluviosos. Las causas geográficas se vinculan con la topografía, pendientes y la red de drenaje de un territorio. Las de origen antrópico por su parte, con el uso que el hombre hace de las áreas inundables, favoreciendo, por imprudencia o desconocimiento, el incremento del riesgo frente a las inundaciones y aumentando su vulnerabilidad.

Los valores máximos mensuales registrados en el período 1951/1990 alcanzaron, en Posadas: 576.4 mm en el mes de mayo (1983), 539.4 mm en noviembre (1982) y 488 mm en octubre (1954). En Corrientes se registraron montos mensuales similares, aunque algo inferiores: 562.4 en enero (1973), 508.5 mm en abril (1990) y 489.3 mm en noviembre (1982) Sin embargo, la localidad de Garruchos es la que presenta los registros record de todo el área de estudio: 626.0 mm en abril (1986), 611.0 mm en junio (1972) y 570.0 mm en octubre (1979).

En la estación Sáenz Peña, la serie aún conserva valores elevados, tales como 402.3 mm en enero (1973), 396.6 mm en marzo (1986) y 362.2 mm en abril (1990). Hacia el occidente sin bien los registros se reducen rápida y drásticamente, el primer máximo todavía sigue siendo elevado, por ejemplo, en Santiago del Estero, el monto mensual máximo registrado asciende a 523.2 mm en febrero (1974), el segundo desciende a 198.5 mm en diciembre (1989) y el tercero se mantiene con 279.6 mm en enero (1974).

De la misma manera que con los años secos, la sucesión de años muy húmedos y húmedos también muestra un agrupamiento de los mismos en períodos de varios años, como se observa en la **Figura 13**. En este caso, las secuencias húmedas y muy húmedas están comprendidas preferentemente entre los años 1950/55 y 1960/66 y 1980/90. La excepción la constituye nuevamente Paso de los Libres durante el primer período, a las que se suman Santiago del Estero y Tucumán, y en menor medida, Ceres y Córdoba.

La instalación de un ciclo más húmedo durante los años 1970, 1980 y parte de 1990, generó importantes procesos de anegamiento e inundación en amplias extensiones del oriente y centro del territorio. Sus consecuencias más notorias además de las pérdidas económicas, están íntimamente relacionadas con el potencial erosivo del agua de lluvia. El escurrimiento en manto o laminar de las aguas provocó el lavado

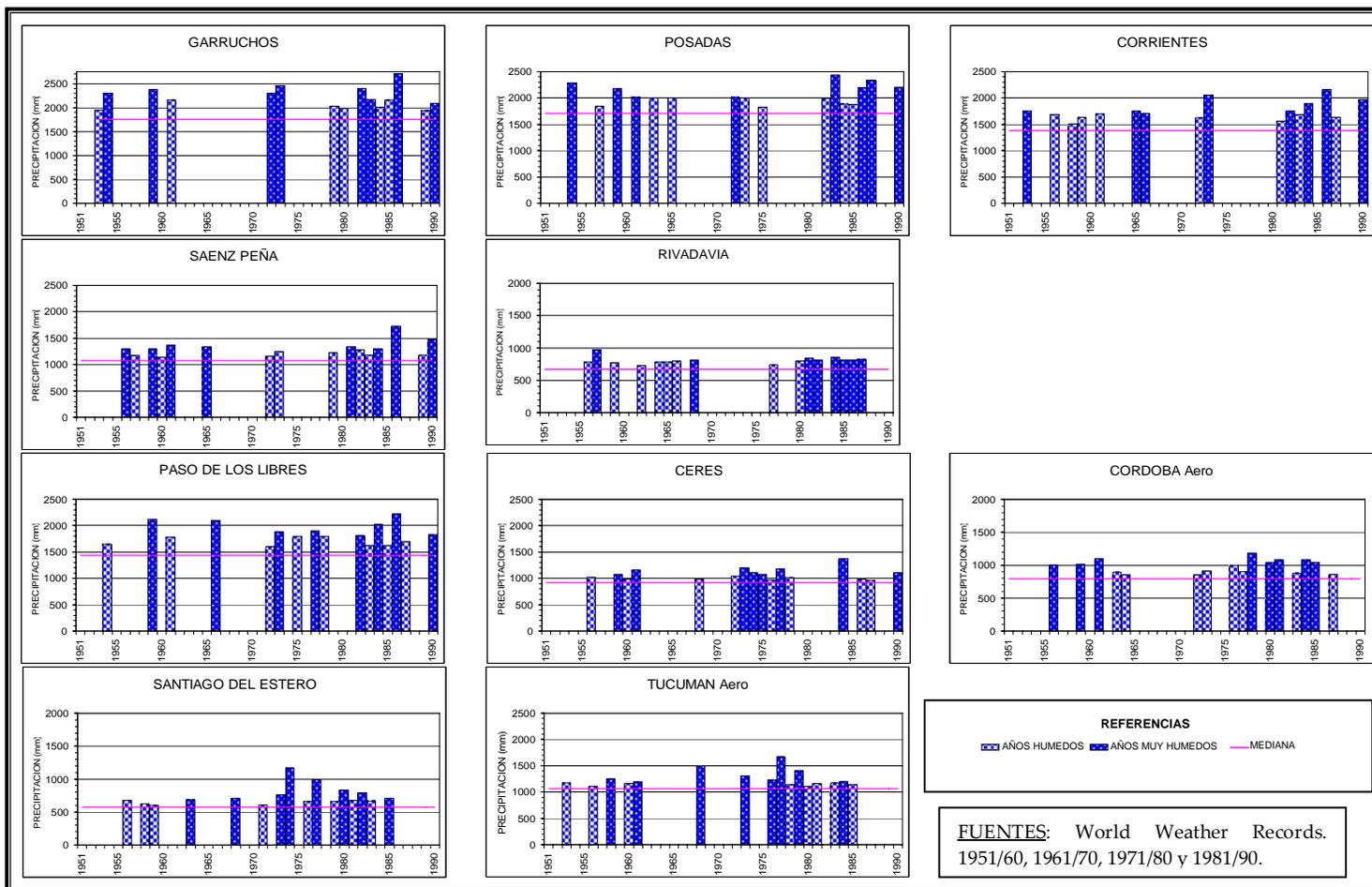


Figura 13. Años húmedos y muy húmedos en el Norte Argentino (en mm) – Período 1951/1990.

de los suelos, mientras que la arroyada, en aquellos lugares con mayor pendiente, la formación de surcos de erosión y cárcavas; en ambos casos, la consecuencia fue la pérdida de la capacidad productiva de los mismos. Pero, por otra parte, esta mayor capacidad pluvial permitió la incorporación de tierras tradicionalmente ganaderas a la explotación agrícola, en los márgenes semiáridos del nordeste de Argentina, desplazando la frontera agropecuaria unos 200 km al oeste de su área tradicional.

8. Conclusiones

La variabilidad anual de las precipitaciones, entendida como la diferencia con la media calculada en 35 o más años de observaciones, es un factor de riesgo por la aparición de valores extremos, tanto mínimos como máximos, que se traducen en sequías e inundaciones respectivamente.

En la superficie terrestre existen territorios de riesgo, y según Olcina Cantos (2006) se puede hablar incluso de *“paisajes de riesgo, esto es, espacios cuya característica geográfica principal es la inadecuada ocupación de un espacio que soporta frecuentes eventos naturales de rango extraordinario”*. También se refiere a que si existe una sociedad de riesgo, es porque en la Tierra hay áreas con peligros naturales y poblaciones que viven cerca de o directamente en ellas.

La escasez o falta de agua origina las sequías, que pueden ser más o menos frecuentes e intensas según las condiciones climáticas que caractericen a un territorio. En ámbitos de clima seco, la sequía es un riesgo o peligro constante; en las regiones de clima húmedo, si bien su existencia no es imposible, no es tan frecuente ni tiene efectos tan notables como en las primeras. La sequía es el riesgo natural que mayor número de afectados y repercusiones económicas genera en los territorios donde se desarrolla y desemboca, según su intensidad, en la reducción del rendimiento de las cosechas o pérdida de las mismas. Sólo en aquellos territorios muy pobres y con pocos recursos, como en el Sahel africano, Etiopía, el Nordeste de Brasil, China, etc. puede generar hambrunas prolongadas y muerte.

Sequías e inundaciones han afectado y afectan periódicamente no sólo al norte sino a todo el territorio de nuestro país, y son los peligros naturales que ocasionan las repercusiones socio-económicas y territoriales más importantes.

Como consecuencia de los rasgos fisiográficos de los territorios del norte argentino y a la escasa población que en él se asienta, sequías e inundaciones no son tan catastróficas como en otras partes del mundo. Ambas generan graves pérdidas económicas directas, siendo el sector agropecuario el más afectado por estos riesgos naturales, que se traduce pérdida de cosechas y mortandad de ganado. En el aspecto social, las sequías pueden originar, fundamentalmente, desabastecimiento de agua potable en la población de áreas urbanas y rurales del interior, que en casos extremos deben recurrir a su aprovisionamiento por medio de camiones cisternas o envíos de agua envasada, y también en migraciones rurales hacia las ciudades.

En cuanto a los efectos ambientales, los más importantes se hacen sentir sobre los suelos: erosión, pérdida de su fertilidad, reducción e incluso desaparición de los cuerpos de agua (lagunas, esteros, cañadas y ríos autóctonos), afectando la fauna y la vegetación natural que se desarrolla en estos espacios húmedos. En casos extremos también se pueden registrar incendios forestales y de pasturas (como las que sufrieron las Provincia de Corrientes en 1986 y Chaco en 1989).

Las inundaciones por su parte, también golpean periódicamente al norte de nuestro país. En este caso debemos diferenciar entre secuencias de grandes lluvias o de períodos muy húmedos que provocan anegamientos temporarios en ciudades y áreas rurales y las inundaciones fluviales (ya se trate de grandes cuencas como la del Plata y sus afluentes, o los desbordes que se producen en los ríos autóctonos).

En ambos casos las pérdidas más importantes nuevamente se relacionan con las económicas y ambientales: pérdida de cosechas y mortandad de ganado, grandes superficies anegadas durante meses en algunos casos, destrucción de viviendas, traslados temporarios de la población a albergues comunitarios con las consecuencias sociales conocidas: hacinamiento, enfermedades, etc.

No hay dudas acerca de que la sociedad entera se ha vuelto cada vez más vulnerable a las condiciones climáticas extremas; pero esta situación no se debe a que los eventos extremos del clima hayan aumentado durante las últimas décadas, sino que están directamente relacionadas con el crecimiento de la población y su asentamiento en áreas que son inadecuadas y vulnerables a extremos climáticos como sequías e inundaciones.

9. FUENTES ESTADÍSTICAS Y BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

9.a. Fuentes estadísticas

1. Servicio Meteorológico Nacional (1963). *Estadística Climatológica 1951-1960*, Buenos Aires, Serie B 1, n° 6.
2. Servicio Meteorológico Nacional (1981). *Estadística Climatológica 1961-1970*, Buenos Aires, serie B1, n° 35.
3. Servicio Meteorológico Nacional (1986). *Estadísticas Climatológicas 1971-1980*, Buenos Aires, serie B1, n° 36.
4. Servicio Meteorológico Nacional (1992). *Estadísticas Climatológicas 1981-1990*, Buenos Aires, Serie B, n° 37.
5. U.S. Department of Commerce (1966). *World Weather Records. 1951/60*. Washington, Weather Bureau, Vol. 3 (South America, Central America, West Indies, the Caribbean and Bermuda).
6. U.S. Department of Commerce (1982). *World Weather Records. 1961/70*. Washington, Weather Bureau, Vol. 3 (South America, Central America, West Indies, the Caribbean and Bermuda).
7. U.S. Department of Commerce (1991). *World Weather Records. 1971/80*. Washington, NOAA – National Climatic Data Center, Vol. 3 (South America, Central America, West Indies, the Caribbean and Bermuda).
8. U.S. Department of Commerce (1997). *World Weather Records. 1981/90*. Washington, NOAA – National Climatic Data Center, Vol. 3 (West Indies, South and Central America).

9.b. Bibliografía

1. BARRY, R. G. y CHORLEY, R. J. (1972). *Atmósfera, tiempo y clima*. Barcelona, Omega.
2. BIROT, P. (1963). *Tratado de Geografía Física General*. Barcelona, Vicens-Vives.
3. BOLOGNESI, E. (1971). *Análisis de criterios para clasificar totales mensuales de precipitación aplicados a series de la República Argentina*. En: *Meteorológica*. Buenos Aires, Centro Argentino de Meteorólogos, Vol. II. Ns° 1, 2, y 3.
4. BOBBA, M. E. y MINETTI, J. (2002). *Comportamiento espacio-temporal de las sequías en la Región del Noroeste Argentino*. En: *Breves Contribuciones del I.E.G. Tucumán*, Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Filosofía y Letras.
5. BRUNIARD, E. D. (1992). *El ámbito subtropical en la República Argentina (Climatología dinámica y límites climáticos)*. En: *Estudios Geográficos*. Madrid, Revista publicada por el Instituto de Economía y Geografía Aplicadas, N° 208.
6. BRUNIARD, E. D. (1994). *El Clima de las Planicies del Norte Argentino*. Resistencia, Facultad de Humanidades, UNNE.
7. BRUNIARD, E., PEREZ, M. E., GONZALEZ, L. y GONZALEZ, C. D. (1999). *Caracterización Climática del Nordeste de la Provincia de Corrientes (Propiedades: Puerto Valle, Garruchos y El Ciriaco)*. Resistencia, Convenio UNNE-Schell-CAPSA.
8. BRUNIARD, E., PEREZ, M. E., GONZALEZ, C. D. Y BIANCONI, A. (2001). *El Clima de la Región Algodonera Argentina*. Informe Elaborado para el Proyecto Integral Algodonero. Resistencia, Convenio Gobierno de la Provincia del Chaco – UNNE.
9. BURGOS, J. J. (1970). *El clima de la Región Nordeste de la República Argentina en relación con la vegetación natural y el suelo*. En: *Boletín de la Soc. Argentina de Botánica*. Buenos Aires, vol. XI.
10. CUADRAT, J. M. y PITA, M. F. (1997). *Climatología*. Madrid, Cátedra.
11. FERNANDEZ GARCIA, F. (1996). *Manual de Climatología Aplicada. Clima, Medio Ambiente y Planificación*. Madrid, Síntesis.
12. FLOHN, H. (1974). *Climatic Variation and Modification of Climate. Facts and Problems*. En: *Applied Sciences and Development*. Tübingen, Institute for Scientific Cooperation, Vol. 3.
13. FLOHN, H. (1977). *Some Aspects of Man-Made Climate Modification and Desertification*. En: *Applied Sciences and Development*, Tübingen, Institute for Scientific Cooperation, Vol 10.
14. GALMARINI, A. y RAFFO DEL CAMPO, J. (1964). *Rasgos fundamentales que caracterizan el clima de la región chaqueña*. Buenos Aires, Consejo Nacional de Desarrollo.
15. HOFFMANN, J. A. (1988). *Las Variaciones Climáticas Ocurridas en la Argentina desde Fines del Siglo Pasado hasta el Presente*. En: *El Deterioro del Ambiente en la Argentina*. Buenos Aires, FECIC.
16. HUFTY, A. (1984). *Introducción a la Climatología*. Barcelona, Ariel.
17. LUCERO, O. A. y RODRIGUEZ, N. (2004). Evolution of spatial patterns of subdecadal signals in annual rainfall in Southern South America and Southern and Central North America. *Atmospheric Research*, Vol. 70, Ns° 3 y 4.
18. MACHADO, E. y MARCHETTI, A. (1954). *Régimen de días con lluvia en la República Argentina*. En: *Revista Meteoros*. Buenos Aires, Servicio Meteorológico Nacional, 1954, N° 4.
19. MARCHETTI, A. (1951). *Oscilaciones extremas de la cantidad de precipitación en la República Argentina*. En: *Revista Meteoros*. Buenos Aires, Servicio Meteorológico Nacional, N° 1.
20. MARCHETTI, A. (1952). *Estudio del régimen pluviométrico de la República Argentina*. En: *Revista Meteoros*. Buenos Aires, Servicio Meteorológico Nacional, Ns° 3-4.

21. MINETTI, J., VARGAS, W., HERNANDEZ, C. y LOPEZ, E. (2002). *La circulación regional estacional en Sud América*. En: Breves Contribuciones del I.E.G. Tucumán, Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Filosofía y Letras.
22. MINETTI, J. y VARGAS, W. (1997). *Trends and Jumps in the annual precipitation in South America, south of the 15° Sur*. En: *Atmósfera*. México, Vol. 11, N° 4.
23. MONKHOUSE, F. y WILKINSON, H. (1966). *Mapas y Diagramas*. Barcelona, Oikos-Tau.
24. OLCINA CANTOS, J. (2006). *¿Riesgos Naturales? I. Sequías e inundaciones*. Barcelona, Davinci Continental.
25. PANEL INTERGUBERNAMENTAL SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO (2001). *Cambio Climático 2001. La base científica. Tercer Informe de Evaluación*. OMM-PNUMA
26. PROHASKA, F. (1952). *Regímenes estacionales de precipitación de Sudamérica y mares vecinos (desde 15° S hasta Antártida)*. En: *Rev. Meteoros*, Buenos Aires, Servicio Meteorológico Nacional, Año II, N° 3.
27. SCHWERDTFEGGER, W. y VASINO, C. (1954). *La variación secular de las precipitaciones en el este y centro de la República. Argentina*. En: *Revista Meteoros*. Buenos Aires, Servicio Meteorológico Nacional, Año IV, n° 3.
28. STRAHLER, A. y STRAHLER, A. (1990). *Geografía Física*. 3ª edición. Barcelona, Omega.
29. WEBER, T. (1951). *Tendencias de las lluvias en la Argentina en lo que del siglo*. En: IDIA. Buenos Aires, Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, N° 48.