

RELACIONES DEL REGIMEN DE PRECIPITACION ENTRE SANTIAGO DE CHILE
Y LAS SERIES DE LA REGION CORDILLERANA

Walter Mario Vargas

Departamento de Meteorología - F.C.E.y N.- UBA

Conicet, Buenos Aires

Rosa Hilda Compagnucci

Instituto Argentino de Nivología y Glaciología

Conicet, Mendoza

RESUMEN

Se buscó precisar los alcances del régimen de precipitación en la región cordillerana cuando se toma como referencia la serie de Santiago de Chile. La determinación de la coherencia espacial se realizó a partir de los totales invernales en las estaciones de sotavento y barlovento. La coherencia temporal se analizó también a nivel mensual. Los resultados señalan que si se tienen en cuenta los totales invernales, el paralelo 40°S correspondería aproximadamente al límite sur de la representatividad de Santiago, mientras que las características propias de los regímenes puntuales tomados a nivel mensual pueden ser parcialmente explicados mediante la varianza en Santiago.

ABSTRACT

The limits of the rainfall distribution for the Andean region are defined based on the evidence of the time series of Santiago, Chile. Taking into account the winter precipitations (April-September) of the upwindward and downwindward stations, its spatial coherence was determined. The results show that when considering winter total amounts, the Santiago precipitation series are representative down to approximately the 40°S parallel, while the characteristics of the monthly precipitations for each network station can be partially explained by the variance of the precipitations in Santiago.

1. INTRODUCCION

El objetivo de este trabajo es estimar las relaciones de la precipitación en tre puntos de la región cordillerana en los Andes Centrales, con el objeto de precisar el alcance de un diagnóstico regional. En otras palabras, si se analizan datos en puntos particulares se busca conocer en qué escalas temporales y regionales ellos representan a la región o parcialidades de la misma.

Santiago de Chile cuenta con el registro más extenso y homogéneo de la zona de estudio y tradicionalmente sus datos han sido tomados como base de análisis del área. Por lo mismo en este trabajo, es la estación que se toma como punto de referencia a través del cual, se trata de estimar las propiedades regionales. Se emplea el término región o área, aunque no se tienen definidos los límites de las mismas y éste es uno de los motivos del presente estudio.

La precipitación en el área de la cordillera de Los Andes ha merecido la atención de varios autores. El régimen general de la región definido por las estaciones de barlovento y sotavento de la cordillera fue estudiado por Ereño y Hoffmann (1978). En un análisis de la información de Santiago de Chile, Chos Malal, Puente del Inca, Córdoba y Bariloche, Hoffmann (1969) concluyó que las tres primeras estaciones presentan regímenes similares para los totales anuales de precipitación. Lamb (1972) correlacionó la precipitación anual en Santiago con la acumulación de nieve en la estación Byrd (Antártida), encontrando una relación inversa de -0.67 ± 0.10 , infiriendo que en los períodos secos en Santiago entre los años 1540 y 1950, las trayectorias de las bajas sub-Antárticas resultaron desviadas hacia el sur, aún en el invierno del Hemisferio Sur. Benitez (1973) realizó un análisis estadístico de la serie de precipitación de Santiago en la cual señala una disminución paulatina hasta el año 1970. El análisis de las variaciones aperiódicas de la precipitación para largos períodos realizado por Vargas (1973) permite observar ondas de cuasi períodos entre 2 y 3, 6 y 7, 11 y 13 años. La Marche (1975) realizó la extensión de la serie de Santiago a partir de la cronología de "El Asiento" dando valores decádicos desde 1010. Esta serie fue utilizada por Ereño y Hoffmann (1978), Corte y Espizúa (1981) con el fin de encontrar ciclos de gran período y visualizar tendencias generales. Caviedes (1974), Quinn y Neel (1982) encontraron una relación positiva entre la ocurrencia de "El Niño" y precipitaciones abundantes en Santiago y Valparaíso.

Lo anterior no agota la literatura sobre los aspectos de la precipitación en la región andina, ya que los que se mencionan sólo muestran una amplia gama de enfoques del tema.

Los resultados de este trabajo apuntan a los objetivos de diagnosticar períodos de máxima y mínima precipitación en Cordillera para estudiar en trabajos posteriores los mecanismos intervinientes, al relacionarlos con situaciones sinop-

ticas. Por ello es necesario contar con fenómenos regionales y no puntuales. Es to lleva a regionalizar las características de la serie puntual analizando el área, que podría ser climáticamente homogénea o tener sus mismas características matemáticas.

Los datos chilenos pertenecen a la revista CORFO (1971) y los datos argentinos fueron facilitados por el Servicio Meteorológico Nacional.

2. ANALISIS Y RESULTADOS

2.1 Estructural espacial de la función de correlación con Santiago de Chile

Con el fin de estimar la estructura espacial de interdependencia, se calcularon los coeficientes de correlación entre los totales invernales -abril a septiembre- de las estaciones señaladas con "x" en la Figura 1.

Como el número de pares de datos que fueron tenidos en cuenta para estimar la estructura espacial, no son iguales para todas las estaciones, se generó un coeficiente de correlación "corregido" a partir de calcular el cociente entre el coeficiente de correlación correspondiente y el coeficiente de correlación crítico para un nivel de significancia de 0.05.

Esta aproximación se realizó para inferir la forma del campo de correlación, y de esta manera hacer comparables los índices. Se tomó correlación y no otro índice que involucrara secuencialidad de los datos y necesidad de simultaneidad en los períodos de las estaciones, pues se carecía de registros simultáneos, largos y sin interrupciones en el área de estudio. El índice de correlación otorga un valor de coherencia independiente de que se cumplan condiciones de estacionalidad e independencia entre meses sucesivos, y permite así trazar isolinéas basadas en estaciones con datos en lapsos no coincidentes entre ellas, aun que sí con Santiago de Chile. Todo esto se realiza bajo la suposición de que la coherencia entre Santiago y las demás estaciones no depende del período considerado.

La estructura espacial de la función de correlación entre Santiago de Chile (Fig. 1) y las demás estaciones muestra que esta estación no pertenece a una zona climática fluctuante, dado que la "función de estructura" al norte y sur de aquélla parece ser la misma.

Zonalmente es difícil inferir las relaciones hacia el oeste de Santiago, pues no hay estaciones suficientes (zona perteneciente al Océano Pacífico), y hacia el este se puede ver una variación rápida ya que Uspallata, San Rafael y San Carlos no tienen relación significativa (cociente menor que uno). Cipolletti, que se halla más al este pero al sur de Santiago presenta sin embargo, relación significativa al igual que las estaciones más cercanas a Santiago. Esto podría deberse a que la mayoría de los frentes que producen precipitación en Santiago forman

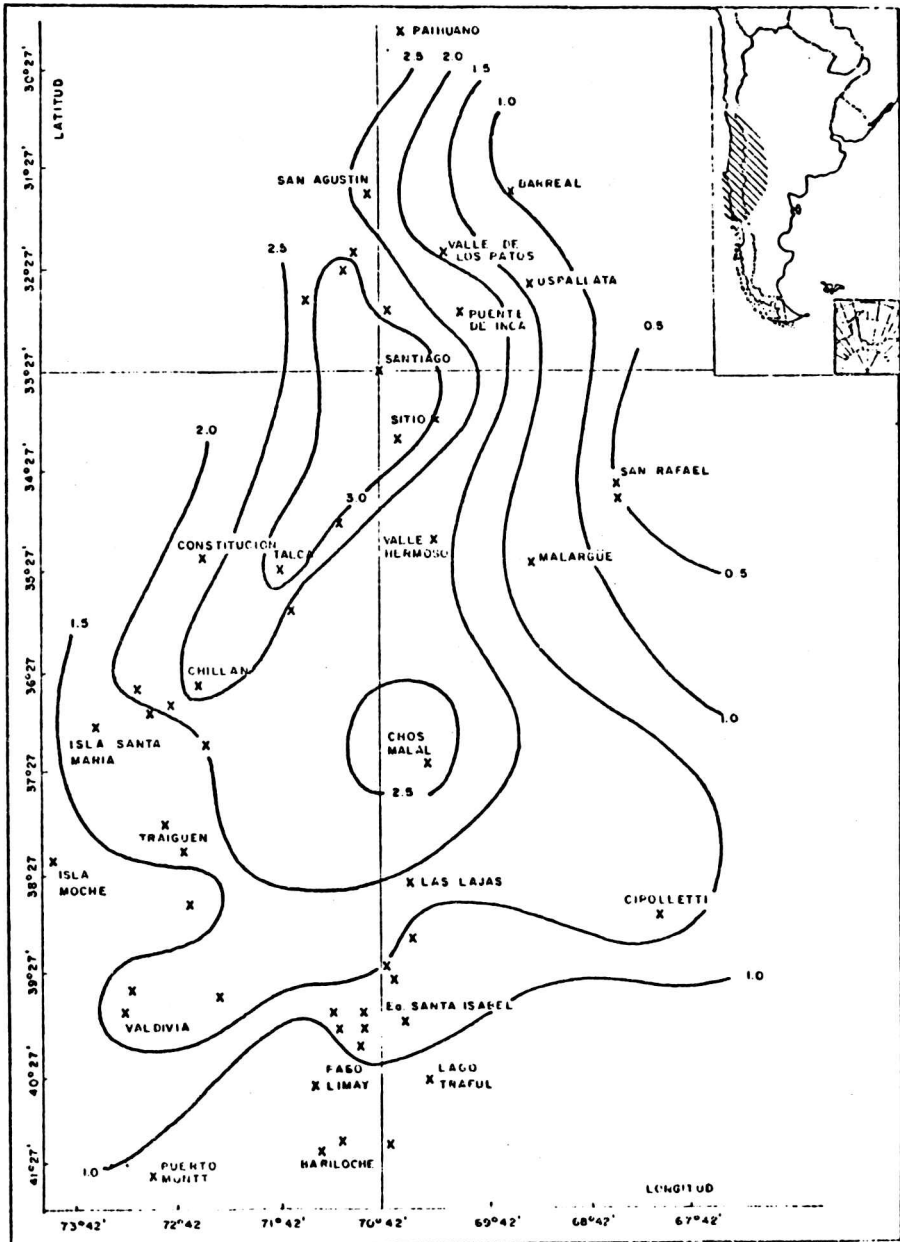


Fig.1: Estructura espacial de la función de correlación entre Santiago y estaciones a sotavento y barlovento de Cordillera. Se utilizaron los datos corregidos a las estaciones señaladas con "x". Las isolíneas corresponden a valores de coeficientes de correlación corregidos (r/r_c).

parte de un sistema de Bjerknes de dirección NO-SE, generalmente con una baja presión asociada semiestacionaria al oeste de Santiago o al norte y una rama caliente o estacionaria pasando por la cercanía de Neuquén.

La baja relación que se ve al sur del paralelo cuarenta, en donde ya no es significativa la correlación, coincide con el límite superior del flujo del oeste del campo medio de invierno. En general, las más altas relaciones señalan una dirección S-SO del lado chileno, con un eje en las estaciones Santiago-Chillán-Traiguén. Una excepción del lado argentino a este eje de altas correlaciones es Chos-Malal, que presenta una relación aún mayor que Valle Hermoso y Puente del Inca. Esto coincide con lo expuesto por Hoffmann (1969) en las Jornadas de Nivología y Glaciología, donde no sólo señaló que es una de las estaciones del área de registros más fidedignos, sino que además está altamente correlacionada con Santiago. La relación de Santiago con Bariloche no es significativa, lo que no se debería a un cambio de ubicación ocurrido en esta última, ya que otras estaciones en esa zona también poseen coeficientes sin significación.

2.2 Marcha de la correlación

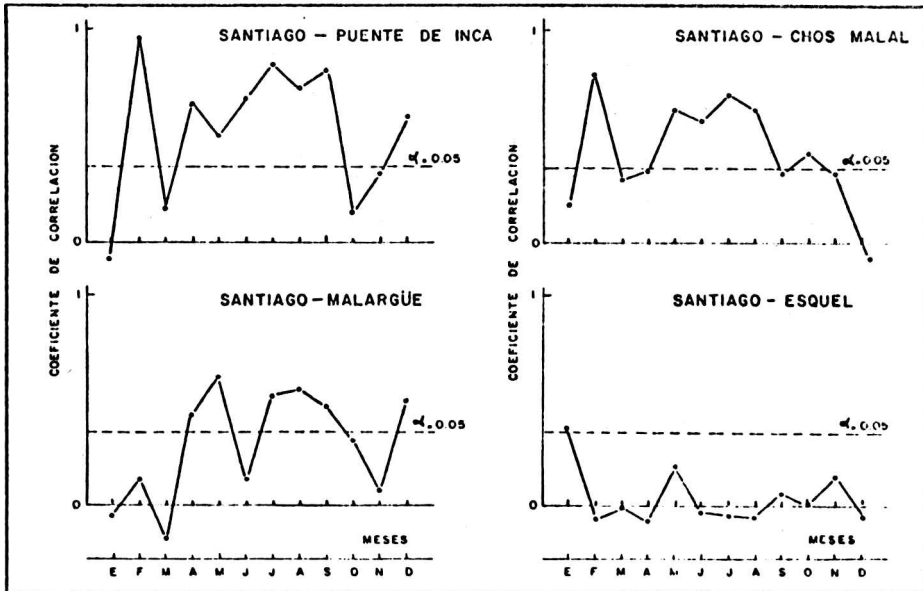


Fig.2: Correlaciones del total mensual de precipitación entre Santiago y estaciones del área de estudio.

Al analizar la correlación mensual de Santiago con Puente del Inca, Malargüe, Chos-Malal y Esquel (Fig. 2), se observa que la correlación es significativa al 5% para los meses de abril a septiembre, con las tres primeras estaciones. Esto confirma lo que mostraba el análisis de los totales invernales.

Asimismo, en el lapso octubre a marzo (verano), se encontraron correlaciones altamente significativas como febrero entre Santiago y Puente del Inca. Este último surge de la correlación de ceros en precipitación, lo que significa similitud regional de no-lluvia.

Las dispersiones mensuales de la precipitación entre Santiago y Puente del Inca (Fig.3) mostraron que a pesar de ser significativas las correlaciones, las relaciones de dependencia (regresión) serían utilizables sólo en los meses de junio, julio y agosto. De cualquier forma, las magnitudes de las dispersiones exigen gran cautela en el intento de explicar la variabilidad de la precipitación en una de las estaciones en función de la otra.

2.3 Análisis de la media, la mediana, los ciclos y las secuencias

Con el fin analizar otras características del régimen de precipitación, se estudió la distribución de los ciclos y secuencias para valores mayores y menores que la media y la mediana para Santiago y Puente del Inca. Se entiende por secuencia la suma de meses con la misma propiedad (valor por debajo o por arriba) respecto a la media o mediana, y ciclo la suma de dos secuencias consecutivas.

	Puente del Inca 1942-1976		Santiago de Chile 1942-1976	
	Media	Mediana	Media	Mediana
Enero	3.85	1.7	0.99	0.0
Febrero	3.63	0.0	3.13	0.0
Marzo	7.08	2.5	3.73	0.0
Abril	10.97	4.8	14.87	4.0
Mayo	53.52	42.3	50.92	33.0
Junio	74.24	50.2	67.93	53.0
Julio	49.20	30.6	57.34	39.7
Agosto	41.04	18.4	55.13	39.3
Septiembre	18.19	6.8	21.22	14.2
Octubre	17.40	10.8	12.81	10.1
Noviembre	10.66	4.2	4.75	0.2
Diciembre	3.23	0.6	1.76	0.0

Tabla 1: Valores de la media y la mediana para Santiago de Chile y Puente del Inca.

marzo y mayo ocurriría exactamente lo contrario.

Inicialmente las secuencias (Tabla 2) mostraron una mayor variabilidad, y frecuencia de cambios entre lapsos húmedos y secos en Puente del Inca. Esto se refleja en su mayor número de secuencias. La mayor persistencia en Santiago se ve confirmada por los resultados del análisis espectral (punto 2.4) que presenta un máximo en longitudes de onda algo mayores que el correspondiente a Puente del Inca. A pesar de esto, se pensó conveniente definir si existían diferencias entre ambas series de distribución de secuencias, desde el punto de vista estadístico. La aplicación de un test a las distribuciones de secuencias ofrece en es-

La marcha anual de la media y la mediana (Tabla 1) y las diferencias relativas entre ellas resultaron ser similares en ambas estaciones. Esto indicaría, en principio, que están afectadas por los mismos fenómenos. No obstante, la intensidad que tendrían no guardaría la misma relación durante todo el año para julio, agosto y septiembre, tanto la media como la mediana son mayores en Puente del Inca, mientras para

Secuencias negativas					Secuencias positivas				
Meses	Santiago		Puente del Inca		Santiago		Puente del Inca		Meses
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	
1	27	33.3	26	29.2	52	65.0	63	70.0	1
2	12	14.8	20	22.5	20	25.0	17	18.0	2
3	14	17.3	15	16.8	4	5.0	7	7.7	3
4	6	7.4	8	9.0	3	3.0	2	2.2	4
5	4	4.9	5	5.6	1	1.2	1	1.1	5
6	6	7.4	3	3.4					
7	2	2.5	5	5.8	89		90	Total	
8	2	2.5	2	2.2	Ji cuadrado: 3.5925 grad. de lib.:3				
9	1	1.2	1	1.1					
10	3	3.7	3	3.4					
11	1	1.2	0	0.0					
12	1	1.2	1	1.1					
13	0	0.0	0	0.0					
14	1	1.2	0	0.0					
15	0	0.0	0	0.0					
16	0	0.0	0	0.0					
17	0	0.0	0	0.0					
18	0	0.0	0	0.0					
19	0	0.0	0	0.0					
20	1	1.2	0	0.0					
	81		89	Total					
Ji cuadrado: 11.5858 grad. de lib.:8									
Ciclos comenzando con positivo					Ciclos comenzando con negativo				
Meses	Santiago		Puente del Inca		Santiago		Puente del Inca		Meses
	N°	%	N°	%	N°	%	N°	%	
2	20	25.0	20	22.5	16	20.0	22	24.7	2
3	13	16.2	19	21.3	15	18.7	13	14.6	3
4	12	15.0	13	14.6	12	15.0	19	21.3	4
5	8	10.0	11	12.3	12	15.0	10	11.3	5
6	3	3.7	7	7.9	7	8.7	8	9.0	6
7	7	8.7	3	3.4	6	7.5	3	3.4	7
8	5	6.3	6	6.7	1	1.2	4	4.5	8
9	3	3.7	4	4.5	1	1.2	2	2.2	9
10	2	2.5	2	2.2	2	2.5	2	2.2	10
11	1	1.2	2	2.2	2	2.5	3	3.4	11
12	3	3.7	1	1.1	2	2.5	2	2.2	12
13	1	1.2	0	0.0	2	2.5	0	0.0	13
14	0	0.0	1	1.1	0	0.0	1	1.1	14
15	1	1.2	0	0.0	1	1.2	0	0.0	15
16	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	16
17	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	17
18	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	18
19	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	19
20	0	0.0	0	0.0	0	0.0	0	0.0	20
21	1	1.2	0	0.0	1	1.2	0	0.0	21
Ji cuadrado: 14.285 grad. de lib.:10 Ji cuadrado: 12.9108 grad. de lib.:8									

Tabla 2: Distribución, para los valores mensuales de precipitación en Santiago y Puente del Inca, de las secuencias positivas y negativas y los ciclos. Valores del test Ji cuadrado. N° número de secuencias o ciclos y % porcentaje sobre el total.

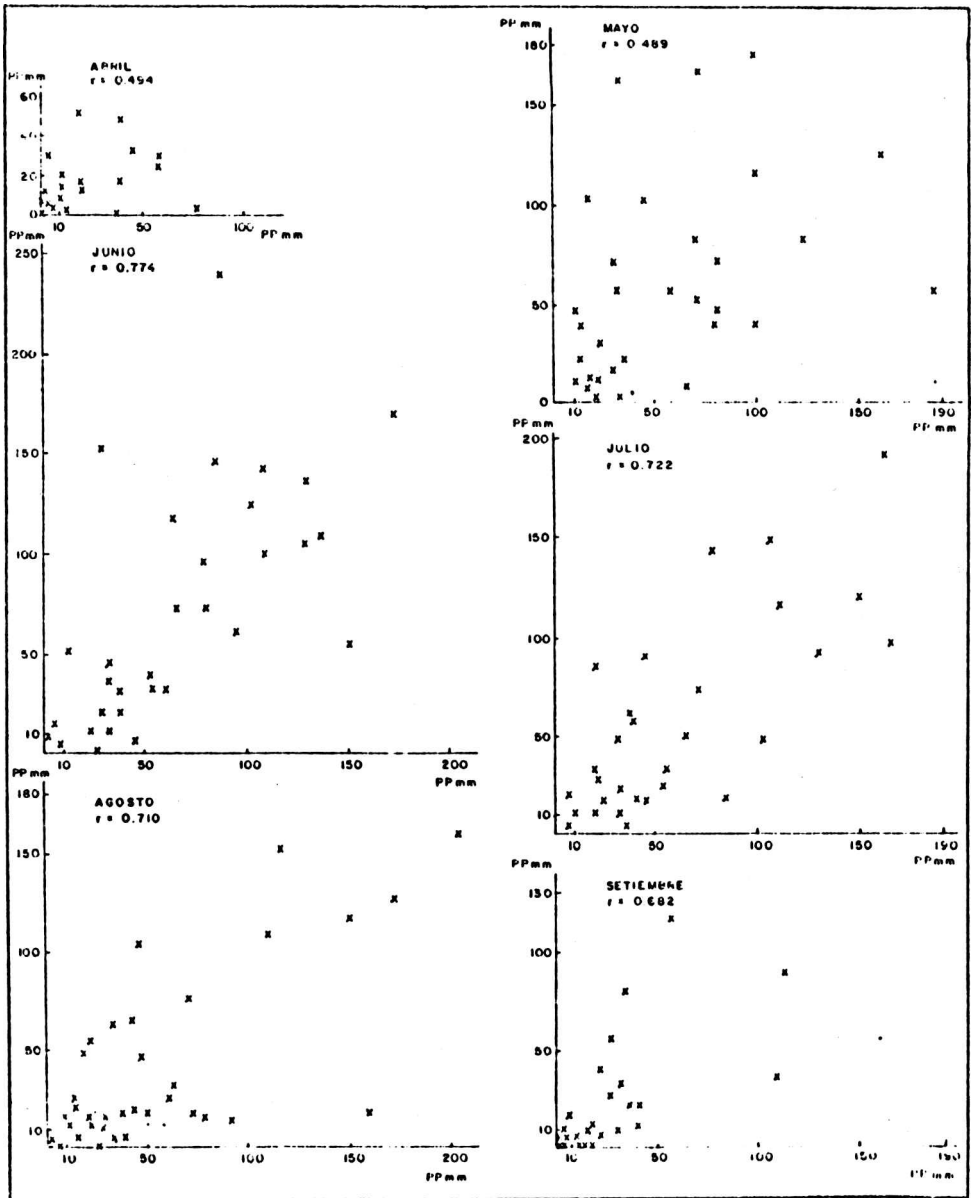


Fig. 3: Gráfico de las dispersiones, para los meses de invierno, de las precipitaciones entre Santiago de Chile y Pucallpa.

te caso alguna dificultad, dado que los totales en las estaciones son diferentes. Con el fin de soslayarla, se recurrió a un artificio quizá sin justificación teórica, consistente en tomar las frecuencias relativas por secuencias y considerarlas frecuencias absolutas por intervalos y luego aplicarles un test de Ji cuadrado (Tabla 2). Los resultados indicaron que no hay diferencias significativas, aún para niveles de 10%, entre las dos distribuciones.

Una forma complementaria de este análisis es la comparación entre distribuciones de ciclos. Aceptando el mismo artificio utilizado en las secuencias, los resultados (Tabla 2) muestran que no hay diferencias significativas al 5% entre Santiago de Chile y Puente del Inca.

2.4 Análisis espectral

Para completar los análisis anteriores se puede "medir" la homogeneidad suponiendo que si las dos series responden a los mismos efectos climáticos, el proceso estocástico que domine a cada serie deberá ser similar. Para ello, se estimaron los espectros para Puente del Inca y Santiago de Chile de acuerdo a Tukey con ventana de Parzen (Chatfield, 1980). Previamente se verificó la inexistencia de tendencia y se filtró la onda estacional. Los coeficientes de correlación de los correlogramas mensuales no presentaron valores significativos al 95%. Los procesos de ambas series se consideran por ende dominados por la aleatoriedad. Sin embargo a pesar de esto, los resultados se muestran concordantes

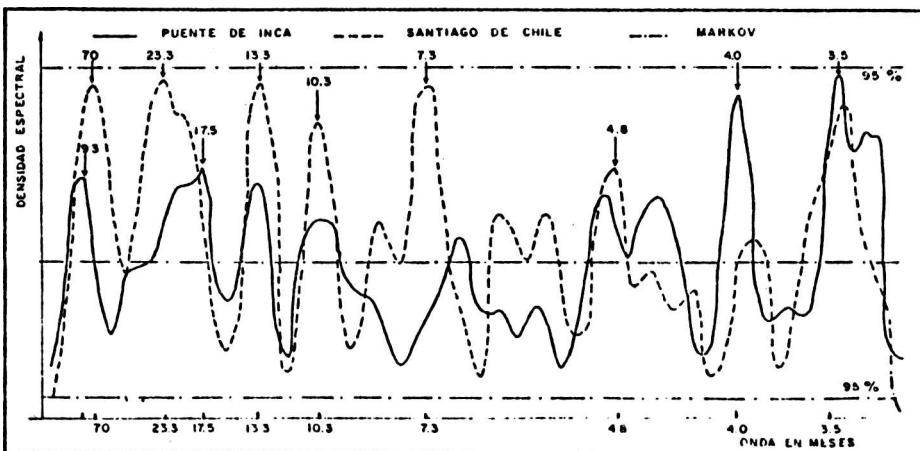


Fig. 4: Análisis espectral de las series de precipitación mensual (sin onda estacional) de Santiago de Chile y Puente del Inca para el período de 1942 a 1976.

con los obtenidos en el análisis de ciclos y secuencias, pues los valores de r_2 y r_3 para Santiago son positivos y para Puesto del Inca negativos, una cualidad que significaría una característica de mayor fluctuación de esta última serie. Se suma a esto, una manifestación de máximos tanto en los espectros de los totales invernales para el período 1941-1976, como el de los totales mensuales (este último en Fig. 4) a los cuales se les extrajo la tendencia y la onda anual. Estos máximos no son significativos al 90% según Markov.

A partir de los resultados se asume que los máximos son para: Puesto del Inca de 7.7, 1.5 y 1.1 años y 2 meses este último significativo al 90% según Markov Santiago de Chile de 5.8, 2.1 y 1.1 años y de 2 meses este último significativo al 90% según Markov.

Ya que de alguna manera existen indicios de que la serie de Santiago puede representar regionalmente el régimen de precipitación hasta el paralelo 40 S hacia el sur (según lo señalado en el punto 2.1), es conveniente estabilizar las estimaciones tomando el lapso más largo de la estación de referencia para allí concluir el análisis. Se realizó por lo tanto, el espectro de los totales invernales para Santiago de Chile en el período 1866-1982 (Fig. 5).

Como anteriormente, la serie está dominada por la aleatoriedad pero existe una manifestación más fuerte de frecuencias de máxima variabilidad en alrededor de 19.5, 7.1, 3.7 y 2.4 años.

2.5 Análisis de la serie extendida de Santiago de Chile

Otro intento de poseer mayor cantidad de información sobre la serie de referencia y por ende del área, llevó a estudiar la serie extendida hasta el año 1010 D.C., de promedios decádicos de precipitación. La misma fue obtenida por La Marche (1975) a partir de la cronología de anchos de anillos de árboles de la localidad El Asiento (Chile, 100 km. al norte de Santiago). Utilizó como función de reconstrucción: $\text{Log. pp. Santiago}(t) = a + b.y(t)$

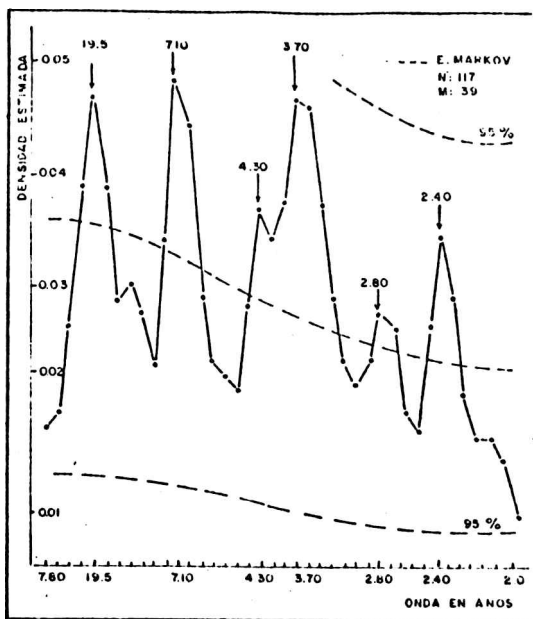


Fig. 5: Análisis espectral de la serie de totales invernales de precipitación en Santiago para el período 1866-1982.

en donde $y(t)$ es el dato de la cronología de ancho de anillos para El Asiento. El coeficiente de correlación entre el log. de las pp. y los valores de la cronología fue de $r = +0.67$.

Empleando esta función se obtuvieron los valores anuales de precipitación en Santiago. Se calcularon los promedios decádicos confirmando que coincidían con los obtenidos por La Marche y verificando de esa manera que el procedimiento utilizado para obtener los valores anuales correspondía al de La Marche.

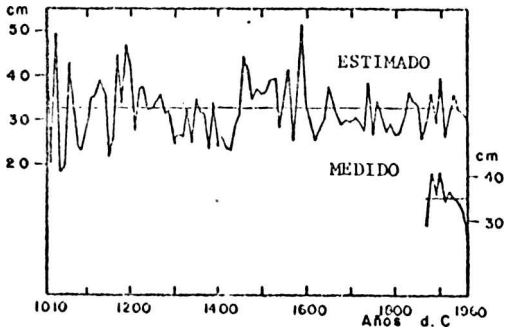


Fig.6:Medias decádicas de total anual de precipitación en Santiago, medidas en Chile, y estimadas por datos de cronologías (La Marche,1975)

		El Asiento				
		≥ 28 ≤ 7%	≥ 60 ≤ 9%	≥ 100 ≤ 11%	≥ 120 ≤ 16%	
SANTIAGO OBSERVADOS	≤ 50 ≥ 200	11	10	4	0	25
	≤ 200 ≥ 282	4	10	7	4	25
	≤ 282 ≥ 365	2	10	12	5	29
	≤ 365 ≥ 471	0	4	13	11	28
	≤ 471 ≥ 762					
	≤ 762	17	34	36	20	107

$C=0.6$ $C_m=0.87$ $C_c=0.7$

Tabla 3: Contingencia entre cronología de El Asiento y precipitación en Santiago.

El coeficiente de correlación entre los valores anuales así reconstruidos y la precipitación consignada en la serie de Santiago, fue de $r = +0.447$ dando $r^2 = 0.19$ lo que indica que la serie reconstruida de esta manera sólo explicaría el 19% de la varianza de la precipitación en Santiago. Sin embargo, como puede verse en la Tabla 3, el valor del coeficiente de contingencia C , el de contingencia corregido C_c y el de máxima contingencia C_m , señalan que un alto porcentaje de la varianza de la serie de Santiago estaría explicada por la cronología de El Asiento.

En general las reconstrucciones realizadas en base a cronologías de anchos de anillos de árboles explican mejor los periodos de escasa precipitación debido a que los árboles tienen una capacidad de crecimiento determinada genéticamente, límite éste que no pueden sobrepasar aunque las condiciones externas sean totalmente favorables.

3. CONCLUSIONES

La serie de precipitación invernal de Santiago de Chile contiene información sobre el régimen pluviométrico regional hasta latitudes cercanas a 40°S. Como podría esperarse la interdependencia entre las series se "agota" en distancias

más pequeñas, a la estación de referencia, en la dirección O-E a sotavento de la cordillera.

La correlación mensual significativa observada entre Santiago y Puente del Inca, Malargue y Chos-Malal sólo tiene sentido para el análisis de dependencia en los meses de abril a septiembre. En febrero y diciembre la correlación significativa podría no tener sentido matemático pues predominan en las series consideradas los ceros de precipitación. No obstante, permite inferir una singular condición de sequedad en diferentes puntos de la región.

Peculiaridades existentes en la marcha de la correlación mensual, indicaron que las conclusiones o inferencias que se realizan para el régimen pluviométrico cordillerano en una escala temporal, anual o invernal, no pueden generalizarse directamente para la escala mensual.

A partir de la marcha de las medias y medianas con sus diferencias respectivas se infirió que Santiago y Puente del Inca tienen similares variaciones anuales, aunque ello no pueda generalizarse para la cantidad de precipitación. Esto obedece a que las diferencias de valores medios mensuales entre estaciones no tienen el mismo signo durante el año. De hecho se puede suponer que las condiciones orográficas y las situaciones sinópticas en forma conjunta contienen explicación de ello, aunque los elementos de este estudio no permitan probarlo.

Las distribuciones de secuencias mensuales de precipitación menores (mayores) que las medias mensuales indican homogeneidad de régimen entre Santiago y Puente del Inca. Esto será aceptable si se admite que la diferencia entre el número de secuencias en las dos estaciones obliga a emplear en forma poco ortodoxa el test de Ji cuadrado. Una conclusión idéntica a la anterior cabe respecto a los ciclos, admitiendo que ello implica "medir" la homogeneidad climática a través de frecuencia de "ondas" en la serie.

Independientemente de lo expresado en las conclusiones anteriores, la comparación del número total de secuencias o ciclos indicó una mayor persistencia mensual en Santiago.

Bajo el supuesto de que el área está representada por Santiago de Chile y Puente del Inca, se "midió" la homogeneidad regional a través de autocorrelaciones y espectros mensuales. De los resultados se infiere que ambos procesos estocásticos son predominantemente aleatorios aunque sus espectros contienen máximos (no significativos de acuerdo a Markov) en aproximadamente las mismas frecuencias.

Podrían suponerse posibilidades de muestras desviadas por el lapso de comparación que fue 1941-1976. Sin embargo, considerando el análisis espectral de la serie de Santiago para el período 1866-1982 se obtuvieron las mismas inferencias que para el record menor. Por lo anterior, las relaciones estimadas entre Santiago y Puente del Inca pueden considerarse estables. Cabe también señalar que las

distribuciones de ciclos y secuencias para Santiago en el período 1866-1982 (no presentadas en el trabajo) no difieren significativamente de las obtenidas para 1941-1976 reafirmando la conclusión anterior.

Agradecimientos: Los autores desean expresar su reconocimiento a Susana Heinrich por la colaboración brindada en los cálculos que fue necesario efectuar para realizar este trabajo.

BIBLIOGRAFIA

- Benitez, 1973: Análisis probabilístico de la variación de la precipitación de Santiago a lo largo del tiempo; Jornadas científico-tecnológicas "El agua y el futuro regional", Mendoza, p.59 a 60-3.
- Caviedes, 1974: Climatic hazards in tropical and subtropical South America; comunicación presentada en la 5ta reunión de la Conf. of Latin Americanist Geographics, Boca Ratón, Florida, diciembre 1974.
- Chatfield C., 1980: The Analysis of Time Series: An Introduction; New York, Chapman and Hall.
- CORFO, 1971: Pluviometría de Chile, Anexo 1, Estadística Pluviométrica - Departamento de recursos hidráulicos, CORFO, Chile.
- Corte, A.E. y L.E. Espizua, 1981: Inventario de glaciares de la cuenca del Río Mendoza; Instituto Argentino de Nivología y Glaciología, Conicet, Mendoza, pp.64.
- Ereño, C.E. y J.A.J. Hoffmann, 1978: El régimen pluvial en la Cordillera Central, Cuaderno de Geografía N°5, Fac. de Filos. y Letras, UNBA, pp.36.
- Hoffmann, J.A.J., 1969: Pronóstico del tiempo a largo plazo; presentado en las Primeras Jornadas de Nivo-Glaciología, Mendoza.
- Lamb, H.H., 1972: Climate: Present, Past and Future; Vol.1, Fundamentals and Climate now. Ed. Methuen & Co., London, pp.613.
- La Marche, V., 1975: Potential of tree rings for reconstruction of past climate variations in the Southern Hemisphere; WMO, Proc. of the WMO/JAMP, Symp. on Long-Term Climatic Fluctuations, Norwich, 18-23 of August 1975, p.21-30.
- Quinn, W.H. y V.T. Neal, 1982: Long-term variations on the Southern Oscillation, El Niño and Chilean subtropical rainfall; School of Oceanography, Oregon State Univ., Oregon, EE.UU. (en prensa).
- Vargas, W.M., 1973: Variaciones aperiódicas de las precipitaciones en períodos largos; Jornadas científico-tecnológicas "El agua y el futuro regional", Mendoza, p.15-17.