

ANÁLISIS CLIMATOLÓGICO EN 13 LOCALIDADES EN EL CENTRO DEL PAÍS

O.B. Nasello⁽¹⁾, C.L. Di Prinzio⁽¹⁾, B. Gonzalez Kriegel⁽¹⁾, Casini C.⁽²⁾ y Grimoldi A.⁽²⁾

(1) Facultad de Matemática Astronomía y Física de la Universidad Nacional de Córdoba.
Medina Allende y Haya de la Torre. Ciudad Universitaria. Córdoba (5000) Argentina.

(2) Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Estación experimental Manfredi.
Carlos@roble.fis.uncor.edu

Resumen

Se realizó un estudio de la evolución temporal de variables meteorológicas registradas en los últimos 30 años por 13 estaciones experimentales del Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria (INTA) localizadas en el centro del país. Las variables meteorológicas analizadas fueron Temperaturas máximas y mínimas y precipitación. Los resultados fueron analizados con relación al calentamiento global y a la influencia de EL NIÑO

Abstract

An study of the meteorological variables evolution registered by 13 experimental station of "Instituto Nacional de tecnología Agropecuaria (INTA)" on the last 30 years was performed. The maximum and minimum temperatures and the precipitation rates were analyzed. The obtained results were correlated with the global warming and the ENSO phenomenon.

1. Introducción

Las investigaciones sobre el calentamiento global del planeta, atribuidas a las modificaciones físicas y químicas de las propiedades de la Tierra causadas por la actividad humana, han recibido mucha atención de parte de la comunidad científica en las últimas décadas. Además, los resultados de estas investigaciones han sido ampliamente difundidos al público en general por las implicancias que las mismas pueden tener sobre la vida del hombre. Así es por todos conocido, que en el último siglo existe un calentamiento global de la superficie terrestre. Algo similar ocurre con los efectos sobre toda la superficie del planeta causados por la llegada de EL NIÑO a las costas del Perú. Los efectos de estos fenómenos en Sudamérica también han sido objeto de numerosos trabajos de investigación (Ropelewsky y Halper (1987), Tanco et al 1996, Castañeda M.E. y Barros V. (1994)", Pascale et all (1997), etc) los cuales han mostrado que en la Argentina estos efectos son también apreciables. Dada la gran variabilidad climática la influencia de estos fenómenos depende marcadamente del lugar. Para la actividad agropecuaria y en general todas las actividades en una región determinada es muy importante conocer como ha cambiado el clima de la

región. El objetivo de este trabajo es analizar las variaciones sufridas por algunas variables meteorológicas en las últimas décadas, en particular en 13 localidades del centro del país, especialmente de nuestra provincia (Córdoba).

2. Datos

Se analizaron los valores diarios de temperaturas máximas y mínimas y precipitación registradas desde 1959 por trece estaciones experimentales del Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA). Las ciudades estudiadas fueron Manfredi, Río Cuarto, Villa María de Río Seco, Marcos Juárez, Laboulaye, Pilar, Villa Dolores y Córdoba de la Provincia de Córdoba, Junín (Prov. de Buenos Aires); Rafaela (Prov de Santa Fé) Villa Mercedes (Prov. de San Luis) y General Pico (Prov. de La Pampa).

Para cada una de las variables meteorológicas y localidades se determinaron las medias mensuales (X) y las medias del total del período correspondientes a cada mes del año (\bar{X}) y sus correspondientes desviaciones estandar ($D\bar{X}$). Cada evolución temporal $X(t)$ fue ajustada por una ecuación lineal considerándose la pendiente de esta curva un indicador de la tendencia. En el caso de la precipitación para cada localidad se obtuvo la precipitación anual y su correspondiente media.

Figura 1: Tendencias en las Temperaturas Máximas

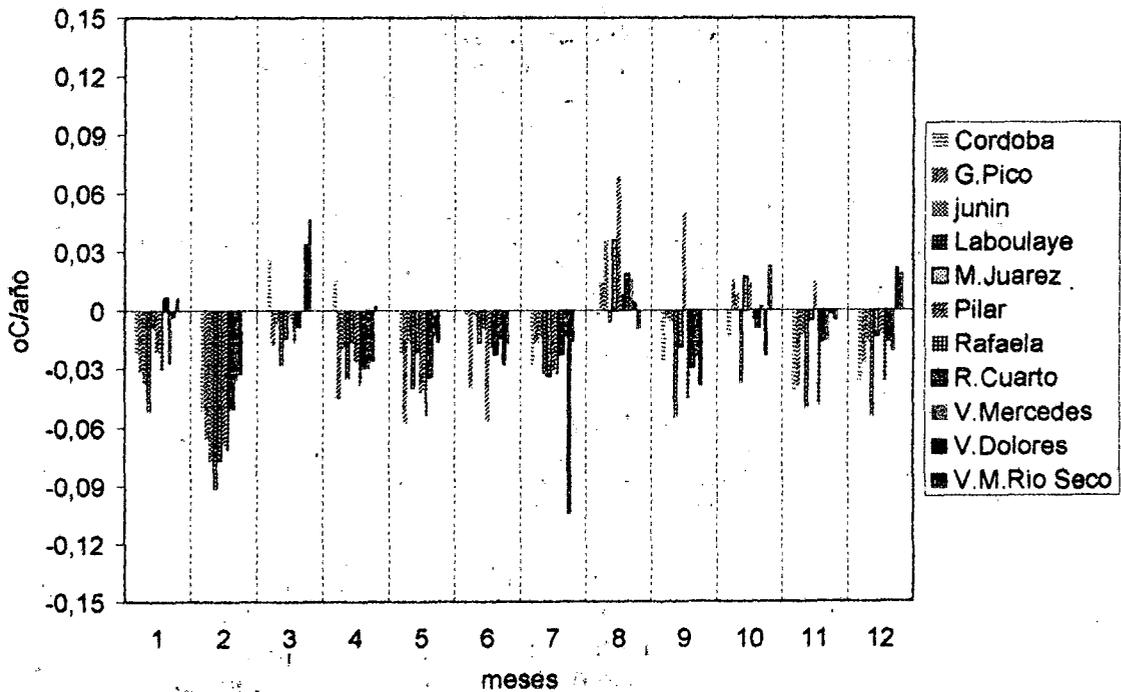
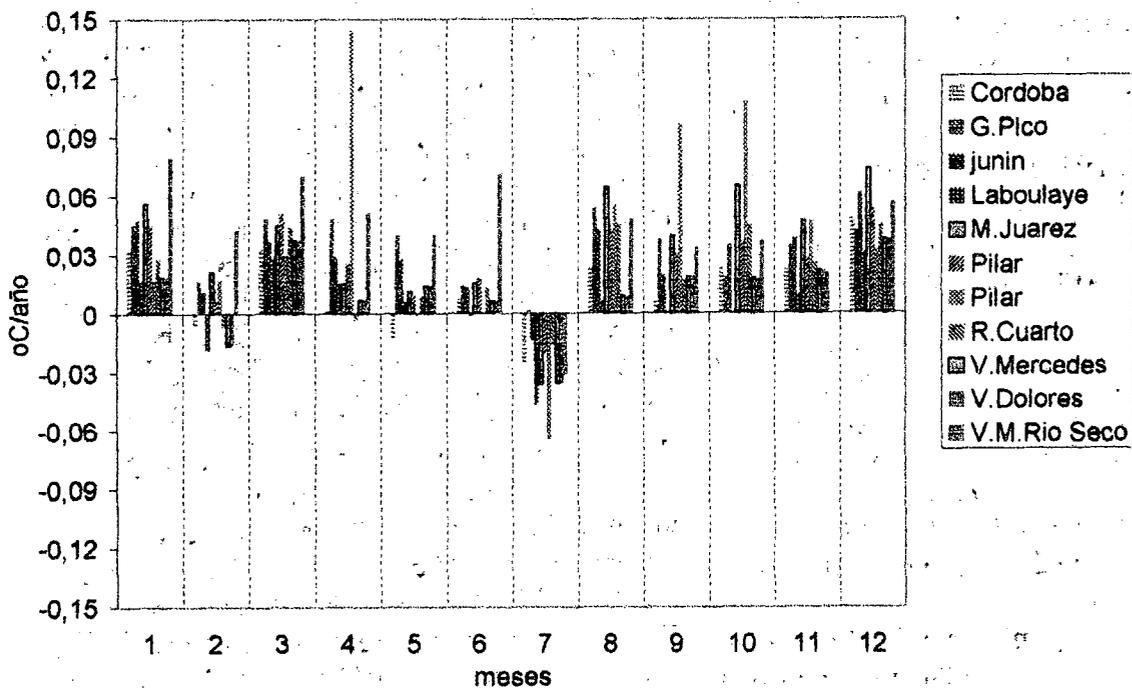


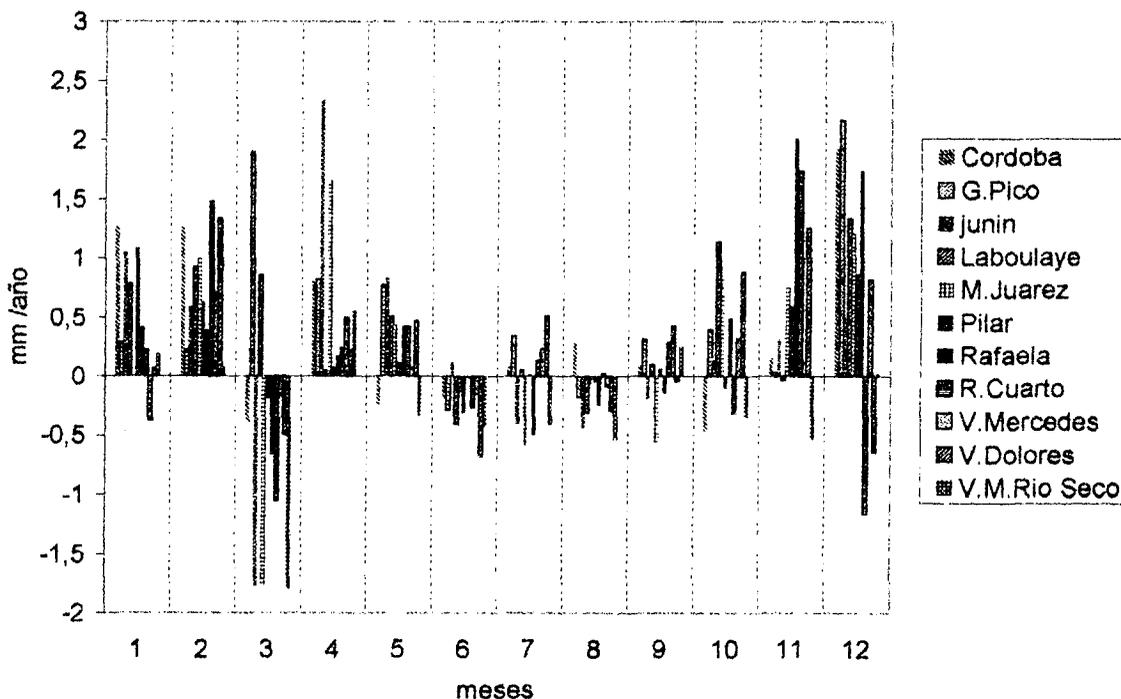
Figura 2: Tendencia en las Temperaturas Mínimas



Para analizar el fenómeno del NIÑO, para cada mes y cada estación del año se obtuvo el factor de anomalía correspondiente a la precipitación definido como $S = \frac{X - \bar{X}}{DX}$. Se consideró verano

los meses de DIC, ENE y FEB, y así sucesivamente.

Figura 3: Tendencia en la Precipitación



3. Resultados

3.1 Evolución temporal.

3.1.a Temperaturas máximas y mínimas

Los datos analizados muestran que las temperaturas máximas tienden a decrecer y las mínimas a crecer, es decir que la amplitud térmica diaria se reduce. Esta tendencia es muy leve ($< 0.1 \text{ }^\circ\text{C/año}$) y podría no ser significativa ya que los coeficientes de regresión de las rectas de ajuste son menores que 0,3. Sin embargo, como se muestra en las figuras 1 y 2, este comportamiento se presenta en casi todas las localidades estudiadas, en todos los meses a excepción de julio y agosto¹. Por otra parte, este comportamiento

¹ Es de notar que en estas figuras no se han incluido las localidades de Río Tercero y Manfredi, pues en ellas los datos son escasos.

ya ha sido observado en otros países ("Minmax Workshop", 1995), y en la Argentina (Pascale et al 1997). Por lo tanto, podemos concluir que estas tendencias son realmente significativas. Este comportamiento, al igual que el calentamiento global de la superficie terrestre es atribuido, en general, al aumento de los gases como el CO_2 , que producen el efecto invernadero y al aumento de los aerosoles atmosféricos, que producen una reducción de la radiación diurna y una disminución del enfriamiento nocturno. Los aerosoles producen este efecto directamente por si solos o indirectamente a través del aumento de la nubosidad. Simulaciones numéricas de clima sobre toda la superficie de la tierra predicen estas tendencias en forma cualitativa pero no cuantitativa. (J.Hansen et al, 1995). Esto nos muestra que el fenómeno todavía no es comprendido completamente, por lo cual el

mismo sigue siendo objeto de intensivos estudios (Jones et al ,1999).

De las figuras 1 y 2 es importante destacar el comportamiento diferente observado en los meses de julio y agosto. Estas tendencias, no afectan el efecto general de reducción de las amplitudes térmicas pero muestran una característica muy particular de la región estudiada.

3.1b Precipitación.

En la figura 3 se muestran las tendencias observadas en el total mensual de las precipitaciones registradas en cada localidad. En esta figura se observa que en los meses enero, febrero, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre la precipitación tiende a aumentar. En los restantes meses, el efecto no es tan marcado notándose por ejemplo en junio el comportamiento inverso. Los meses en que la tendencia es positiva son los de mayor precipitación, por lo que la precipitación total en las últimas décadas se ha incrementado en todas las localidades, a excepción de Pilar. Este comportamiento concuerda con lo observado en otras regiones del país y de Sudamérica.(Castañeda y Barros, 1994)

3.2 Influencia de El NIÑO sobre la precipitación:

Se conoce con el nombre de El NIÑO a la aparición de corrientes oceánicas cálidas en las costas del Océano Pacífico de América del Sur, durante el verano del hemisferio sur. Este fenómeno, que se presenta a intervalos de dos a siete años, se caracteriza porque la superficie del mar y la atmósfera sobre él, presentan una condición anormal durante un período que va de doce a dieciocho meses.

El fenómeno se inicia en el Océano Pacífico Tropical, cerca de Australia e Indonesia, donde la temperatura de las aguas superficiales se eleva unos cuantos grados por encima de lo normal. Gradualmente este máximo de temperatura se desplaza hacia el este y, alrededor de seis meses después (aproximadamente en Navidad), alcanza la costa de América del Sur, en el extremo este

del Pacífico. El desplazamiento del máximo va acompañado por un enfriamiento relativo en el Pacífico Occidental, es decir, cerca de Asia.

Mientras esto sucede en el océano, en la atmósfera se produce una alteración de la configuración de la presión atmosférica, que baja en el lado este del Pacífico y sube en el oeste. A la aparición y desplazamiento del máximo de temperatura se le ha nombrado más recientemente "episodio cálido" y al sube -y- baja de la presión, "oscilación del sur. Modernamente se nombra al fenómeno ENOS [ENSO en inglés], acrónimo de El NIÑO (EN) y Oscilación del Sur (OS), denotando con ello el conjunto de alteraciones en las configuraciones normales de circulación del océano y la atmósfera. Durante estos episodios existen una gran variedad de fenómenos acoplados, los cuales son detalladamente descritos por Harrison y Larkin (1998)

TABLA 1

Neutro	La NIÑA	El NIÑO
Año	Año	Año
1961	1964-65	1963-64
1962	1967-68	1965-66
1966	1970-71	1969-70
1968	1971-72	1972-73
1974	1973-4	1976-77
1977	1975-76	1982-83
1978	1988-89	1986-87
1979	1995-96	1987-88
1980		1991-92
1981		1994-95
1983		1997-98
1984		
1985		
1989		
1990		
1992		
1993		
1994		

Para caracterizar cuantitativamente este fenómeno se han definido diferentes índices. Por ejemplo la agencia Meteorológica del Japón ha definido un índice de acuerdo con las anomalías registradas en la temperatura del pacífico $(X - \bar{X})$ en la región

comprendida por los meridianos 4N y 4S y los paralelos 150 O y 90 O. De acuerdo con este índice El NIÑO ocurre cuando por 6 meses consecutivos esta anomalía es mayor que 0.5°C . Además estos 6 meses deben empezar antes de octubre e incluir los meses de octubre, noviembre y diciembre. Una definición similar es aplicada para los años de la NIÑA, los cuales corresponden a anomalías menores a -0.5°C por 6 meses consecutivos. Los años que no cumplen con estas condiciones se llaman años neutros. Las categorías resultantes se muestran en la Tabla 1.

En el presente trabajo se calcularon las anomalías S correspondientes a los registros de precipitación estacional. Se analizó el comportamiento de estas anomalías en los años definidos como NIÑO y NIÑA en la Tabla 1, especialmente en verano ya que esta es la estación donde más lluvias se registran. Los valores de precipitación fueron corregidos de forma tal de eliminar la tendencia general notada en la figura 3.

Los resultados obtenidos para los veranos de los años definidos como NIÑO y NIÑA se muestran en la figura 5a y b respectivamente.

Los datos mostrados en esta figura corresponden al mes de diciembre del año en que comenzó el fenómeno y a los meses enero y febrero del año siguiente. En esta figura se indican las anomalías correspondientes a cada localidad y cada año junto con la anomalía promedio del total de la región (promedio).

Analizando la figura 5, se aprecia en promedio anomalías positivas en los veranos en los cuales ha habido NIÑO y anomalías negativas en los años de NIÑAS, en concordancia con resultados previos. (Tanco y Berri, 1996, Ropelewski y Halpert 1987, Sierra et al 1999). Sin embargo, dada la gran variabilidad climática se observa que en localidades como Laboulaye las anomalías han sido positivas en casi todos los años de EL NIÑO, mientras que, en localidades como Pilar o V.M. de Río Seco, existen casi tantos años con anomalías positiva como negativa.

Un fenómeno similar aunque menos marcado se observa en los años con NIÑAS. En general los valores de anomalía mostrados en

la figura 5 pertenecen al intervalo $(-1,1)$, mientras que en los años neutros se ha encontrado anomalías de hasta, $S \cong \pm 3$, especialmente entre la década 1977-1987. En consecuencia, estos resultados muestran que en la región estudiada resulta muy difícil predecir el régimen de lluvias teniendo en cuenta solamente el fenómeno ENSO, especialmente si se quiere precisar una localidad.

3. Conclusiones.

Los resultados obtenidos en el presente trabajo muestran que:

- Las temperaturas máximas tienden a decrecer y la mínima a crecer, es decir que la amplitud térmica diaria se reduce. Este comportamiento a excepción de los meses de julio y agosto se presenta en casi todas las localidades estudiadas
- Las tendencias observadas en el total mensual de las precipitaciones registradas en cada localidad en los meses enero, febrero, abril, mayo, octubre, noviembre y diciembre es positiva. En los restantes meses, el efecto no es tan marcado, notándose por ejemplo en junio el comportamiento inverso. Los meses en que la tendencia es positiva son los de mayor precipitación, por lo cual la precipitación total en todas las localidades, a excepción de Pilar se ha incrementado en las últimas décadas.
- En promedio las anomalías en la precipitación en los meses de verano han sido positivas en los años en los cuales ha habido NIÑO y negativas en los años de NIÑAS. En cada localidad en particular, sin embargo el comportamiento observado es muy variado.

Agradecimientos

Se agradece a CONICET, CONICOR y SECYT-UNC por los subsidios recibidos y a José Barcelona por el apoyo técnico.

Figura 4 a: Anomalías en la precipitación correspondientes a los veranos de los años "Niños".

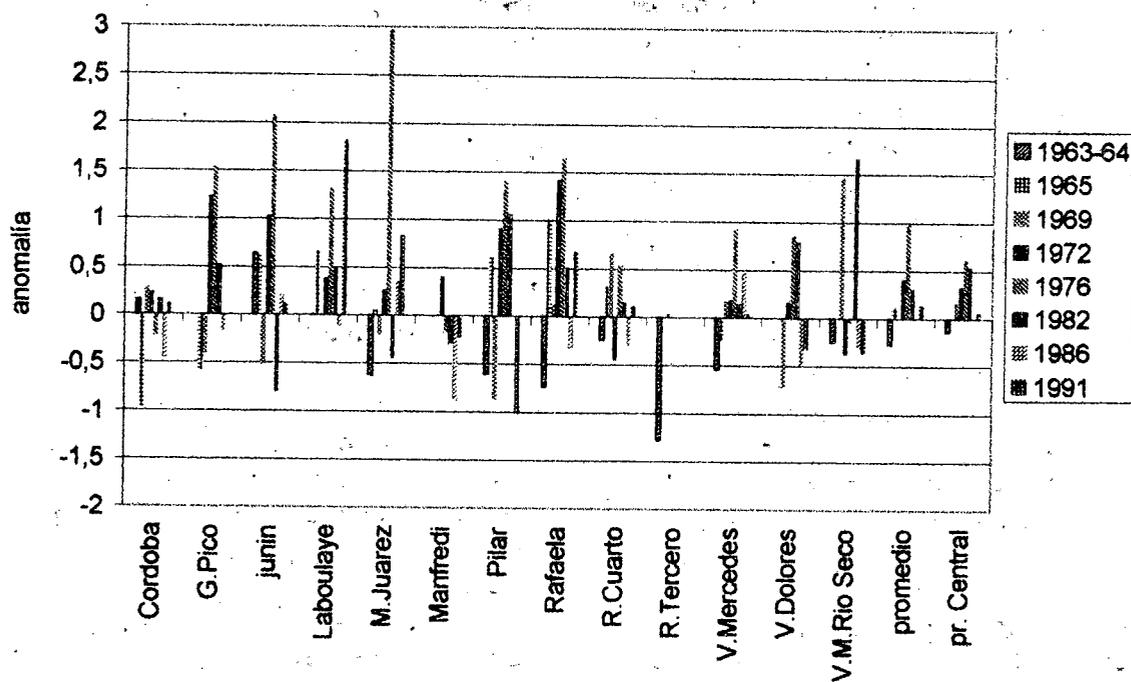
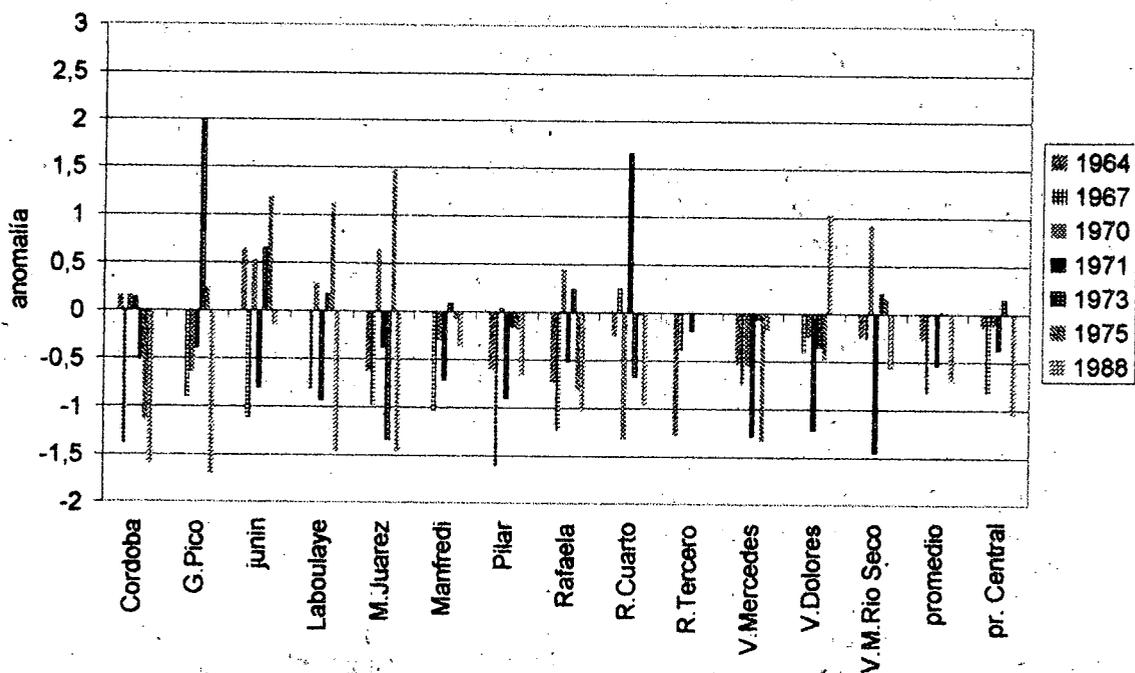


Figura 4 b: Anomalías en la precipitación correspondientes a los veranos de los años "Niñas"



Referencias

- Castañeda M.E. y Barros V. (1994) "Las tendencias de la precipitación en el Cono Sur de América al este de los Andes" *Meteorológica* 19 (1y2) 23-32
- Hansen J., M.Sato, R. Ruedy (1995), V 37 N. 1-3 *Atmospheric Research* pp 175
- Harrison y Larkin (1998) *Reviews of Geophysics*, 36 ,pg. 353-399
- Jones P.D., M.New, D.E.Parker, S.Martin and G.Rigor (1999) "Surface air temperature and its changes over the past 150 years" *Reviews of Geophysics*, 37,2 pages 173-199
- Minmax Workshop" (1995) V37 N. 1-3 *Atmospheric Research*.
- Pascale A.J., Damario E.A. y Bustos C. Aumento de las temperaturas mínimas invernales en el Alto Valle de río Negro en los últimos 90 años. *Actas de 7ª Reunión Argentina y 1ª Latinoamericana de Agrometeorología* (1997)
- Ropelewski C.F y Halpert M.S.(1987) "Global and Regional Scale precipitation patterns Associated with the El Niño/Southern Oscillation. *Mon. Wea. Rev.*,115,1606-1626.
- Sierra E.M., S.Pérez, G. Casagrande y G.Vergara (1999) "Efecto del ENSO sobre las precipitaciones en el Oeste de la región pampeana Argentina 1921-98" *Anales del XI Congreso Brasileiro de Agrometeorología*, Julio de 1999 Florianópolis, BRASIL.
- Tanco R. Y G. Berri (1996) "Acerca del fenómeno el Niño sobre la precipitación en la Pampa Humeda Argentina. VII Congreso Latinoamericano e Ibérico de Meteorología. *Anales* 319-320.