

## IMPACTO DEL FENÓMENO ENOS EN EL RÉGIMEN HIDROMETEOROLÓGICO DE MENDOZA, ARGENTINA

*Federico NORTE \**, *Silvia SIMONELLI \**, *Nicolás HEREDIA \**

### Resumen

El objetivo principal del trabajo es analizar los efectos hidrometeorológicos que ocasiona el evento cálido ENOS en la provincia de Mendoza, Argentina. Los objetivos secundarios son considerar las condiciones meteorológicas predominantes (situaciones sinópticas más frecuentes) durante el invierno tanto en el llano como en el sector cordillerano. Se caracteriza hidrológica y climatológicamente al área de estudio. Se utilizan datos de caudales mensuales de los principales ríos de la región, así como datos climáticos, sinópticos. El estudio abarca los eventos cálidos ENOS registrados en este siglo, haciendo énfasis en los casos de 1982-1983, 1986-1987, 1991-1993 y las primeras manifestaciones del evento de 1997-1998. Los resultados principales muestran un incremento sustancial de los caudales en el período estival como resultado del exceso de precipitación invernal producido por el correspondiente evento cálido ENOS. Se destaca como caudal máximo maximorum de la serie el valor asociado al primer año del evento cálido de 1982/1983 considerado (hasta 1997) como el más intenso del siglo. Las mayores precipitaciones en la cordillera obedecen a una mayor frecuencia de pasajes de centros de baja presión y vaguadas de onda larga en latitudes más bajas que lo normal. Esto determina una anomalía negativa en el campo de presión tanto en superficie como en capas medias de la atmósfera.

**Palabras claves:** *El Niño Oscilación Sur, hidrometeorología, nevadas, impacto, caudales, Cordillera de los Andes, Mendoza, Argentina.*

## IMPACT DU PHÉNOMÈNE ENSO SUR LE RÉGIME HYDROMÉTÉOROLOGIQUE DE MENDONZA, ARGENTINE

### Résumé

Le principal objectif de ce travail est d'analyser les effets hydrométéorologiques causés par ENSO dans la province de Mendoza, Argentine. Ensuite on étudiera les conditions météorologiques prédominantes (situations synoptiques les plus fréquentes et les phénomènes de méso-échelle associés) pendant l'hiver, en plaine et dans la cordillère. On caractérise la zone étudiée hydrologiquement et climatologiquement. On utilise pour cela les données de débits mensuels des principales rivières de la région ainsi que les données climatiques, synoptiques et des images de satellite. Notre étude couvre les événements ENSO de ce siècle et plus

---

\* Programa Regional de Meteorología-IANIGLA-CONICET-Gobierno de Mendoza, Bajada del Cerro s/n Mendoza - Argentina. Telf (5461) 286010. Fax 286010. e-mail: norte@cpsarg.com

particulièrement ceux de 1982-1983, 1986-1987, 1991-1993 et les premières manifestations de celui de 1997-1998. Les principaux résultats montrent, pour les années ENSO, une forte augmentation des débits des rivières à la fin du printemps et pendant l'été provoqué par l'excès de précipitation de l'hiver antérieur. Les plus forts débits ont été observés au cours de l'événement chaud de 1982-1983, considéré jusqu'à 1997 comme le plus fort de ce siècle. L'impact principal sur le régime hydrique est dû à l'anomalie positive de précipitations dans la partie de la cordillère qui a un régime hivernal. On en conclut que les plus fortes précipitations de la cordillère sont reliées à une augmentation de la fréquence des passages de zones de basse pression et d'incursions d'onde longue à des latitudes plus basses que la normale. Ceci provoque une anomalie négative dans le champ de pression de surface et des couches moyennes de l'atmosphère.

**Mots-clés :** *El Niño Oscillation du Sud, hydrométéorologie, chute de neige, impact, débits, Cordillère des Andes, Mendoza, Argentine.*

### HYDROMETEOROLOGICAL EFFECTS CAUSED BY THE ENSO IN THE PROVINCE OF MENDOZA ARGENTINA

#### Abstract

The main purpose of this work is to analyse the hydroclimatological effects that El Niño event causes in the Argentinean Province of Mendoza. Secondary objectives of this study are to consider prevailing meteorological conditions (most frequent synoptic conditions) during winter both in the plains and in the mountain range area. The study area has been hydrologically and meteorologically characterised by using monthly streamflow from the most important rivers in the region as well as using synoptic climological data. The study comprises the ENSO warm events registered during this century, emphasizing the 1982-1983, 1986-1987, 1991-1993, and the first evidences of the 1997-1998 events. The main results show a substantial increase in summer river flows just after the winter precipitation excess produced by the corresponding warm ENSO event.

The maximum-year value associated to the 1982-1983 warm event, considered until 1997 as the most severe El Niño event in this century, is emphasized as the absolute maximum of the discharge series. The most severe precipitations in the mountain range obey a most frequent passage of low pressure centers and long wave troughs in lower latitudes than normal. This determines a negative anomaly in the pressure field both in the surface as in the mid altitude atmosphere.

**Key Words:** *El Niño Southern Oscillation, Hydrometeorology, Snow Storm, Impact, River Flow, Andean Mountains, Mendoza, Argentina.*

#### INTRODUCCIÓN

La provincia de Mendoza está ubicada en el occidente de la República Argentina, a sotavento de la Cordillera de Los Andes y se extiende de norte a sur entre 32° y 37°30' S; y de oeste a este entre 66°30' y 70° O. En estas latitudes la cordillera tiene una altura media entre 3500 y 4000 m.s.n.m. y presenta tres cadenas principales orientadas longitudinalmente, que de oeste a este son: la Cordillera del Límite, la Cordillera Frontal, y la precordillera (Fig. 1, 2).

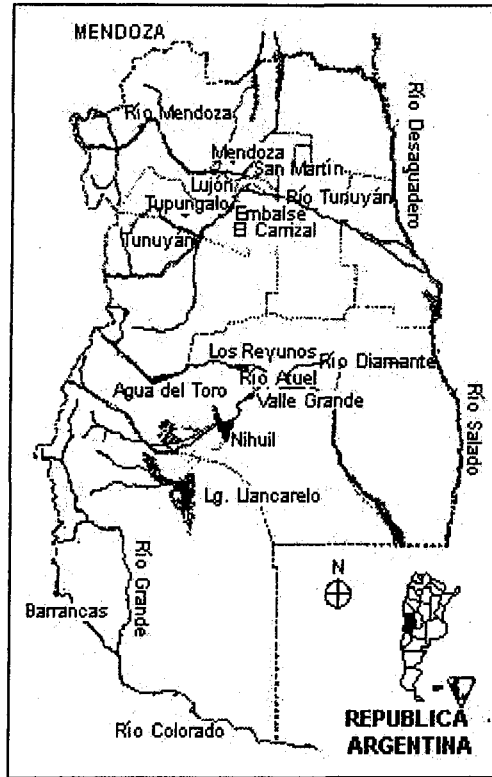
De acuerdo a la clasificación climática de Köppen la provincia de Mendoza presenta cinco regiones climáticas:

B - Climas Secos: BS de estepa - BW desértico;

E - Climas Polares: ET de tundra - ETH de tundra de altura - EF de hielos eternos.



**Fig. 1 - Ubicación geográfica de la República Argentina en Sudamérica.**



**Fig. 2 - Ubicación geográfica de la Provincia de Mendoza en la República Argentina.**

La mayor superficie de la provincia está dominada por el tipo de clima B. En la región cordillerana el clima es de tipo polar (E) que presenta variantes según la altura, existiendo zonas de clima polar helado o de hielos eternos (EF) en los lugares que están por encima de los niveles en los cuales la isoterma de  $0^{\circ}\text{C}$  es la temperatura media del mes de enero.

El régimen de precipitación presenta un máximo invernal en la Cordillera Central (Fig. 3), una distribución bimodal en la Cordillera Frontal (Fig. 4) y un máximo estival en la precordillera y en el llano (Fig. 5).

Los ríos más importantes de la Provincia de Mendoza por su aprovechamiento energético y agrícola son el Mendoza, el Tunuyán, el Atuel y el Diamante. En este trabajo se seleccionó el río Mendoza, que nace de la triple confluencia de los ríos Vacas, Cuevas y Tupungato, cerca de la frontera con Chile. Su cuenca superior no es muy extensa; recibe varios afluentes poco caudalosos. En el llano, un dique deriva las aguas hacia las zonas de cultivo. Su régimen es irregular, con crecientes de deshielo y estiaje en invierno. Su caudal medio en Cacheuta ( $33^{\circ}01'S$ ,  $69^{\circ}06'O$ , 1 237 m.s.n.m.), en la precordillera, es de  $55 \text{ m}^3/\text{seg}$ .

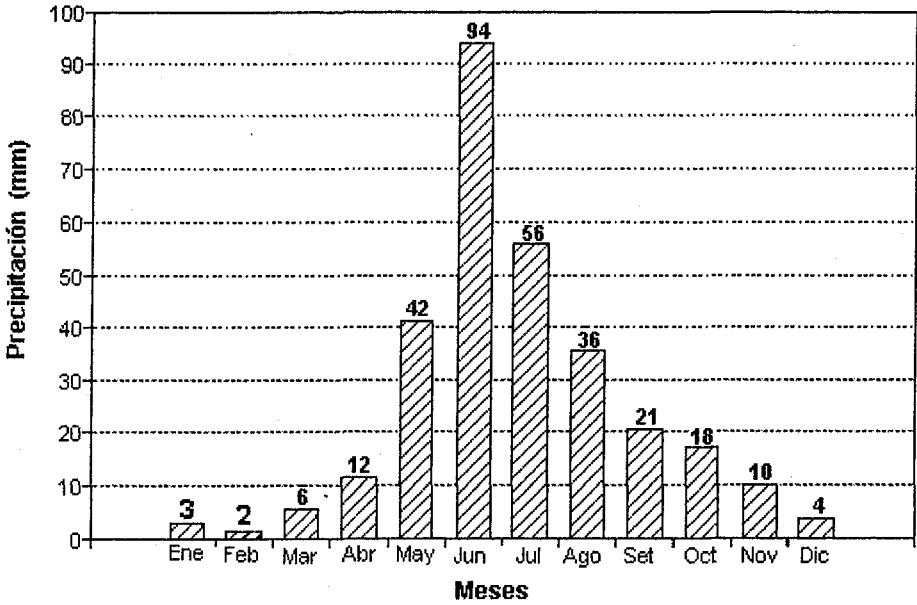


Fig. 3 - Distribución Anual de la Precipitación Media - Período 1964/1976, Puesto del Inca ( $32^{\circ}49'S$ ,  $69^{\circ}54'O$ , 2 720 m.s.n.m.), Cordillera Central.

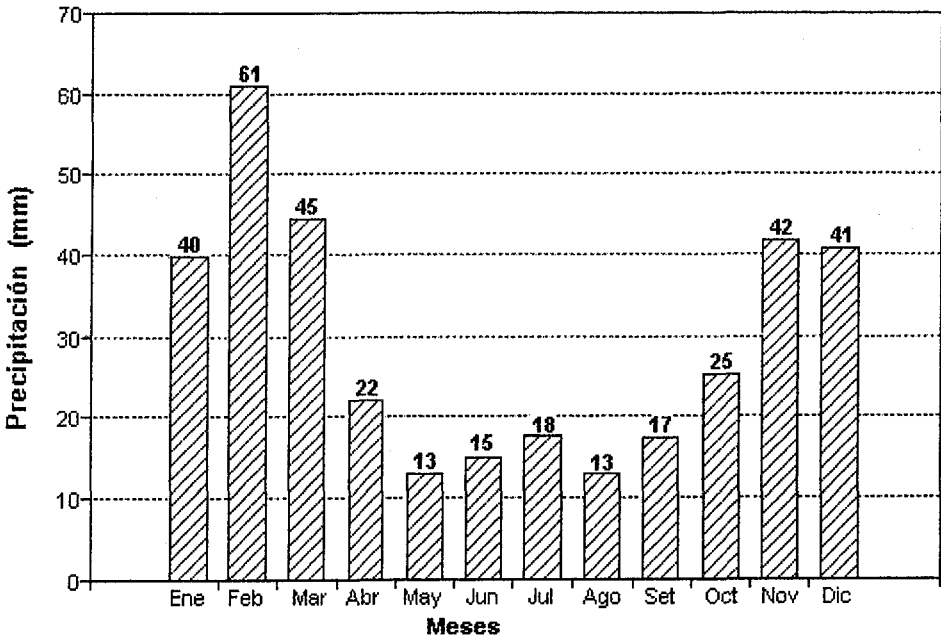


Fig. 4 - Distribución Anual de la Precipitación Media - Período 1972/1997, Las Aguaditas ( $33^{\circ}05'S$ ,  $69^{\circ}17'O$ , 2 225 m.s.n.m.), Cordillera Frontal.

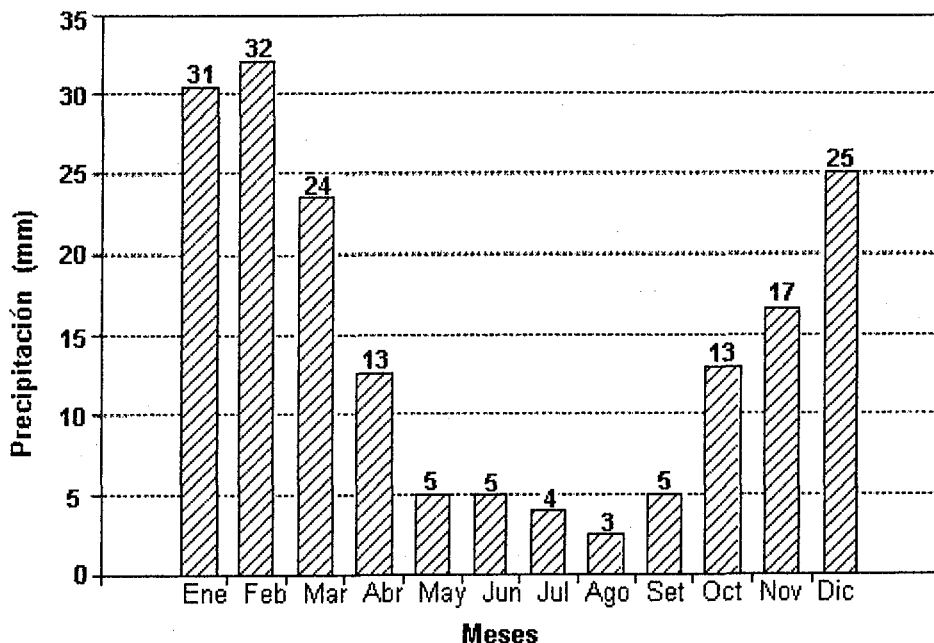


Fig. 5 - Distribución Anual de la Precipitación Media - Período 1961/1980, Mendoza Aeropuerto (32°50'S, 68°47'O, 704 m.s.n.m.), Llano.

## 1. DATOS Y METODOLOGÍA

Se utilizaron los datos de caudales mensuales del río Mendoza en todo su curso en el período 1957/1997.

Se analizaron los datos climáticos y sinópticos correspondientes a las fechas de ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos que acaecieron durante eventos cálidos ENOS.

Se seleccionó la estación Las Aguaditas (33°05'S 69°17'O, 2 225 m.s.n.m.) (Fig. 4), ubicada en la Cordillera Frontal, analizándose los datos de precipitación correspondientes al período 1972-1997.

Se consultaron archivos de información periodística sobre efectos del evento cálido ENOS en la provincia de Mendoza, Argentina.

El estudio abarca los eventos cálidos ENOS registrados en este siglo (Quinn *et al.*, 1989), poniendo énfasis en los casos de 1982-1983, 1986-1987, 1991-1993, y las primeras manifestaciones del caso de 1997.

## 2. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Como consecuencia del estudio de los datos climáticos, observaciones, cartas sinópticas y archivos periodísticos, se ve la ocurrencia de un evento ENOS coincide en la mayoría de los casos con precipitaciones nivales superiores al promedio en la región cordillerana.

## **2. 1. Archivo de información periodística**

Algunos fenómenos meteorológicos extremos registrados en el oeste de Argentina (provincia de Mendoza) durante eventos cálidos ENOS:

- 10/8/82: La acumulación de nieve debido a los temporales del invierno 1982 alcanza en esta fecha una altura de hasta 6,50 metros en la localidad fronteriza de Las Cuevas (límite con Chile en la Cordillera Central).
- 19/5/87: Lluvias en el llano de Mendoza y nevadas importantes en la precordillera y alta montaña.
- 25/5/87: Nevadas en la precordillera y alta montaña mendocina.
- 16/7/87: En Mendoza se mantiene cerrado el paso fronterizo por acumulación de hasta 1,80 metros de nieve.
- 26/7/87: Segundo temporal de nieve tan intenso como el anterior.
- 13/8/87: Tercer temporal de invierno vuelve a causar daños; las intensas nevadas mantienen aisladas a unas 800 personas en la cordillera mendocina. El temporal dura más de 4 días continuados. Se producen varios aludes en la región montañosa de la ruta internacional.
- 17 y 18 /9/87: Se registra el cuarto temporal de importancia en la zona cordillerana de Mendoza.
- 31/5/91: Después del temporal de nieve, quedaron acumulados más de 2 metros en la localidad de Las Cuevas.
- 23/4/92: Un temporal de nieve bastante prematuro se abate sobre la Cordillera Central determinando la interrupción del paso a Chile.
- 25/6/92: Durante varios días permanece cerrado el paso internacional debido a los intensos temporales de nieve.
- 31/08/92: Nuevamente las fuertes nevadas interrumpen las comunicaciones por vía terrestre con la República de Chile.
- 7/5/93: La intensa nevada en la alta montaña y los aludes determinaron la clausura de la ruta internacional.
- Junio 1997: Una serie sucesiva de temporales de nieve determina acumulación de hasta 4 metros de altura en la frontera. Por la cantidad acumulada a la fecha se espera que el invierno de 1997 sea semejante al de 1987 y 1982.

## **2. 2. Análisis de las situaciones sinópticas asociadas a los fenómenos extremos**

El evento del 19/5/87 se produce por la presencia de un sistema de baja presión en el nivel de 500 hPa, reflejado en superficie, y ubicado al oeste de la Cordillera Central frente a la región central de la República de Chile. Una situación semejante se registró el día 25/5/87.

Situaciones meteorológicas parecidas a la mencionada en el párrafo anterior se produjeron en los meses de junio, agosto, setiembre y principios de octubre de 1997, ocasionando temporales de nieve en la Cordillera Central.

En la mayor parte del período comprendido entre los meses de mayo y octubre de años con eventos cálidos ENOS se presentan anomalías negativas de alturas hisométricas no sólo en los niveles de 500 hPa sino también en los de 700 y 300 hPa. Las anomalías se ubican sobre el Océano Pacífico en un área comprendida entre los 26 y 55 grados de latitud sur y los 80 y 130 grados de longitud oeste (*Climate Diagnostic Bulletin*, 1992; 1993; 1997).

### 2. 3. Análisis pluviométrico

Del análisis pluviométrico de la estación Las Aguaditas (que es una zona de transición entre el régimen pluviométrico invernal de la Cordillera Central y el régimen estival de la precordillera y el Llano) se deduce que, en la mayoría de los meses del año, el máximo de precipitación se ha dado en ocasiones de eventos cálidos ENOS, especialmente en el período invernal.

La figura 6 muestra los años de máximos maximorum de precipitación media mensual.

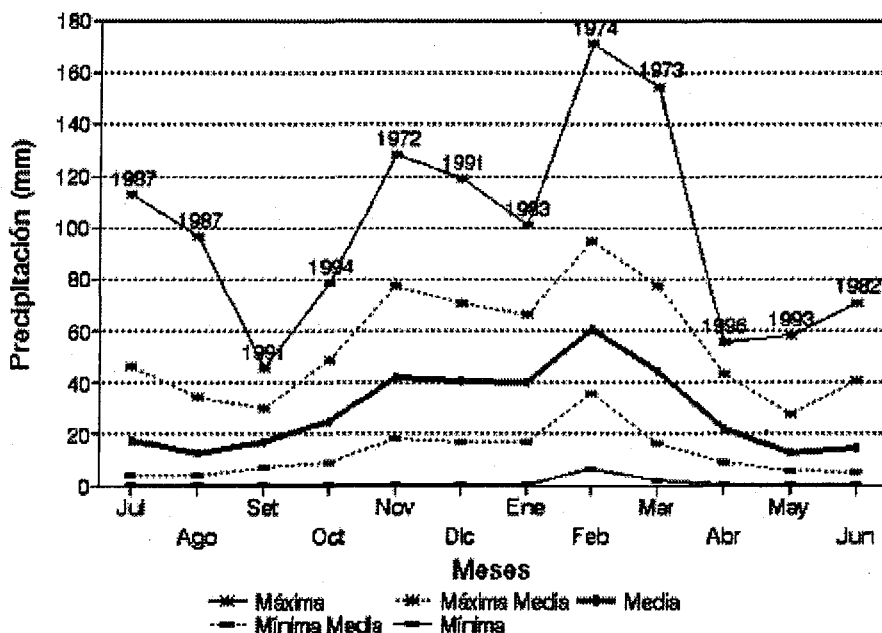


Fig. 6 - Distribución Mensual de las precipitaciones Medias y Extremas, Las Aguaditas - Período 1972-1997.

### 2. 4. Análisis hidrometeorológico

El análisis de la serie de caudales totales mensuales de diferentes ríos de la provincia de Mendoza, muestra que en la mayoría de los casos en que se registra un evento cálido ENOS hay un incremento significativo en los caudales.

Todos ellos presentan máximos en el período estival, preferentemente en el mes de enero. Por la similitud de esos comportamientos y, para los fines del trabajo, se ha seleccionado el río Mendoza, que suministra agua para riego, consumo y energía hidroeléctrica a uno de los núcleos poblacionales más importantes de la región.

En todos los casos se observa que el máximo en los caudales aparece en el período estival inmediato al exceso de precipitación invernal producido por el correspondiente evento cálido ENOS.

La figura 7 muestra la distribución mensual de caudales correspondiente a la estación Cacheuta del río Mendoza en los períodos estivales posteriores a los eventos cálidos ENOS de 1982-1983 (veranos 1982-1983, 1983-1984) y de 1986-1987 (verano 1987-1988); y de casos NO ENOS (veranos 1970-1971, 1980-1981, 1990-1991).

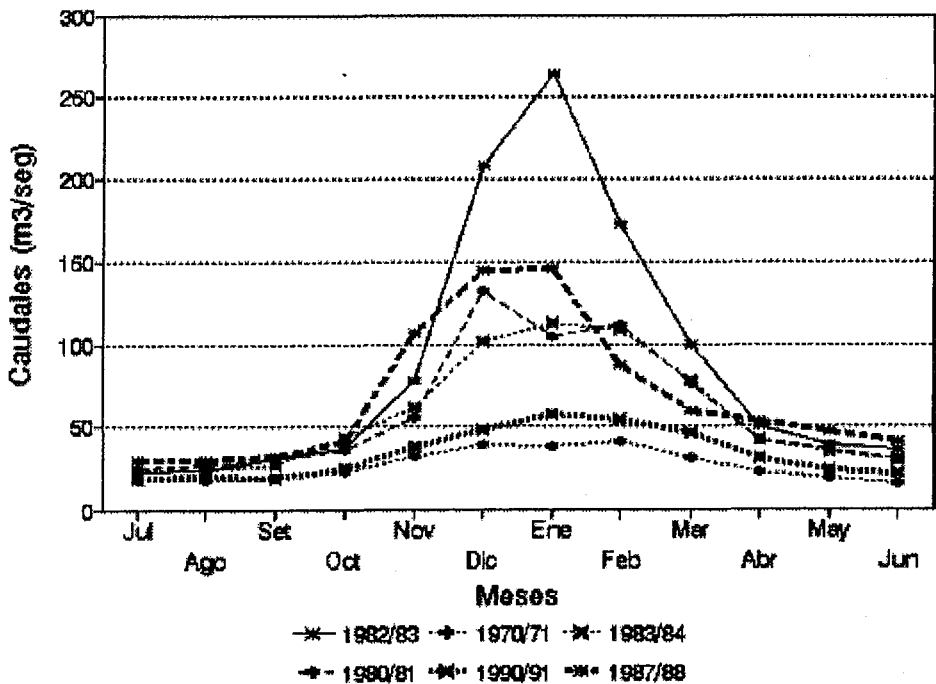


Fig. 7 - Distribución Mensual de Caudales – río Mendoza en Cacheuta.

La figura 8 compara la distribución media anual de caudales en toda la serie; la distribución media anual del caudal en años con eventos cálidos ENOS y la distribución media anual en el resto de los casos.

En la figura 9 se compara la distribución anual de caudales de dos afluentes del río Mendoza (río Cuevas y río Tupungato) en la estación Punta de Vacas ( $32^{\circ}55'S$ ,  $70^{\circ}19'O$ , 2 250 m.s.n.m.) con el caudal anual en Cacheuta. El análisis corresponde a los meses de enero del período 1957/1996. Se observa un máximo, preferentemente en los eneros posteriores al evento cálido correspondiente.



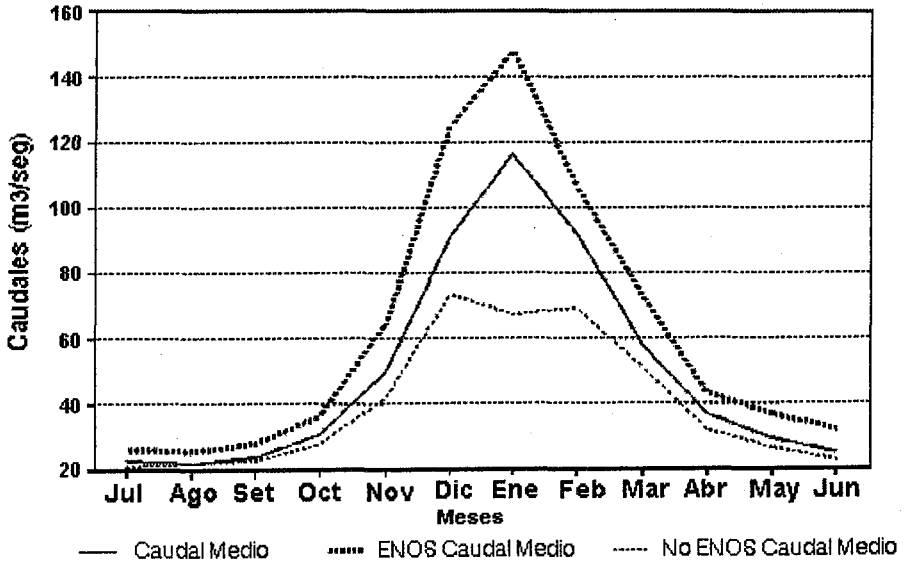


Fig. 8 - Distribución Mensual de Caudales Medios – río Mendoza en Cacheuta.

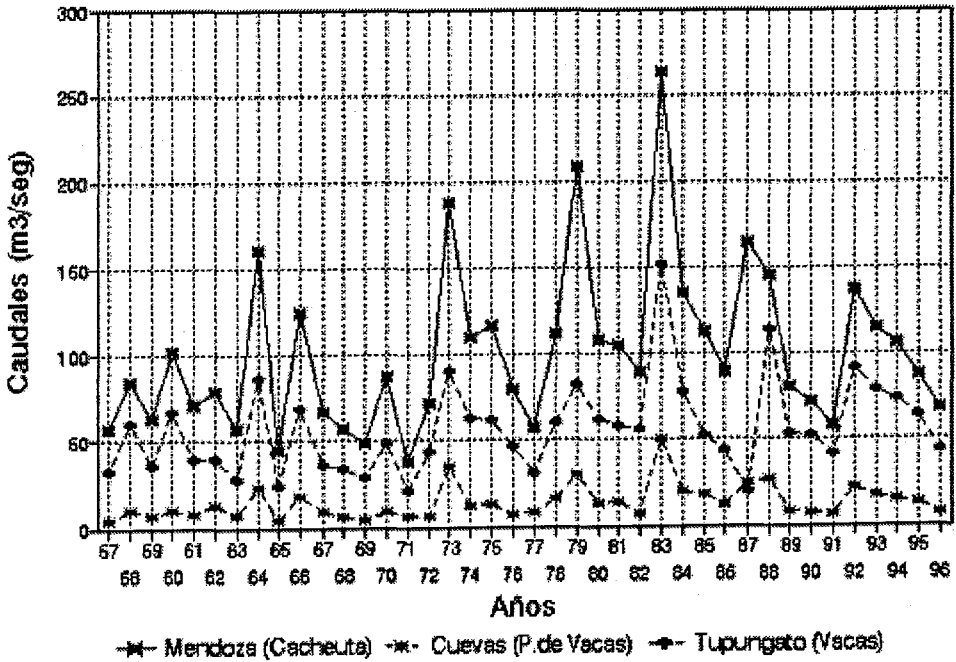


Fig. 9 - Distribución Anual de Caudales – ríos Mendoza, Cuevas y Tupungato. Mes de enero, período 1957-1996.

Se destaca como caudal máximo maximorum de la serie el valor asociado con el primer año del evento cálido de 1982-1983, considerado (hasta 1997) como el más intenso del siglo (Philander, 1983).

### 3. CONCLUSIONES

A partir de los acontecimientos meteorológicos seleccionados para identificar lo que sucede en años de eventos cálidos ENOS, se concluye que:

- Hay una tendencia a ocurrencia de precipitaciones superiores al promedio normal en el área cordillerana en la época invernal (Compagnucci, 1989).
- El principal impacto en el régimen hídrico está dado por el aumento de los caudales producido por la anomalía positiva de precipitaciones invernales.
- Las mayores precipitaciones en la cordillera obedecen a una alta frecuencia de pasajes de centros de baja presión y vaguadas de onda larga por latitudes más bajas que lo normal. Esto determina una anomalía negativa en el campo de presión de superficie y en las capas medias de la atmósfera.
- Se registran en el año de evento cálido ENOS de tres a cuatro temporales de nieve intensos en el sector de la Cordillera de los Andes correspondiente a la provincia de Mendoza.
- La falta de información en la Cordillera del Límite respecto de la variabilidad térmica impide establecer la relación posible entre la velocidad de fusión de la nieve y la onda de crecida de los ríos de la región.

### Agradecimientos

Al Dr. Luis Fornero del Instituto Nacional de Ciencia y Técnica Hídrica, Regional Mendoza por facilitar la información hidrológica necesaria; al Analista de Sistemas Sr. Martín Silva por el apoyo en los aspectos informáticos de este trabajo; al Sr. Julio Cristaldo por su colaboración en la elaboración de datos sinópticos y climáticos.

### Referencias citadas

- COMPAGNUCCI, R., 1988 - Climatología sinóptica de las precipitaciones en Cuyo, 212-223, Tesis Doctoral. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires; Buenos Aires, Argentina.
- PHILANDER, S.G., 1983 - El Niño Southern Oscillation phenomena. *Nature*, Vol. **302**: 295-301.
- QUINN, W.H. et al., 1989 - *The historical records of El Niño events*: 40-52; College of Oceanography. Oregon State University, Corvallis, Oregon, Estados Unidos.
- CLIMATE DIAGNOSTIC BULLETIN, 1992 - *Climate Prediction Center*: 60-66; Camps Springs, Maryland: Vernon E. Kousky ed., National Weather Service - National Centers for Environmental Prediction.
- CLIMATE DIAGNOSTIC BULLETIN, 1993 - *Climate Prediction Center*: 680-75; Camps Springs, Maryland: Vernon E. Kousky ed., National Weather Service - National Centers for Environmental Prediction..
- CLIMATE DIAGNOSTIC BULLETIN, 1997 - *Climate Prediction Center*: 74-80; Camps Springs, Maryland: Vernon E. Kousky ed., National Weather Service - National Centers for Environmental Prediction.