

# COMPORTAMIENTO ESPACIO-TEMPORAL DE LAS SEQUÍAS EN LA REGIÓN DEL NOROESTE ARGENTINO

MARÍA ELVIRA BOBBA (\*)

JUAN L. MINETTI (\*\*)

## Resumen

Se han estudiado las intensidades de las sequías climáticas con el tiempo para el Noroeste Argentino. Las mismas han sido definidas como un apartamiento negativo de la mediana y fueron clasificadas de acuerdo con un criterio de partición decílica. Veintidós localidades con información pluviométrica han sido analizadas en la región, que ha sido dividida para el estudio en tres subregiones: a) llano del este, b) piedemonte y c) valles intermontanos. Como la región posee una marcada estación seca durante el invierno del hemisferio sur, el análisis se realizó en dos períodos, el lluvioso durante el semestre ONDEFM (más variable) y el seco en los meses de AMJJAS (menos variable). Del análisis surge que las sequías más intensas durante los años 1930-87, fueron las correspondientes a los años 1934-35, 1937-38 y 1971-72, pertenecientes al primer período. Siguiendo un criterio morfológico se detectó que la zona pedemontana es la más sensible al fenómeno. También se analizaron las coincidencias temporales de rachas secas de 1, 2, 3 y 4 meses consecutivos por mes y año.

## Abstract

The intensities of the climatic droughts have been studied through the time in the Argentinean Northwest. The same ones have been defined as a negative

---

\* Dpto. de Geografía. Facultad de Filosofía y Letras Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.

\*\* CONICET. Dpto. de Geografía. Facultad de Filosofía y Letras. Universidad Nacional de Tucumán. Argentina.

apartment of the median and their intensities have been classified according to decilica partition. Twenty-two localities with monthly pluviometric information were distributed in an uneven region by the orography. This region has been divided for the study in three sub-regions: a) plain of the east, b) foot hill zone, and c) intermountain valleys.

As the region possesses a marked dry season during the winter of the south hemisphere, the analysis was carried out in two periods, the rainy one during the semester ONDEFM (more variable) and the dry one in the months of AMJJAS (less variable). From this analysis arises that the most intense droughts during the years 1930-87 were those that correspond to the years 1934-35, 1937-38 and 1971-72, belonging to the first period. Using a morfologic criterion it was detected that the foot hill area is the most sensitive to the phenomenon. Also the temporary coincidences of dry runs of consecutive months 1, 2, 3 and 4 were analyzed in month and year.

## Introducción

El clima representa un aspecto muy importante para las actividades económicas del hombre, especialmente para la agricultura, ya que la producción está en gran parte en función de las variaciones de los factores del clima, dentro de los cuales el pluviométrico ocupa un lugar sobresaliente.

La cantidad y la época en que se producen las precipitaciones presentan pronunciadas variaciones temporales en los climas continentales, lo que trae para el sector agrícola complicaciones operativas de diversa magnitud. Cuando éstas variaciones constituyen mermas con respecto a la normal, estamos frente a períodos de sequías de diferente intensidad y duración (Buendía Carrera, 1980).

La investigación, en nuestro país, sobre este tema fue enfocada desde diversos puntos de vista. Casos individuales fueron abordados en 1962 por Malaka y Nuñez (1987) tratando de explicar al fenómeno por anomalías de la circulación atmosférica; Alessandro y Lichtenstein,

(1996) trataron la sequía invernal de 1995 de la misma manera. El espacio geográfico afectado por estos sucesos fue considerado por Ravelo y Rotundo (1987), Rodríguez de Lucero (1978) y Vaca (1997). Otros trabajos apuntan a las posibles conexiones entre el fenómeno y las condiciones físicas de los océanos, como los de Jagsich (1936), Minetti y Sierra (1989), Lucero y Rodríguez (1991) y Vargas et al (1999).

Reuniones nacionales e internacionales realizadas en nuestro país, revelan la preocupación del sector científico por estos eventos, tales como la Primera Jornada del Agua y el Futuro Regional de Mendoza en 1973 y el Taller Argentino- Estadounidense "La Sequía y el Hombre" realizado en Mar del Plata en diciembre de 1978, entre otras.

La intensidad de una sequía puede estar expresada por: 1º) la mayor desviación por debajo de la mediana de la variable precipitación, 2º) la prolongación del evento a través del tiempo (persistencia), y 3º) la extensión del espacio geográfico afectado.

La componente morfológica en el NOA es muy importante, y a grandes rasgos se pueden distinguir, un área montañosa hacia el Oeste, hacia el Este la llanura oriental o Chaqueña y, entre ambas, una zona pedemontana. Una topografía tan variada en la región, produce fuertes contrastes pluviométricos en mesoescala y éstos parecerían regular la respuesta espacial del evento seco. (Minetti y Bobba, 1998).

Por lo tanto, este trabajo se propone:

1. Determinar los períodos de sequía de mayor intensidad en la región del NOA.
2. Establecer la relación entre la distribución espacial y el comportamiento temporal del fenómeno.
3. Estimar el grado de influencia que ejerce la topografía sobre la distribución espacio-temporal del evento.

## Datos y métodos

Se utilizaron los datos pluviométricos de 22 localidades que se encuentran ubicadas en la llanura, piedemonte y cuencas intermontanas, correspondientes al período 1930-1987. La mayor parte fue proporcionada por el Servicio Meteorológico Nacional y de otras instituciones oficiales y privadas, concentradas y tratadas en el Laboratorio Climatológico Sudamericano de la Fundación Caldenius, sede NOAA. Un esquema de la topografía de la región se ve en la **Figura 1**. La red utilizada y la división morfológica del territorio se ven en la **Figura 2**.

Se usa la partición decílica (Spigel, 1969) como medida de la calificación de anomalías de precipitación. Esta distribución es agrupada, para un mejor manejo de los datos, en las siguientes categorías, según se observa en la **tabla I**:

**Tabla I: Categorías y su correspondiente rango decílico.**

Categorías	Partición decílica
0	$X_i < o = \text{al } D1$
1	$D1 > X_i < o = D2$
2	$D2 > X_i < o = D4$
3	$D4 > X_i < o = D6$
4	$D6 > X_i < o = D8$
5	$D8 > X_i < o = D9$
6	$D9 > X_i < o = D10$

De las cuales se toman sólo los valores que se encuentran dentro de las categorías 0, 1 y 2, con la denominación de:

### 0: Precipitación "Extremadamente Inferior a lo Normal".

### 1: Precipitación "Muy Inferior a lo Normal".

### 2: Precipitación "Inferior a lo Normal".

Se computaron los casos mensuales por año de las categorías citadas, observándose la distribución temporal del fenómeno. En los meses secos invernales, cuando los casos con precipitación nula son frecuentes, se tomó el criterio de agrupar estos casos en la categoría "Extremadamente Inferior a lo Normal". Para subsanar este problema, se realiza una nueva distribución temporal, tomando en cuenta solamente el período lluvioso (octubre a marzo).

Se dividió a la región en tres áreas: valles intermontanos, piedemonte y llanura. Para su delimitación se siguió, entre la primera y la segunda, un criterio altimétrico (la curva de nivel de 1000 m snm). A pesar de ello, las localidades que se encuentran por debajo de este nivel encerradas en valles o cuencas intermontanas a sotavento de la primera divisoria de agua, se las incorporó al primer grupo. Entre la segunda y la tercer área se tomó un criterio pluviométrico (la isoyeta de 600 mm anuales), debido a que se observa, hacia el Oeste, un aumento de las precipitaciones a partir de esa isoyeta, motivada por la presencia del borde montañoso.

Para comprobar el diferente comportamiento del evento por área, se extrajeron los casos, en que las localidades involucradas en cada una de ellas eran afectadas por cualquiera de las categorías consideradas (0, 1 o 2), en un 70% o más del total de estaciones (establecido esto como condición para ser considerada relevante desde el punto de vista areal). Para lo cual se consideró los doce meses para cada año del período en estudio. A lo que se reconocerá bajo la denominación de **coincidencias** de sequía. Por ejemplo, en el área pedemontana, en el año 1948, como mínimo un 70% de las localidades consideradas dentro de la misma, presentaron 9 meses (de los 12) casos de sequía que pertenecían a las categorías 0, 1 o 2; es decir 9 coincidencias de sequía.



Se trazaron isoclinas de intensidad de cuatro casos seleccionados de sequías anuales. Para dar explicación a la distribución espacio - temporal de las precipitaciones, se utilizó al método de Lund (1969) modificado por Minetti y Sierra (1989) tomando los datos de 135 estaciones pluviométricas en el período 1941-1989.

## Resultados y discusión

### Aspectos generales de la serie temporal.

En la **Figura 3** se computaron los casos de sequías por intensidad (0,1 y 2) para obtener el total de ocurrencia regional, por año. Se puede ver que:

- Los años secos se presentan intercalados o separados por otros más húmedos, excepto los años 1935,1936 y 1937, en que se presentaron consecutivos (persistencia).
- Se observa una menor ocurrencia del fenómeno, a partir de la sequía de 1955.
- Ajustando una tendencia con un polinomio de sexto grado al total de las categorías, período 1930-1987, se observan dos períodos con tendencia creciente, una al comienzo de la década de los años 30 y la otra a fines de la década de 1950; a partir de 1985, comenzaría otro ciclo seco para la región, lo que concuerda con los resultados de investigaciones realizadas por Minetti y Sierra (1984) y más recientes por Minetti y Acuña (1997). "En Argentina se registró entre las décadas de 1950-60 un "salto climático" positivo en las precipitaciones y a partir de la sequía de 1988-89 a la fecha se observa una progresiva tendencia al decrecimiento de las precipitaciones en varias regiones del país, que incluyen al Noroeste argentino (NOA)". (Minetti y Acuña, 1997).

La **Figura 4** muestra la distribución de las categorías para el período lluvioso. En ella se observa que:

- En ningún año está ausente la categoría cero, lo que quiere decir que alguna localidad, de las consideradas, presentó un valor mensual de precipitaciones con características negativas excepcionales.
- La categoría cero, supera a las otras dos categorías con 20 casos o más, en los años 1934/35, 1937/38, 1971/72, lo cual revela la intensidad extrema de las mismas.
- Teniendo en cuenta los totales, se destacan los períodos correspondientes a 1936/37 y 1974/75, diferenciándose ambos en que en el primero fue el epicentro de un grupo de seis años, en cambio, el segundo aparece aislado.
- Posterior al período 1974-75 se puede ver una ocurrencia decreciente del evento, con un indicio de aumento, expresado por la categoría cero, en 1986/87. Dos agrupaciones temporales del fenómeno se destacan: los correspondientes a las décadas del 30 y del 60, el primer grupo conforma un conjunto de sequías de mayor intensidad que el segundo.

### Análisis espacio-temporal

En la **Figura 5** se observan casos coincidentes de sequía, para las regiones mostradas en la Figura 2. En ella se puede ver que:

- En los años reconocidos como secos se nota que, por lo menos, en dos de las tres áreas consideradas hay un aumento de coincidencias.
- En las situaciones extremas de sequías ésta tiende a homogeneizarse desde el punto de vista espacial.
- El fenómeno está presente en casi la totalidad de los años considerados pero presentando diferencias en lo referente a su homogeneidad espacial.

- La llanura es el área que presenta la mayor cantidad de casos en que no alcanza el porcentaje preestablecido de localidades afectadas por año (9 casos), seguida por el de valles intermontanos (5 casos). De esto se infiere que la llanura es menos afectada por los sucesos de sequía, seguida por la de valles intermontanos.
- El piedemonte es la región que observa más casos coincidentes, superando a las otras áreas (22 casos), de lo que se deduce que es la más sensible al evento seco, debido a que se trata de una zona húmeda inserta dentro de otra mayor, semiárida. La región del NOA, se encuentra dentro de la Diagonal Arida Sudamericana, conformando un eslabón que conecta el desierto costero del Perú y Norte de Chile con el desierto de Cuyo y Patagonia Extrandina (Bruniard,1986). La presencia de un oasis orográfico inserto en una zona semiárida, sufriría los vaivenes de las fluctuaciones climáticas estacional e interanual de aquellos. Durante los periodos lluviosos la zona húmeda avanza hacia la llanura más seca, mientras que en los secos los lóbulos lluviosos se retraen hacia la montaña (Minetti,1975).
- En el año 1948, en el área pedemontana, nueve meses alcanzaron el porcentaje establecido (del 70%, de localidades con precipitaciones debajo de lo normal) para que el evento seco sea considerado importante desde el punto de vista espacial.
- En el año 1940 ninguna de las áreas tuvo sequías destacadas desde el punto de vista espacial.

Las **tablas II y III** muestran la cantidad de rachas secas de diversas longitudes por áreas morfológicas, de acuerdo al comportamiento de la sumatoria de las categorías (0,1 y 2) para los meses del año. Se analizan por separado a los periodos, seco y lluvioso.

**Tabla II. Estación Lluviosa: Áreas y cantidad de rachas en meses de duración.**

RACHAS (DURACION EN MESES)	MONTAÑA	PIEDEMON.	LLANURA
1	41	45	40
2	4	7	4
3	-----	3	1
4	-----	1	-----

La **tabla II** muestra que las rachas de un mes se presentan levemente superiores en el Piedemonte a las de las áreas laterales, diferencia que se acentúa a partir de las superiores a dos meses consecutivos.

**Tabla III. Estación Seca: Áreas y rachas en cantidad de meses de duración.**

RACHAS. (DURACIÓN EN MESES)	MONTAÑA	PIEDEMON.	LLANURA
1	← 31	35	43
2	11	9	10
3	7 →	6	2
4	3	1	-----
5	-----	1	-----
6	2	1	-----

En la **tabla III**, se ve que los casos de rachas de un mes aumentan hacia el llano. La situación se equilibra en los casos de dos meses consecutivos, pero a partir de rachas iguales o superiores a tres meses, el fenómeno se corre espacialmente hacia la montaña. De lo que se infiere que:



- En la llanura son más comunes los casos de rachas cortas de un mes de duración.
- Los casos con eventos consecutivos de mayor duración temporal, son característicos de la montaña y el piedemonte.

La **Figura 6** presenta a los casos de coincidencia, por meses del año y áreas durante 1930/1987. Se observa que:

- En el mes de febrero se ve una disminución de coincidencias espacio-temporales del fenómeno, infiriéndose que en el mismo son mayores las probabilidades de que se corten las rachas secas para las tres áreas.
- La mayor cantidad de coincidencias se da en el mes de agosto, destacándose las áreas de montaña y piedemonte. En cambio, en la llanura, se presentaría en forma menos intensa.
- Siguiendo la división de los meses del año en períodos lluvioso y seco, el segundo tiene un comportamiento más homogéneo, aumentando hacia final del mismo las coincidencias del fenómeno. En junio se observa una disminución de coincidencias, lo que podría explicarse por la abundante nubosidad estratiforme y lloviznas frecuentes en este mes para la región, durante el cual, también, se produce la mayor cantidad de Sudestadas fuertes en la R. Argentina (Celemín, 1984). En cambio, en el período lluvioso, se observa mayor variabilidad, siendo diciembre el mes de mayor cantidad de coincidencias en las áreas de montaña y piedemonte. Esto es concordante con las condiciones atmosféricas típicas de invierno y verano. La hegemonía espacio-temporal del período seco está asegurada, en la estación invernal, por el traslado de los anticiclones subtropicales hacia latitudes más bajas y la contribución radiativa del continente que tiende a estabilizar termodinámicamente las masas de aire. En cambio en el período lluvioso, la interacción entre la depresión del Noroeste Argentino y el anticiclón del océano Atlántico sur determina la llegada de una mayor cantidad de vapor

determina la llegada de una mayor cantidad de vapor de agua a la región, lo que sumado al calentamiento de la masa continental e inestabilidad termodinámica, propiciarían la ruptura de la homogeneidad espacio temporal de las sequías estacionales.

### **Análisis espacial de las sequías anuales**

La **Figura 7** muestra el análisis espacial de cuatro sequías seleccionadas sobre la base a su intensidad anual y a su distribución espacial. En ellas puede verse que el fenómeno adopta distribuciones diferentes.

Con el objeto de explicar ésta distribución espacial se aplicó la metodología de discriminación de Lund (1969) para sectorizar áreas homogéneas de comportamiento espacio temporal de precipitaciones, lo que se muestra en la **Figura 8**. En ella se observan a 8 tipos de regímenes diferentes:

En el área pedemontana, a barlovento de los vientos húmedos de componente Este, domina *el tipo 1*. Esto se ve sobre el Este de la cadena del Aconquija (provincia de Tucumán), sierras Cresta de Gallo y Maíz Gordo (provincia de Jujuy), y más al Norte al Este de las de Sta. Victoria, Orán y Tartagal (provincia de Salta).

*El tipo 2* ubicado en la zona pedemontana del Norte de Salta, se introduce por el valle del río San Francisco (provincia de Salta). *El tipo 7* aparece en las cuencas serranas cerradas y un *tipo 4* en los valles húmedos de Jujuy y Salta. *El tipo 5* se hace presente en la quebrada de Humahuaca (provincia de Jujuy).

*Los tipos 3 y 8* son los que se desarrollan totalmente en la llanura, *el 6* participa pero, penetra en el valle del río Juramento (provincia de Salta).

De esto se infiere una importante influencia topográfica en la distribución de los tipos encontrados.

Comparando los mapas anuales de isointensidad de las sequías de los años: 1937, 1948, 1955 y 1967; mostrados en la **Figura 7**, con los resultados obtenidos de la **Figura 8**, se ve que:

- La sequía de 1937 es un ejemplo de evento generalizado en el espacio, abriéndose hacia el SSE. Esta es más intensa dentro de los tipos 1 y 2.
- En la sequía de 1948 se observa con relación al primer caso, que ocupa menos superficie y se intensifica hacia el NNE, penetrando hacia los valles que presentan libre acceso a la circulación de aire por el Este. Esta sequía coincide principalmente con los tipos 8, 6 y 3, que dominan en la llanura.
- En la sequía de 1955 se nota un sector más intenso centrado en la llanura, tipos 6 y 3, afectando menos al tipo 1. Se observa que no son anexadas las zonas correspondientes a la quebrada de Humahuaca (provincia de Jujuy) y los valles de Jujuy, Salta y La Rioja.
- La sequía de 1967 es más intensa en las quebradas y valles del centro y norte de la región, abriéndose paso por el valle del río Juramento (provincia de Salta), también se ubica en el centro este de la provincia de Santiago del Estero, tomando un aspecto general de diagonal en sentido NO-SE. La misma se desarrolla sobre las regiones de los tipos 5, 7, 4, 6 y 3.

### Conclusiones

1. Las sequías más intensas en el NOA, observadas en el período húmedo en estudio, fueron las de 1934-35, 1937-38, 1971-72.
2. En las situaciones de sequías intensas tiende a homogeneizarse el fenómeno desde el punto de vista espacial, sin importar los aspectos geomorfológicos.

3. El piedemonte es el área más sensible al evento seco, debido a que se trata de una zona de transición ubicada entre la selva higrófila y la Diagonal Arida Sudamericana.
4. En la llanura son más comunes los casos de rachas cortas de un mes de duración. Los casos con eventos consecutivos de mayor duración temporal, son característicos de la montaña y el piedemonte.
5. En el mes de febrero se observa una disminución de coincidencias espacio-temporal del fenómeno (inhomogeneidad) con lo que se deduce que éste mes es clave en el corte de las rachas secas para las tres áreas.
6. El período seco tiene un comportamiento más homogéneo, en lo referente a ocurrencia espacio-temporal del fenómeno de sequía, que el lluvioso.
7. En el período lluvioso, se observa mayor variabilidad, siendo diciembre el mes de mayor cantidad de coincidencias del evento, en las áreas de montaña y piedemonte.
8. En los cuatro casos analizados de sequías anuales, se observa una importante influencia topográfica en la distribución espacial de las sequías. En estas predomina una organización en sentido meridiano, siguiendo el lineamiento general de la topografía de la región (fenómenos de meso-escala).

### Agradecimientos

Los autores expresan especial agradecimiento al Laboratorio Climatológico Sudamericano de la Fundación Carl C. Zon Caldenius, por haber facilitado los datos y uso de programas propios que hicieron posible este trabajo. A los Ings. Luis de la Zerda y Domingo Sfer por su colaboración computacional y al Ing. Horacio L. Madariaga por la realización del trabajo cartográfico.







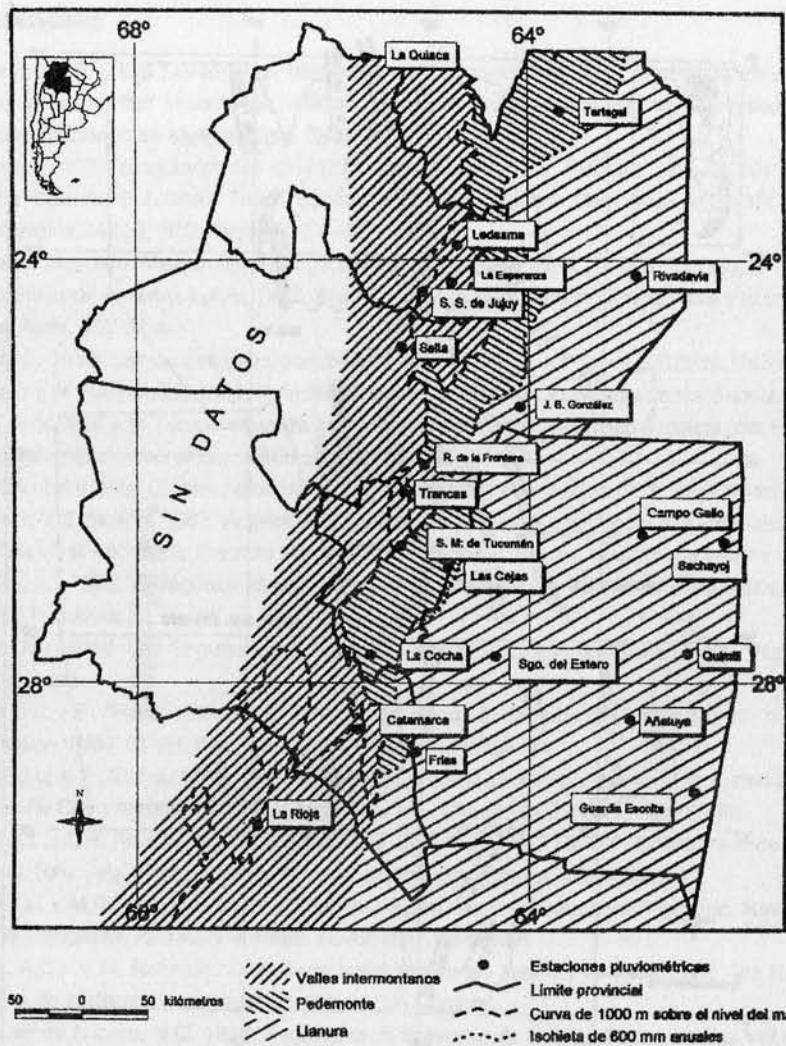


Fig. 2: Distribución de las estaciones pluviométricas según áreas morfológicas en la región del Noroeste Argentino.

Cartografía base: Atlas Total de la República Argentina (1982)

Elaboración: Ing. Horacio Madariaga - Laboratorio de Cartografía Digital - Instituto de Estudios Geográficos de la UNT

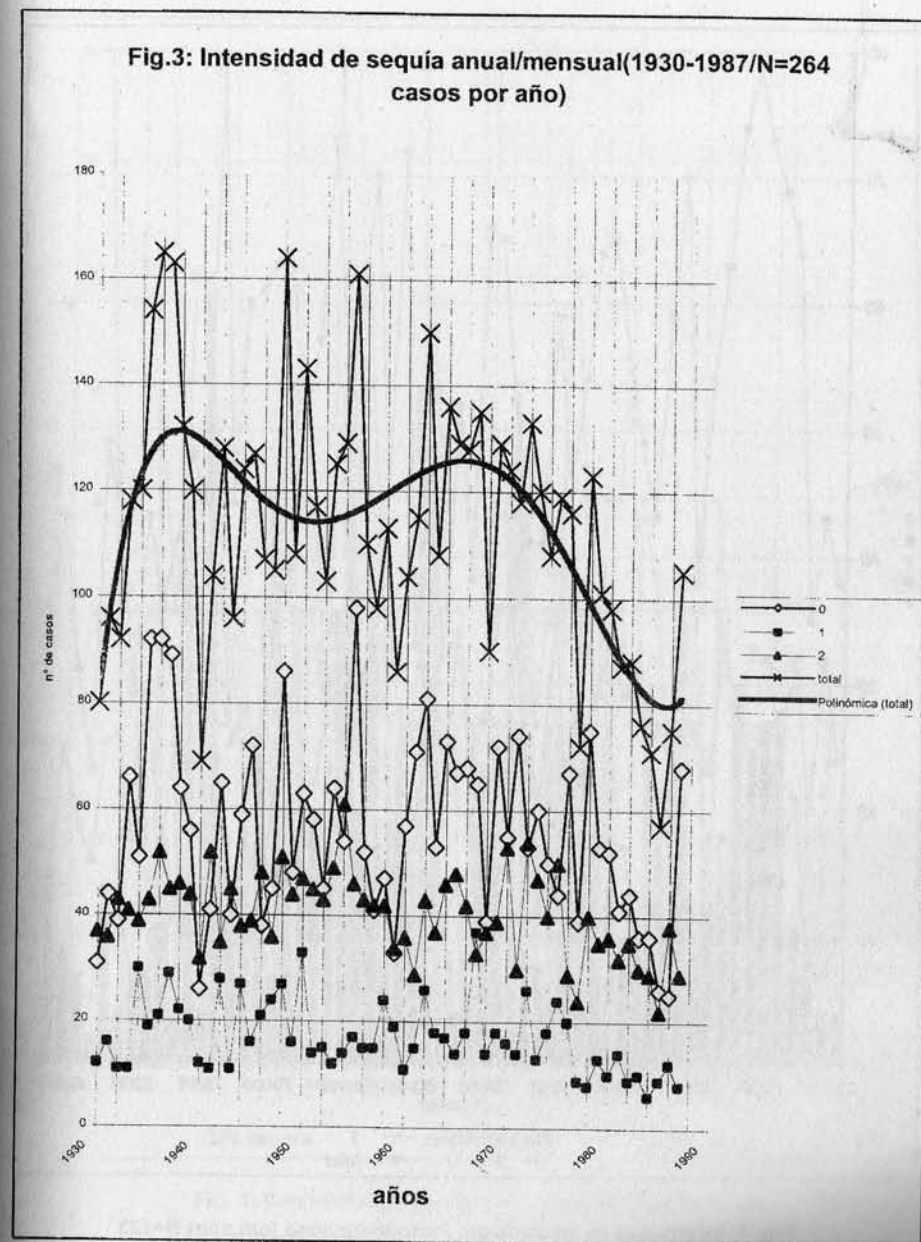


Fig.3: Intensidad de sequía anual/mensual(1930-1987/N=264 casos por año)

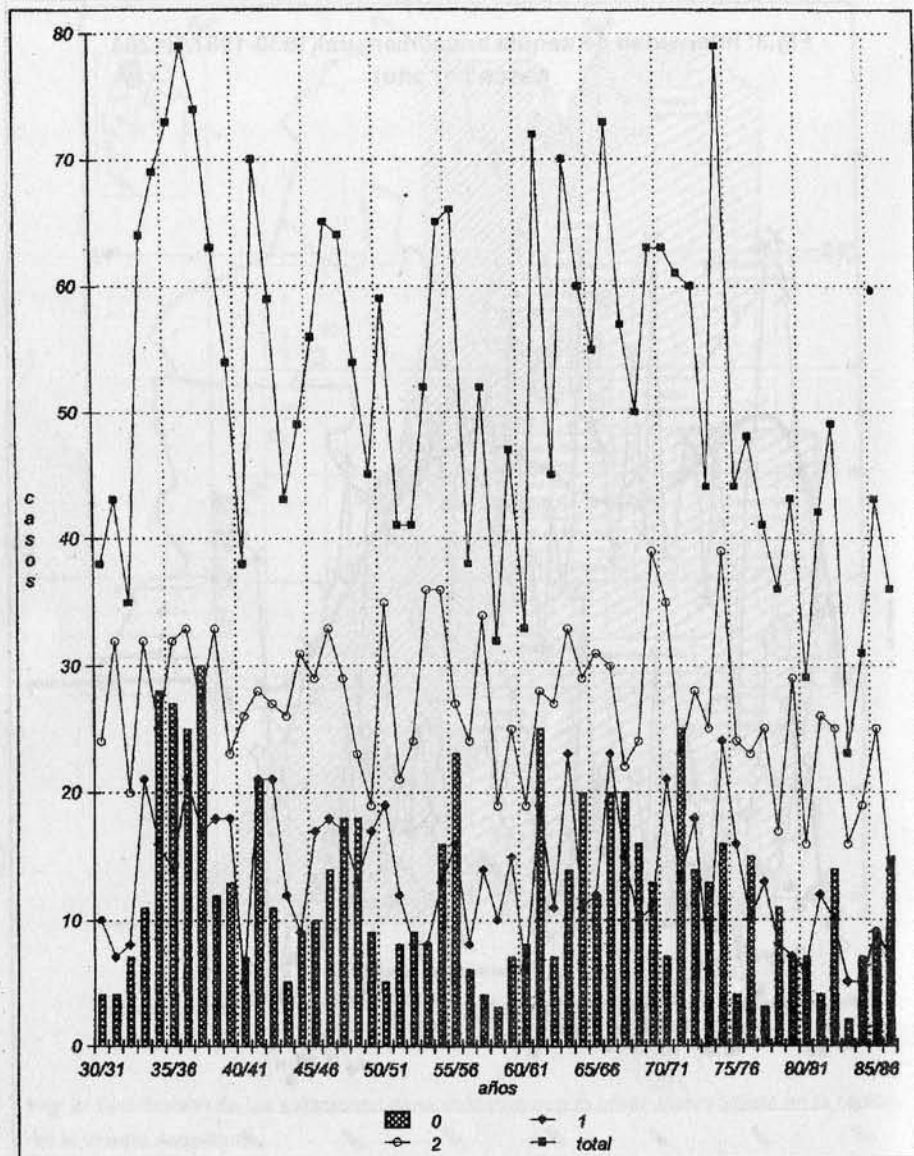


Fig. 4: Intensidad de las sequías. Período lluvioso (oct.mar) N=132

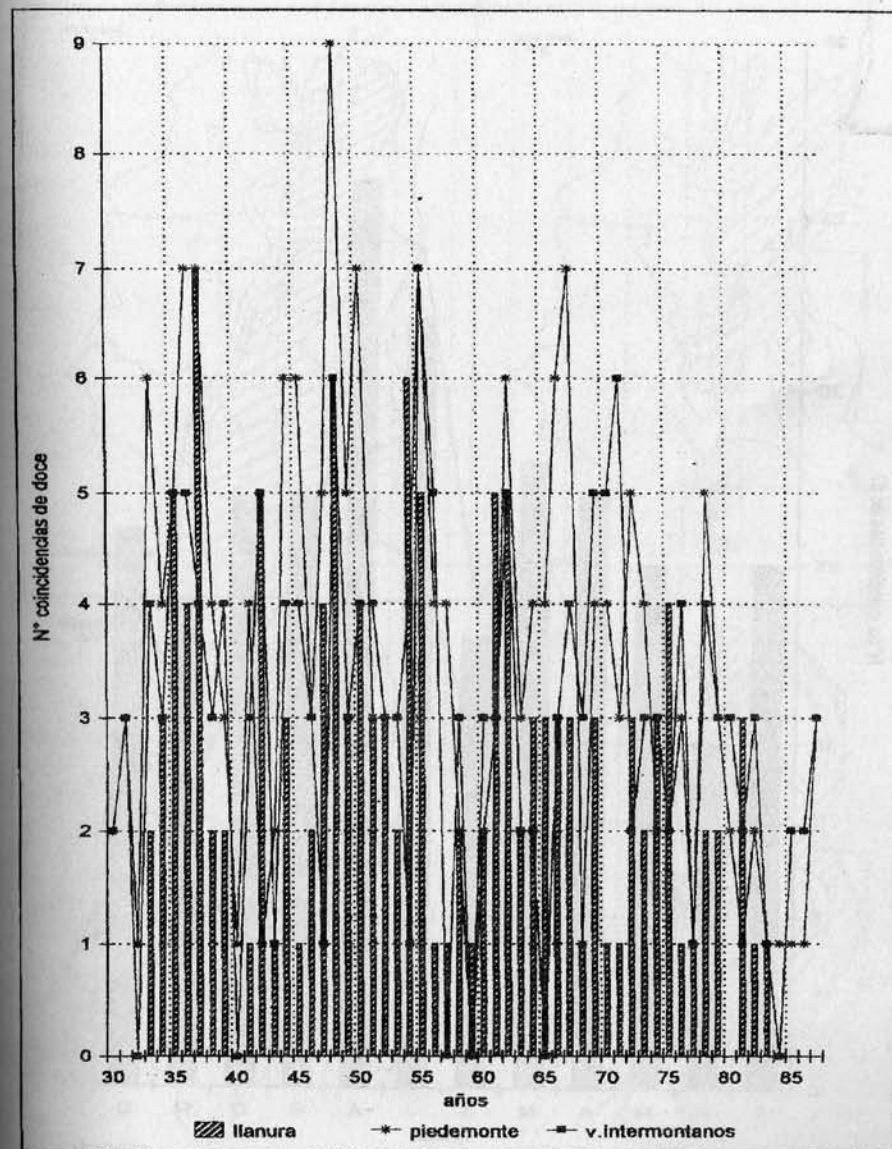


Fig. 5: Cantidad de coincidencias/año - De meses secos



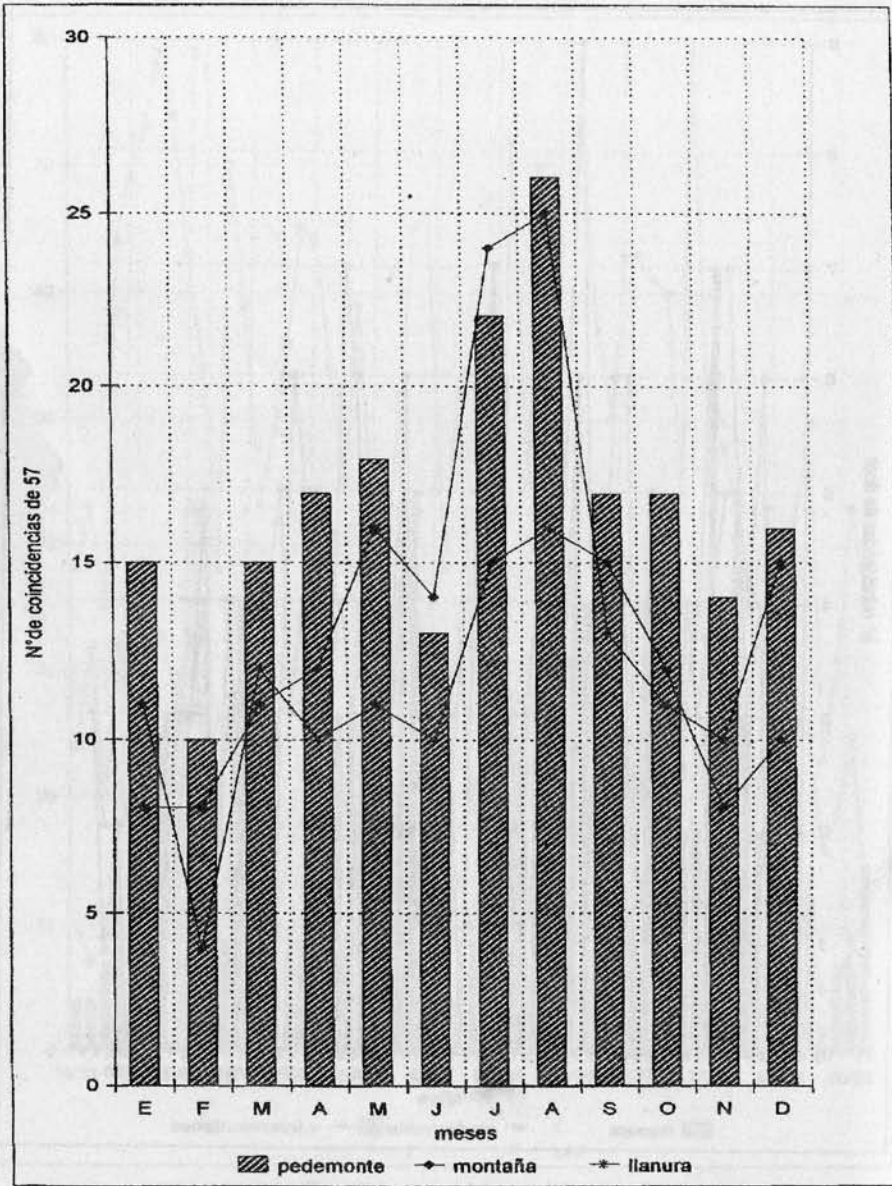


Fig. 6: Coincidencias por meses y áreas

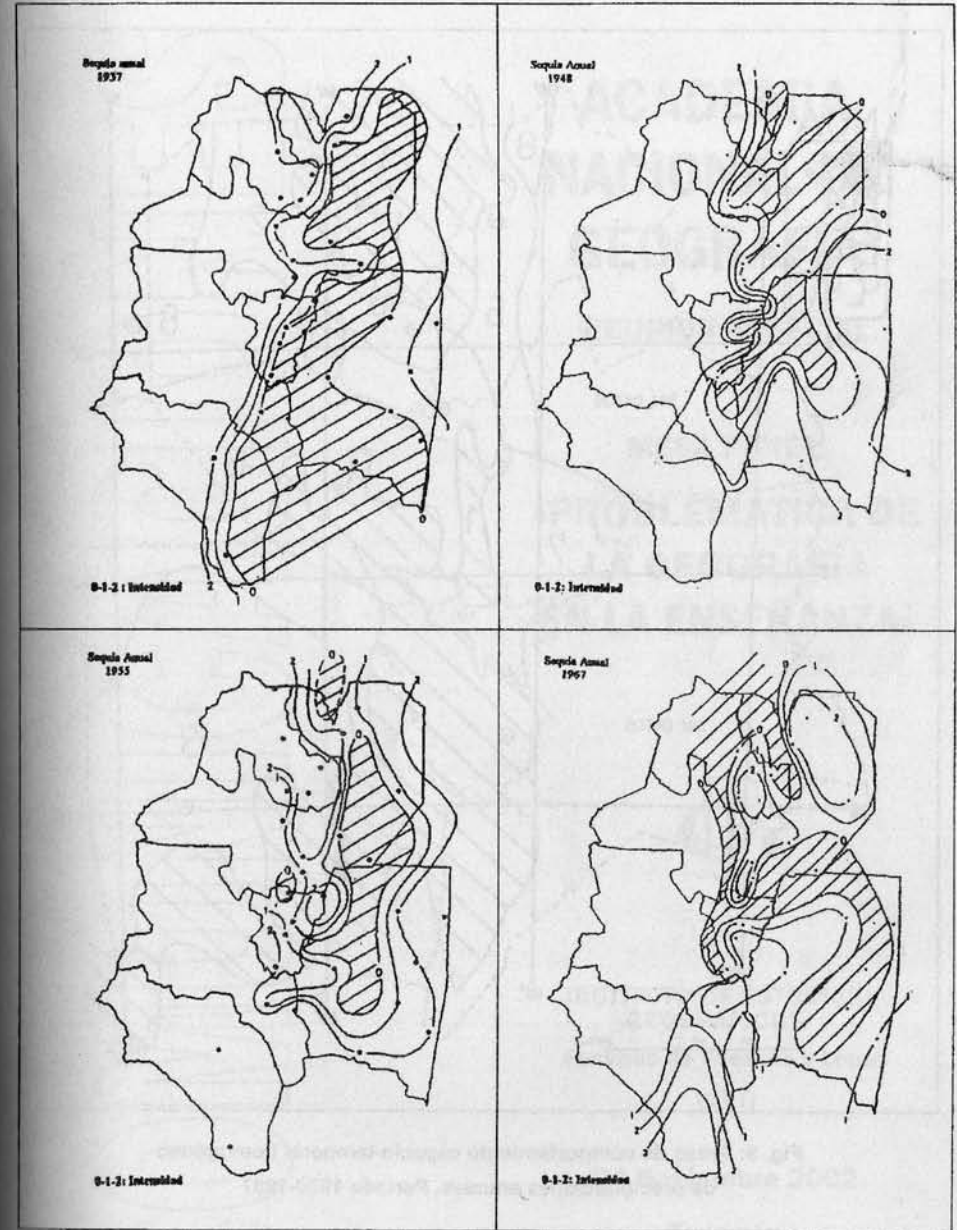


Fig. 7: Superficie afectada por sequías en años seleccionados.



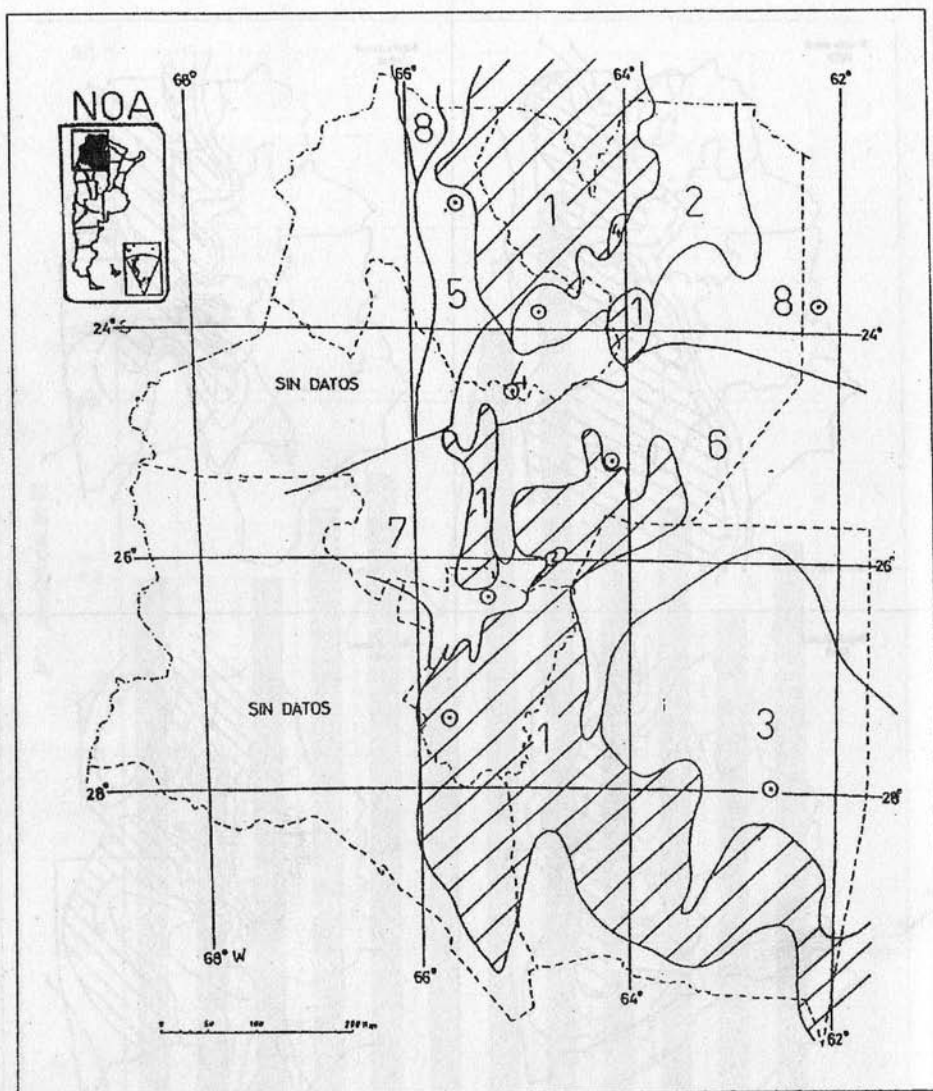


Fig. 8: Áreas de comportamiento espacio-temporal homogéneo de precipitaciones anuales. Periodo 1930-1987