

## **La variabilidad interanual de las precipitaciones y las condiciones de sequía en la provincia de Tucumán (R. Argentina)**

*César M. Lamelas\*, Jorge D. Forciniti\*\* y Lorena Soulé Gómez\*\*\**

La variabilidad temporal y espacial de las precipitaciones es la característica más destacada de este elemento climático. Esto significa, por un lado, que la cantidad de agua colectada en un sitio determinado varía año tras año y, por el otro, que en un mismo año la lluvia acumulada varía de un lugar a otro, aun tratándose de sitios cercanos entre sí.

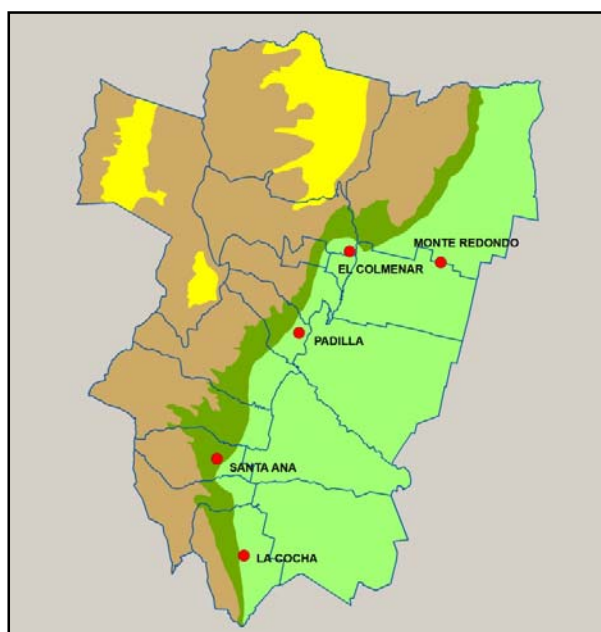
A su vez, esta variabilidad es la principal responsable de las fluctuaciones en los rendimientos de los cultivos y volúmenes de producción a escala regional. Además, influye de manera importante en la distribución territorial de los sistemas productivos agrícolas-ganaderos. En este sentido, cabe destacar que la expansión del área cultivada hacia el este de la provincia de Tucumán (R. Argentina) en la década del 70 fue posible gracias al incremento de las precipitaciones en toda la región, entre otras razones. En años recientes, con la implementación del uso del alcohol como combustible, se expandió el área cañera hacia el este y sureste de la provincia, zonas donde la variabilidad de las lluvias determina un mayor riesgo productivo.

La producción agrícola y sus industrias derivadas configuran componentes muy importantes de la economía de Tucumán, representando alrededor de la quinta parte del Producto Geográfico Bruto provincial. De allí entonces que las sequías, que pueden afectar la producción, tienen un significativo impacto socio-económico en la provincia. Precisamente es esto lo que ocurrió en las campañas 2011/12 y 2012/13.

*\*Ing. Agr., \*\*Tec. Prof., \*\*\*Ing. Zoot., Sección Agrometeorología, ([agrometeorologia@eeaoc.org.ar](mailto:agrometeorologia@eeaoc.org.ar))*

Conviene entonces analizar lo ocurrido con las lluvias a lo largo de un período extenso, prestando atención particularmente a los valores por debajo de la media o mediana (**sequía meteorológica**), para ver cómo han sido los procesos de ocurrencia de sequías en sitios considerados representativos de los principales agroecosistemas de la provincia. Además, se incluirá el análisis de la variabilidad de las deficiencias hídricas (**sequía agrícola**), como indicadores de la intensidad y frecuencia de ocurrencia de sequías en la región.

Se trabajó con las series de precipitaciones totales por campaña agrícola, esto es desde julio de un año hasta junio del año siguiente, del período 1916/1917 a 2012/2013, correspondientes a las localidades de El Colmenar, Padilla, Santa Ana, La Cocha y Monte Redondo. La Figura 1 muestra la ubicación de las localidades elegidas.



**Figura 1. Ubicación de las localidades utilizadas para el análisis de la variabilidad de las precipitaciones y deficiencias hídricas.**

Se calcularon los estadísticos más usuales en el tratamiento de series temporales, tales como la mediana (medida de posición central, considerada valor de referencia o normal), los desvíos desde la normal (indicadores de la variabilidad

interanual) y la media móvil de cinco años (que suaviza la serie y permite visualizar los ciclos). Por otra parte, se generaron los correspondientes balances hidrológicos, de los cuales se seleccionaron las deficiencias hídricas totales por campaña, que fueron tratadas del mismo modo que la serie de lluvias.

### Sequía meteorológica – Variabilidad de las precipitaciones

En la Tabla 1 se muestra, para las cinco localidades elegidas, la frecuencia de ocurrencia de precipitaciones por debajo de la mediana, calificadas como N- (normal menos); IN (inferior a la normal); MIN (muy inferior a la normal) y EIN (extremadamente inferior a la normal), contrastando los períodos 1916/1960 y 1961/2013.

Tabla 1. Frecuencia de anomalías negativas de precipitaciones en los períodos 1916-1960 y 1961-2013, para las localidades seleccionadas.

<b>El Colmenar</b>	N-	IN	MIN	EIN	Total	%
<b>1916-1960</b>	5	14	7	6	32	66,7
<b>1961-2013</b>	4	5	3	4	16	33,3

<b>Monte Redondo</b>	N-	IN	MIN	EIN	Total	%
<b>1916-1960</b>	5	11	7	6	29	60,4
<b>1961-2013</b>	4	8	3	4	19	39,6

<b>La Cocha</b>	N-	IN	MIN	EIN	Total	%
<b>1916-1960</b>	6	9	7	5	27	56,3
<b>1961-2013</b>	3	10	3	5	21	43,8

<b>Padilla</b>	N-	IN	MIN	EIN	Total	%
<b>1916-1960</b>	5	15	9	7	36	75,0
<b>1961-2013</b>	4	4	1	3	12	25,0

<b>Santa Ana</b>	N-	IN	MIN	EIN	Total	%
<b>1916-1960</b>	2	15	8	8	33	68,8
<b>1961-2013</b>	7	4	2	2	15	31,3

N-: Normal (-), IN: Inferior a lo normal, MIN: Muy inferior a lo normal, EIN: Extremadamente inferior a lo normal.

Puede verse que, en los lugares evaluados, la frecuencia de lluvias por debajo de la normal fue mayor en el primer período y, en consecuencia, fue mayor el riesgo de que la producción resultase afectada por la sequía. En el segundo período, se evidenció una favorabilidad climática generalizada (menor frecuencia de ocurrencia de sequías). Sin embargo, también se verificaron diferencias importantes entre localidades. Así, Padilla fue la localidad con mayor favorabilidad climática en el período 1961/2013 (con solamente un 25% de casos con valores por debajo de la normal), mientras que Monte Redondo (con un 39,6% de casos) y La Cocha (con un 43,8%) fueron las de menor favorabilidad climática en dicho período.

Las Figuras 2 a 6 muestran la evolución de las lluvias a través de los años; las barras representan los desvíos respecto de la normal y las líneas representan la media móvil de cinco años. Se aprecia, de un modo general, que en todas las localidades hubo un largo período con predominio de años sucesivos con lluvias por debajo del valor normal, que abarcó desde el inicio de las series hasta mediados de las décadas de los 50, 60 o 70, de acuerdo a la zona o localidad de que se trate. Posteriormente, se aprecia el predominio de años sucesivos con lluvias por encima del valor de referencia, proceso que fue identificado como un salto climático.

Aún cuando exista un patrón general, cada zona tiene características particulares que es necesario describir en detalle, a fin de comprender cuál es el nivel de riesgo que representan las sequías para la producción.

Así, en El Colmenar se observa que, desde 1916/1917 hasta 1932/1933 (16 años), hubo cambios rápidos en el signo de las anomalías: es decir que se intercalaron algunos años secos con años lluviosos. Entre las campañas 1933/1934 y 1955/1956 (22 años), ocurrió el período seco más extenso para esta localidad, en el que se computaron 20 campañas con lluvias por debajo de la normal. A este, le siguió un primer ciclo húmedo que abarcó cinco campañas, desde 1956/1957 a 1960/1961. Desde 1961/1962 hasta 1971/1972 (10 años), se repitió un ciclo de cambios rápidos en el signo de las anomalías. Desde la campaña 1972/1973 hasta la 2007/2008 (35 años), se registraron 26 años con

lluvias por encima del valor de referencia, siendo este el período húmedo más extenso. Sin embargo, en ese mismo período se computaron ocho campañas secas, destacándose la 1988/1989, que fue una de las más intensas del siglo. De las últimas cinco campañas, tres fueron secas, siendo las 2011/2012 y 2012/2013 las más secas desde la campaña 1988/1989.

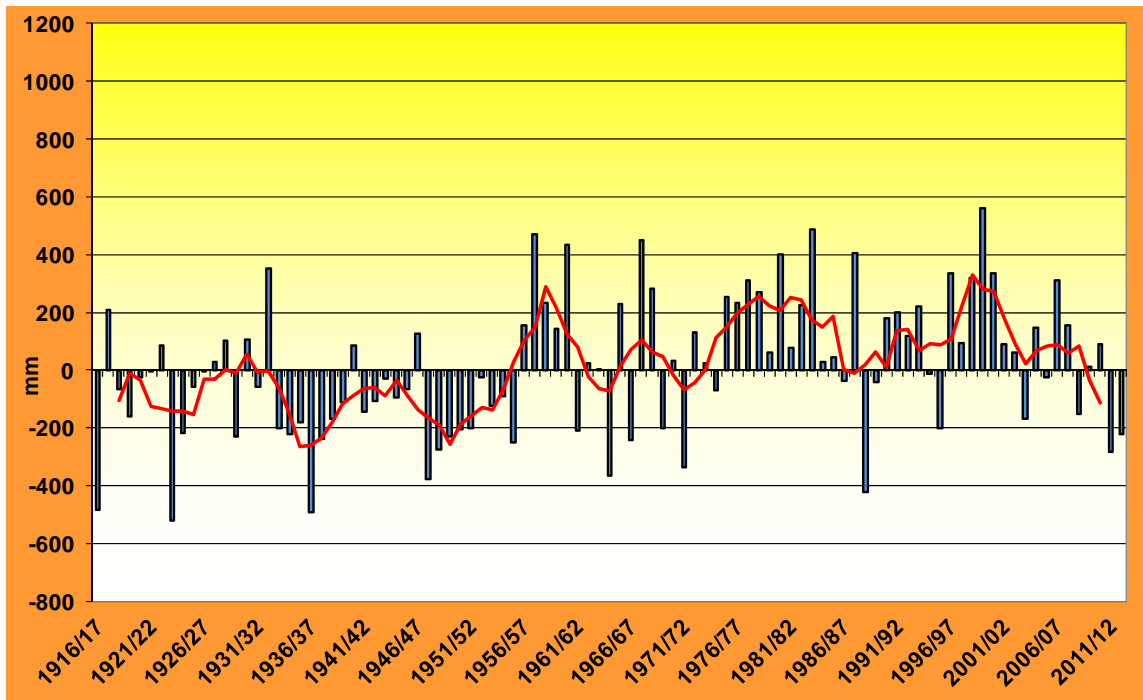
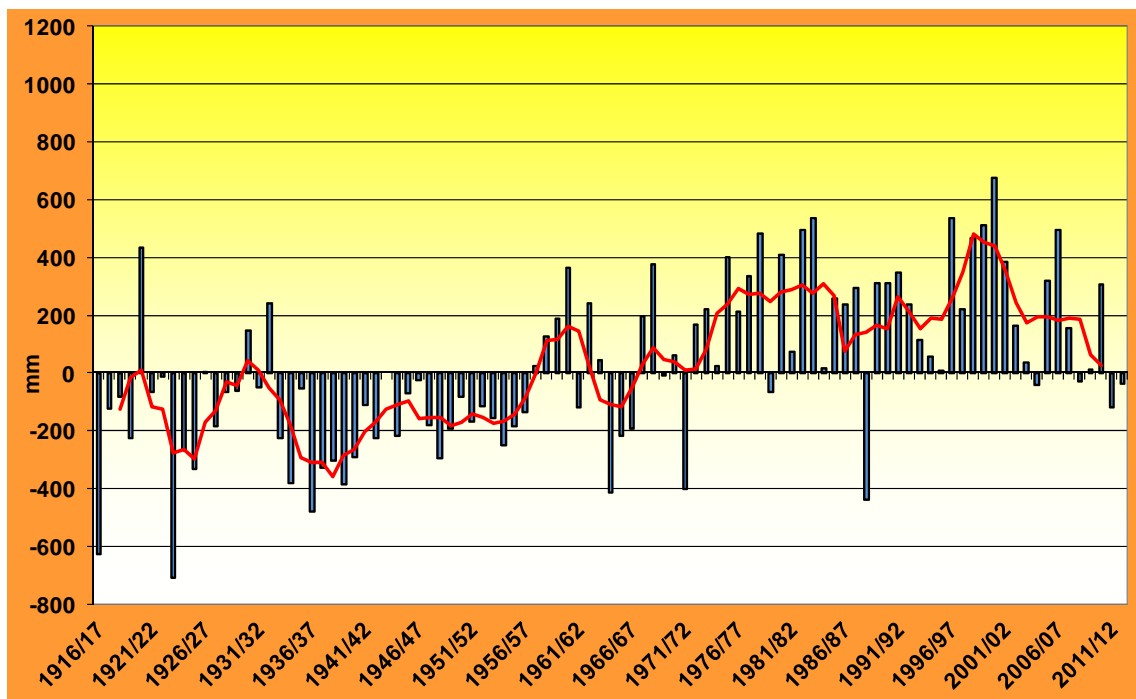


Figura 2. Desvíos de precipitaciones totales de campañas. El Colmenar: 1916/1917 a 2012/2013.

En la zona de Padilla, las diferencias entre el período seco y húmedo fueron más notorias. Se puede decir que el período seco abarcó desde 1916/1917 hasta 1956/1957, lo cual equivalió a casi 40 años secos. A esta situación, le siguieron un corto período húmedo de cuatro años y luego un período de cambios rápidos hasta 1971/1972. Desde 1972/1973 hasta la campaña 2010/2011, se registró el período húmedo más extenso, de 39 años, solamente interrumpido por un año seco importante, que fue 1988/1989. En las dos últimas campañas, si bien llovió menos que el valor de referencia, la diferencia no fue muy importante.



**Figura 3. Desvíos de precipitaciones totales de campañas. Padilla: 1916/1917 a 2012/2013.**

En Santa Ana, se observa un comportamiento de las precipitaciones similar al registrado en Padilla, con un muy prolongado período seco que abarcó desde el inicio de la serie 1916/1917 hasta 1949/1950 (35 años), en el que solamente tres años presentaron valores por encima del promedio. Esta localidad se destacó, en cambio, por la ocurrencia de un primer período muy lluvioso desde 1952/1953 hasta 1963/1964. Con posterioridad al mencionado período lluvioso, sobrevino el último período seco de la serie, que abarcó cinco años desde 1967/1968 hasta 1971/1972, siendo esta última la campaña más seca para esta localidad. Finalmente, desde 1972/1973 hasta 2010/2011 se registró el período húmedo más extendido de la serie (38 años), con algunas campañas secas. Las dos últimas campañas fueron secas, pero la faltante solo alcanzó al 10% en el peor de los casos.

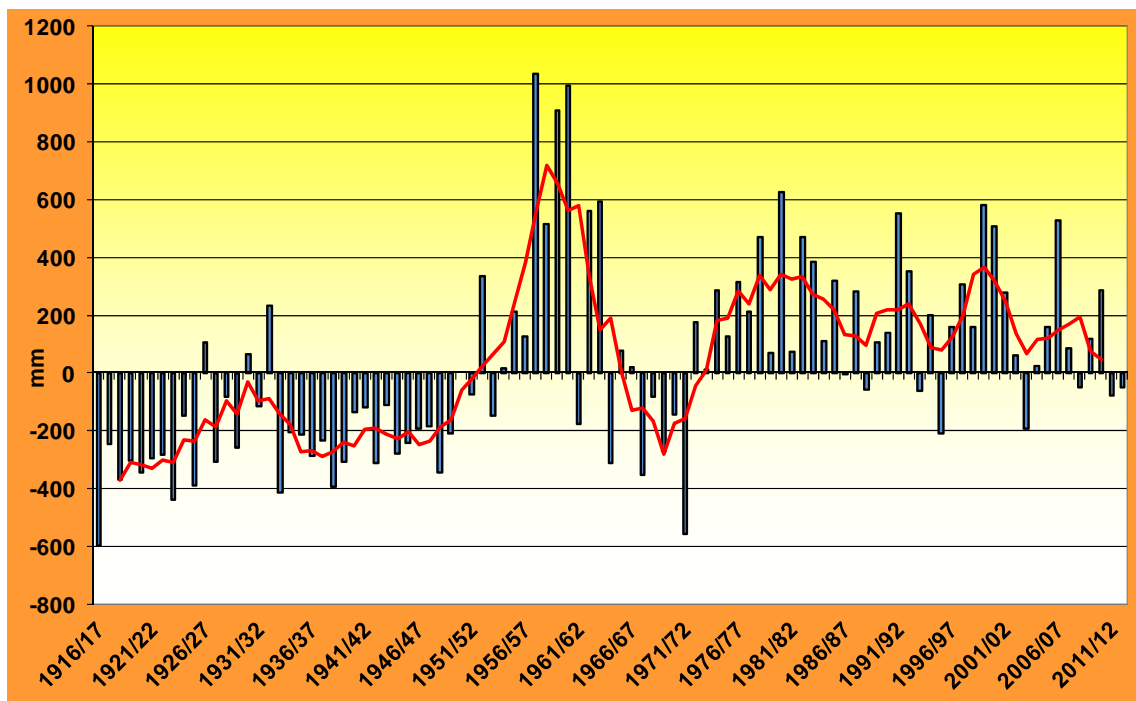
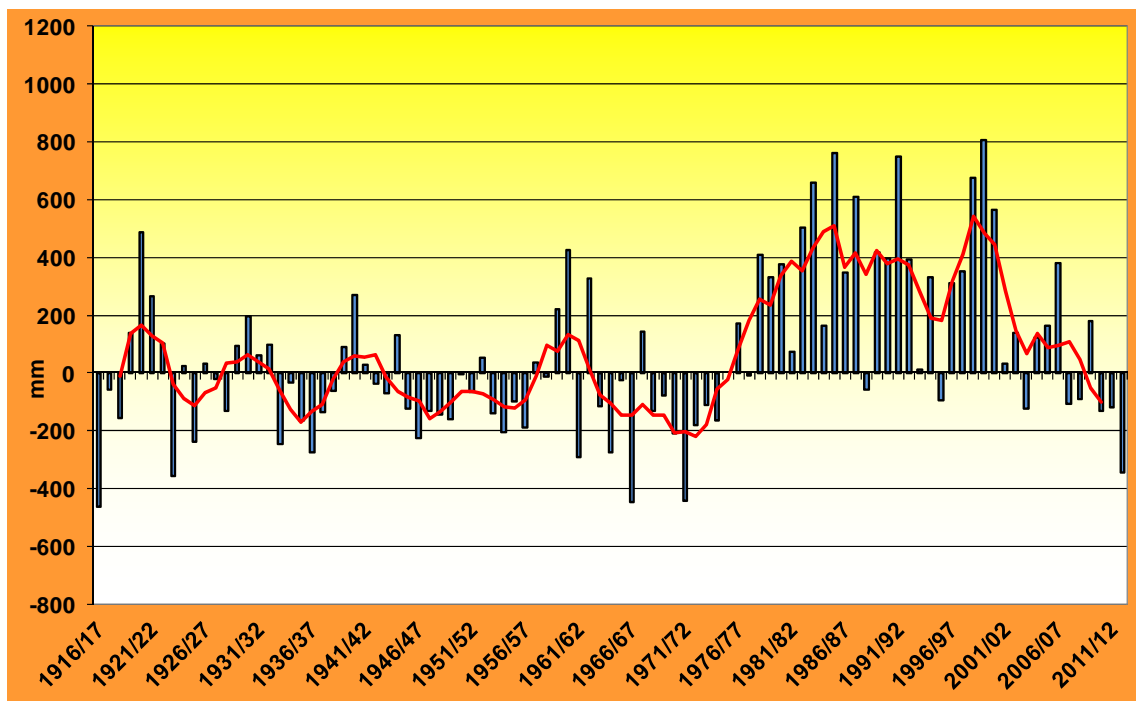


Figura 4. Desvíos de precipitaciones totales de campañas. Santa Ana: 1916/1917 a 2012/2013.

La situación de La Cocha también difirió de la del resto. En ella se aprecia que, desde el inicio de la serie 1916/1917 hasta comienzos de la década del 40, se alternaron períodos secos con períodos lluviosos. En la campaña 1942/1943, se inició el período seco más prolongado, que se extendió hasta 1974/1975 (32 años), con algunos años lluviosos aislados. Desde 1975/1976 hasta 2007/2008 (32 años), ocurrió el ciclo más lluvioso. Cabe consignar que, de las últimas seis campañas, cinco fueron secas, destacándose la 2012/2013 por ser la más seca desde 1971/1972 (es decir, la más seca de los últimos 41 años). La caída del nivel de lluvias para esta campaña fue del 46%.



**Figura 5. Desvíos de precipitaciones totales de campañas. La Cocha: 1916/1917 a 2012/2013.**

En Monte Redondo, desde 1916/1917 hasta prácticamente 1971/1972 (55 años) dominaron los años secos, abarcando un 73% de las campañas. La campaña más seca fue la 1936/1937, con una disminución de precipitaciones del orden del 68%. El período húmedo comenzó en 1972/1973 y se extendió -prácticamente sin interrupciones- hasta 1985/1986 (13 años), pero a diferencia de lo que aconteció en otras localidades, desde el año 1986/1987 hasta 2012/2013 (26 años) se apreció la ocurrencia de años secos, interrumpiendo la sucesión de años húmedos. Es así que, en dicho período, se computaron 12 años secos, lo que representa un 45% de los años. Esta situación involucró a las campañas 2011/2012 y 2012/2013, en las que se registraron faltas de lluvia del orden del 33% y del 44%, respectivamente. En este sentido, la campaña 2012/2013 fue más seca que la 1988/1989 y se debe retroceder hasta 1936/1937 (76 años) para encontrar una campaña más seca.



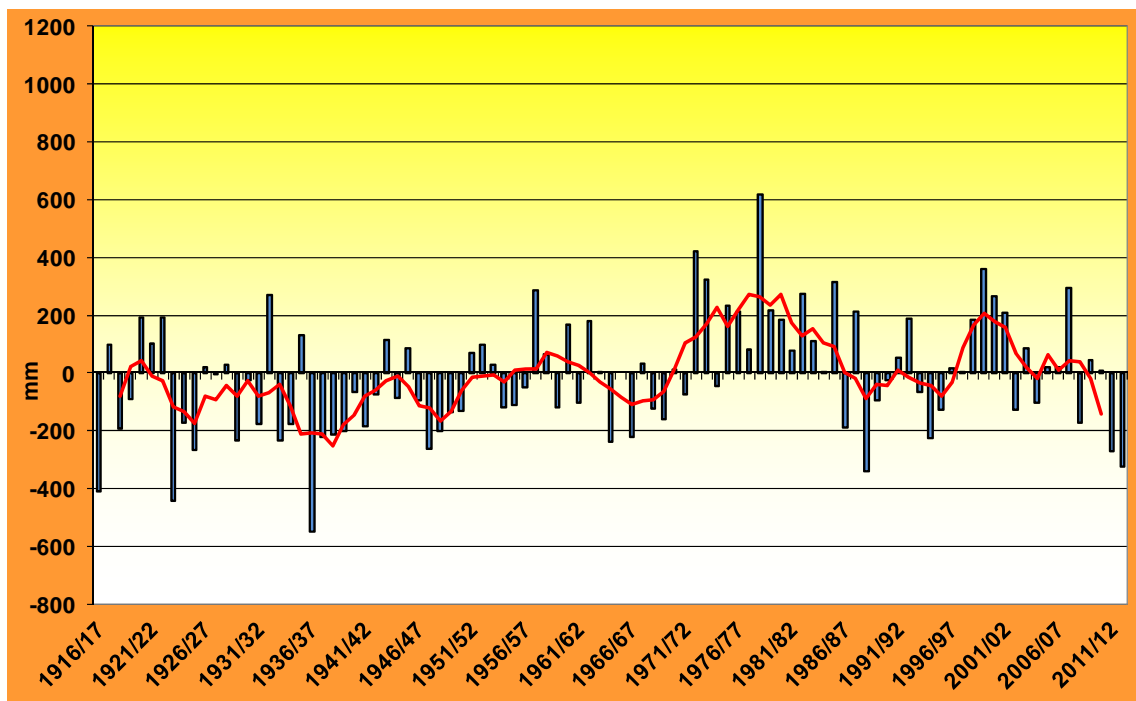


Figura 6. Desvíos de precipitaciones totales de campañas. Monte Redondo: 1916/1917 a 2012/2013.

### Sequía agronómica - Variabilidad de las deficiencias de agua

La deficiencia hídrica es una de las variables derivadas del balance hidrológico y ocurre cuando la cantidad de agua demandada, en función del tipo de cultivo y las condiciones meteorológicas, es mayor que la aportada por las lluvias y entregada por el suelo. Puede interpretarse como la cantidad de agua que se debería agregar al suelo para satisfacer la demanda potencial de agua.

Las Figuras 7 a 11 muestran las deficiencias hídricas totales por campaña. Las barras indican la intensidad de las deficiencias y la línea representa la media móvil; se agrega además una línea recta horizontal, que indica el valor normal (mediana) como elemento comparativo.

Puede verse, de un modo general, que las deficiencias de agua ocurrieron en todos los años considerados en todas las localidades evaluadas. Esta es una condición que se debe al régimen de lluvias monzónico, con un período seco desde abril a septiembre en el que el nivel de lluvias es inferior a la demanda de agua. También se ve que las deficiencias varían en intensidad año a año y esta es

una consecuencia directa de la variabilidad de las lluvias. Así, las deficiencias más intensas ocurren cuando la falta de lluvias coincide con el período húmedo del año (octubre a marzo), momento en el que además las temperaturas son más altas y la demanda de agua es mayor. En cambio, las deficiencias son menores que la normal cuando las lluvias son abundantes en el período cálido y generan un remanente de humedad que será utilizado en el período seco. Por otra parte, se puede apreciar la variabilidad espacial de sequías comparando la magnitud de las medianas de las diferentes localidades y el valor que adquieren las sequías extremas.

En este sentido, Padilla ha sido la localidad con menor intensidad de sequías (mediana de -74 mm) y no mostró tendencia a un aumento de esta intensidad en los últimos años: de las últimas seis campañas, solo una fue más seca que la normal. En Santa Ana, la intensidad normal de la sequía llegó a -116 mm, pero tampoco mostró tendencia a aumentar: en los últimos seis años, ningún registro superó a la normal. En El Colmenar, el valor mediano de la deficiencia total por campaña también fue bajo (-86 mm), pero en las últimas seis campañas se registraron cinco casos con deficiencias por encima de la normal.

La situación se modifica notoriamente cuando nos desplazamos hacia La Cocha, donde la deficiencia normal llegó a -246 mm. De los últimos seis años, cuatro presentaron deficiencias por encima de lo normal, siendo las campañas más secas la 2011/2012, con -392 mm MIN, y la 2012/2013 con 473 mm EIN. En Monte Redondo, la situación fue similar, con una mediana de -248 mm. También en las últimas seis campañas, se computaron cuatro más secas que la normal, llegando la 2011/2012 a ser calificada como MIN con -415 mm, y la 2012/2013 como EIN con -519 mm.

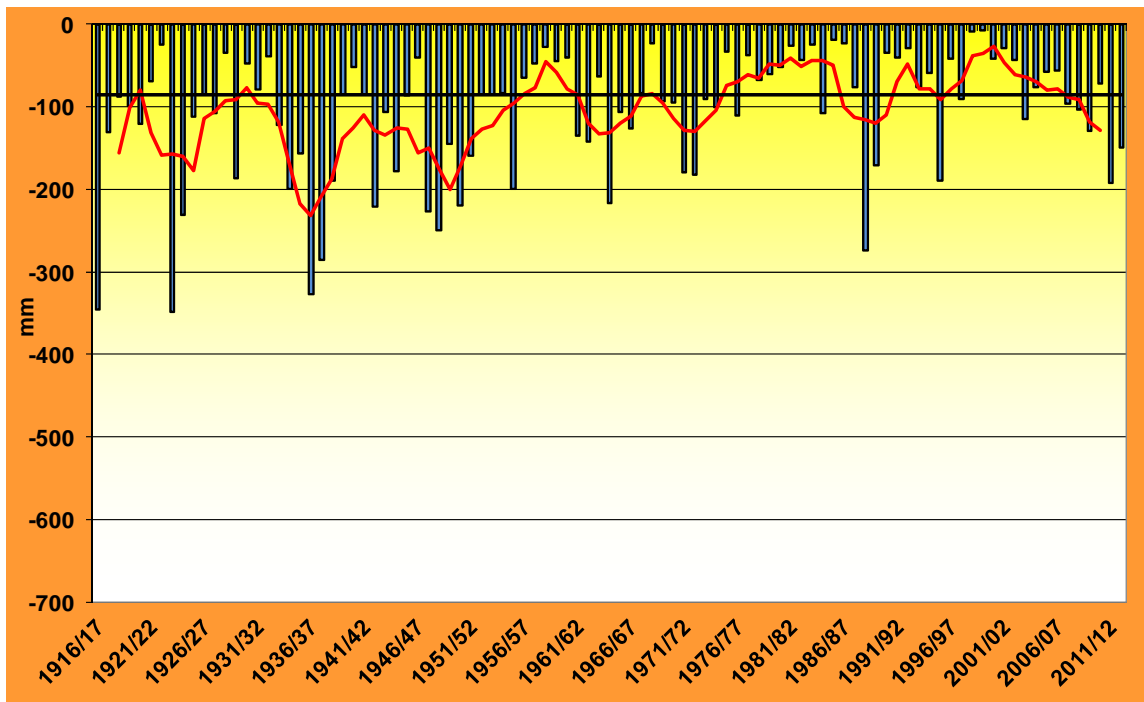


Figura 7. Deficiencias totales por campaña agrícola. El Colmenar: 1916/1917 a 2012/2013.

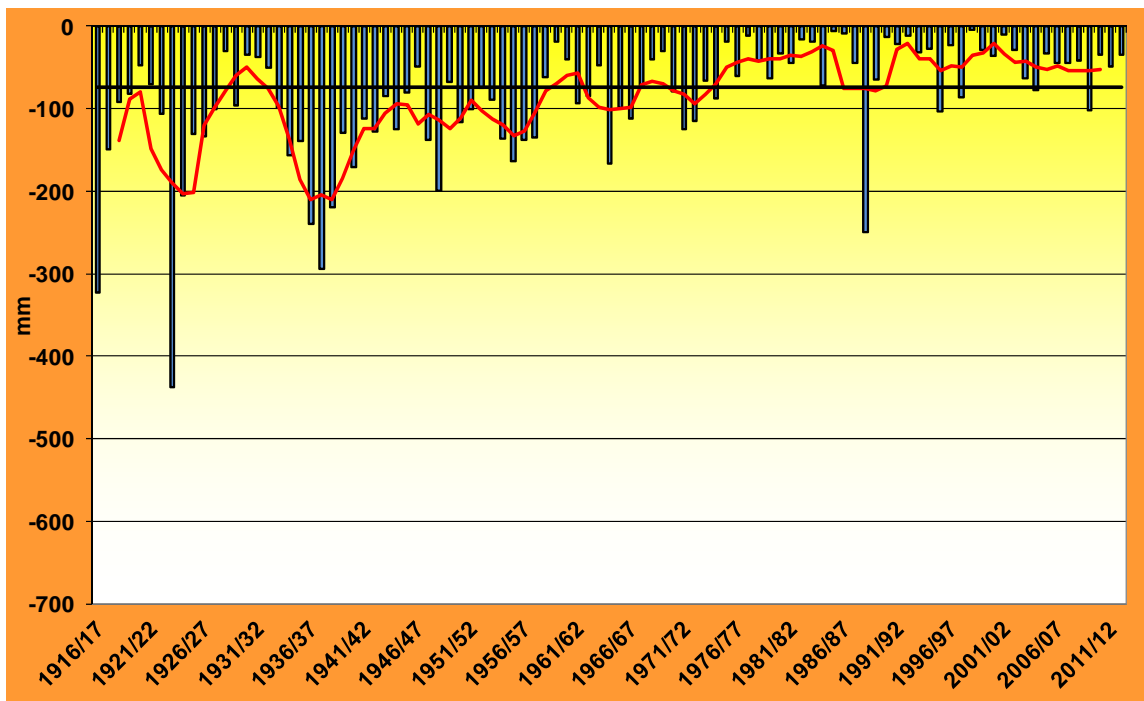


Figura 8. Deficiencias totales por campaña agrícola. Padilla: 1916/1917 a 2012/2013.

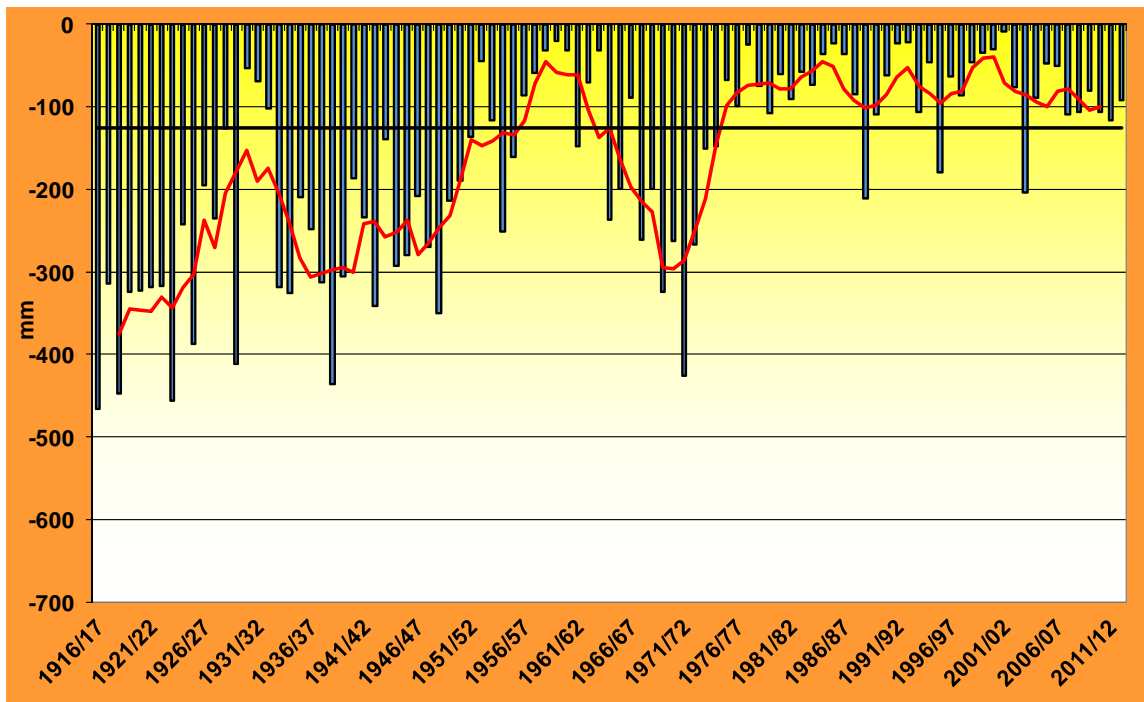


Figura 9. Deficiencias totales por campaña agrícola. Santa Ana: 1916/1917 a 2012/2013.

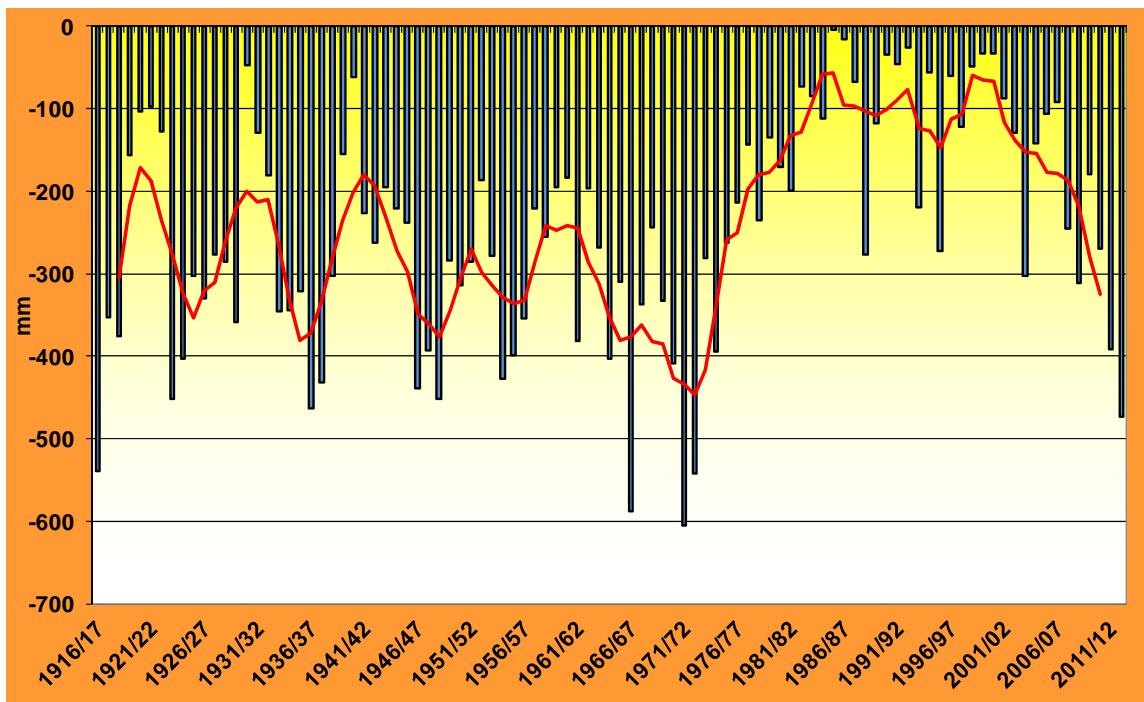


Figura 10. Deficiencias totales por campaña agrícola. La Cocha: 1916/1917 a 2012/2013.

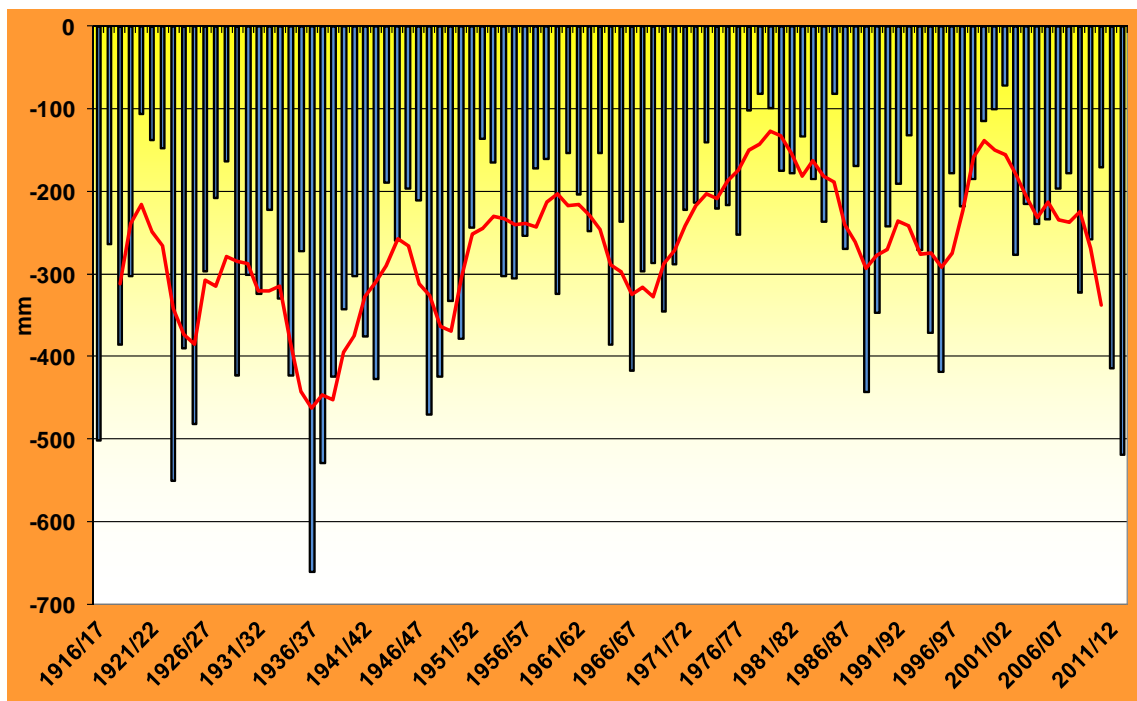


Figura 11. Deficiencias totales por campaña agrícola. Monte Redondo: 1916/1917 a 2012/2013.

La Tabla 2 fue construida con idéntico criterio que la Tabla 1: se consideraron las mismas localidades y los mismos períodos comparativos con iguales criterios de calificación. No obstante, en este caso se tomó la frecuencia de ocurrencia de deficiencias hídricas más intensas que la normal.

Tabla 2. Frecuencia e intensidad de las deficiencias hídricas. Períodos 1916-1960 vs 1961-2013.

<b>El Colmenar</b>	N-	IN	MIN	EIN	Total	%
<b>1916-1960</b>	2	9	5	9	25	52,1
<b>1961-2013</b>	7	10	5	1	23	47,9

<b>Monte Redondo</b>	N-	IN	MIN	EIN	Total	%
<b>1916-1960</b>	4	12	6	8	30	62,5
<b>1961-2013</b>	5	7	4	2	18	37,5

<b>La Cocha</b>	N-	IN	MIN	EIN	Total	%
<b>1916-1960</b>	4	13	5	6	28	58,3
<b>1961-2013</b>	5	6	5	4	20	41,7

<b>Padilla</b>	N-	IN	MIN	EIN	Total	%
<b>1916-1960</b>	4	12	10	8	34	70,8
<b>1961-2013</b>	5	7	0	2	14	29,2

<b>Santa Ana</b>	N-	IN	MIN	EIN	Total	%
<b>1916-1960</b>	5	11	9	9	34	70,8
<b>1961-2013</b>	4	8	1	1	14	29,2

N-: Normal (-), IN: Inferior a lo normal, MIN: Muy inferior a lo normal, EIN: Extremadamente inferior a lo normal.

Puede verse que, en todas las localidades, la frecuencia total de deficiencias más intensas que la normal disminuyó en el segundo período. Sin embargo, también se verifica que hubo diferencias entre localidades. Así en Padilla y Santa Ana, estas mejoras fueron más marcadas, pues no solamente se computaron menos sequías -14 contra 34-, sino que además se redujeron significativamente las sequías extremas, correspondiéndole dos casos a Padilla y uno a Santa Ana. En El Colmenar, la caída de frecuencia en el segundo período fue la más reducida, ya que se pasó de 25 a 23 casos. No obstante, lo que marcó realmente la mejora fue que la frecuencia de sequías extremas se redujo de 9 a 1. Por el contrario, en La Cocha se observó la menor reducción de la frecuencia de sequías extremas, que pasaron de 6 a 4.

### Consideraciones finales

De lo expuesto hasta aquí, se desprende lo siguiente:

- La variabilidad de las precipitaciones genera distintos escenarios ambientales que determinan el panorama productivo provincial.
- Los ciclos secos tienen impactos diferenciados, dependiendo estas diferencias de la magnitud de la disminución de las lluvias, la duración de estos ciclos y las regiones de que se trate.
- De las localidades estudiadas, se identifican a Monte Redondo - ubicada en la zona este- y a La Cocha -localizada en el sur de la provincia- como las más afectadas por la frecuencia y severidad de las sequías.
- Se deberían realizar estudios complementarios del riesgo que implican las sequías para los diferentes cultivos en la provincia.