

## **LAS SEQUIAS EN EL LARGO PLAZO EN ARGENTINA Y SUS PRECURSORES INVERNALES (x)**

Juan L. Minetti (xx)  
Walter M. Vargas (xxx)  
Gustavo Neumann (xxxx)  
Arnobio G. Poblete (xxxxx)

(x) Trabajo realizado en el Laboratorio Climatológico Sudamericano. San Luis 183- 4000- San Miguel de Tucumán. E-mail minettil@arnet.com.ar

(xx) Inv. Independiente del CONICET y Prof. en la UNT

(xxx) Inv. Sup. del CONICET

(xxxx) Becario del CONICET y Dpto. de Cs. de la Atmósfera y los Océanos de la UBA

(xxxxx) Prof. Tit. UNSJ.

### **RESUMEN**

Se analiza el comportamiento de largo plazo de los índices de sequías en el Sur de Sudamérica y en particular de cinco subregiones de Argentina. Posteriormente se muestra que estos índices están conectados con el comportamiento previo de las temperaturas del invierno en la región continental del país. Esta conexión es de gran importancia pues permite mejorar los niveles de predecibilidad de las condiciones hídricas de los ciclos hidrológicos que inician en julio de un año y finalizan en junio del año siguiente con las temperaturas de mínimas medias de Tucumán de los meses de Julio y Agosto. En el trabajo también se muestra que la condición de largo plazo está conectada con el SOI pero no es de la magnitud de las condiciones térmicas invernales del continente. En este reporte se puede apreciar la importancia del cambio que se ha experimentando en las condiciones hídricas del año 2003, y se realizan comparaciones globales entre lo ocurrido en años lluviosos anteriores y secos posteriores a esa fecha, aprovechando el intenso contraste. Algunas conclusiones muestran la importancia de la temperatura superficial del mar periférico a Sudamérica para la generación de sequías.

### **INTRODUCCIÓN**

Existe en la literatura una gran cantidad de definiciones de sequías como índices propuestos para su calificación e identificación en el tiempo y espacio (Heathcote, 1973; Heim and Dracup, 2002; Keyanhash and Dracup, 2002). En Argentina, Minetti et al. (2007) propusieron un índice basado en el cómputo de localidades secas relativas al total de localidades monitoreadas. Las localidades definidas como secas serían aquellas con precipitación debajo del valor mediano mensual en una región geográfica, y luego fueron usadas para calcular los índices mensuales como la razón entre localidades secas y las totales que evalúan al clima de una región para diversas zonas de Argentina y Chile, a modo de inventario. El término de sequía mensual utilizado se extendió sobre un valor anual en años calendarios o agrícolas como la suma de los índices mensuales, previamente estimados. La posibilidad de obtener índices anuales de largo plazo es de interés en el caso de los estudios de tendencias, cambio climático y fluctuaciones interanuales de diversa escala sobre lo que se propone avanzar.

Una vez analizadas las variabilidades descriptas en términos de varianza explicada se explora la posibilidad de encontrar precursores o indicadores anticipativos de dichas

variabilidades a los efectos de aproximar un modelo de pronóstico de las mismas, para ser usadas en diversos ámbitos de la decisión agropecuaria, energética, etc. Estos precursores o predictores explorados corresponden a una colección de variables que han demostrado en el pasado tener alguna capacidad predictiva sobre la precipitación, tales como las temperaturas del mar periférico a Sudamérica, la temperatura del continente, la actividad del anticiclón del Pacífico y otros usados operativamente en el Laboratorio Climatológico Sudamericano (LCS) (Minetti, 1987-2008).

### **DATOS Y METODOS:**

Para identificación de las sequías se ha usado al índice anual de sequía estimadas para Argentina (al E de la Cordillera) , Chile (al O de la Cordillera)-Comahue y de las subregiones de Argentina, tales como las del Noroeste Argentino (NOA), Noreste Argentino (NEA), Pampa Húmeda (PH), Centro Oeste (CO) y Patagonia (PAT) (Minetti, et al., 2004). Los períodos calendarios utilizados corresponden a los años agrícolas para Argentina (Jl-Jn) y años comunes para Chile (E-D) por la naturaleza estacional de sus regímenes de precipitación (Prohaska, 1952). Esta información cubre a todo el siglo pasado hasta el presente, igualmente la de los precursores potenciales, de tal manera que se puedan realizar inferencias de larga escala sobre el clima regional. Las series tratadas han sido analizadas por técnicas de tendencias como polinomios de grado superior (Arkin y Colton, 1970), análisis espectral (Tukey, 1950) y de correlaciones entre variables usando modelos lineales o curvilíneos. En los análisis climatológicos de gran escala se han utilizado los datos del Reanálisis II (Kanamitsu et al, 2002) para contrastar los períodos climáticos seco (2004-07) y lluvioso (2000-03).

### **RESULTADOS**

En el pasado Minetti y Suárez (1982) encontraron síntomas anticipativos en las series de temperaturas mínimas logrando conectar a las condiciones del otoño con el invierno, útiles para la predicción de la intensidad del frío invernal, e importante para la toma de decisión en el sector agropecuario, energético y otros. En años recientes, Vargas et al. (2002) trataron de encontrar algunos precursores de las condiciones pluviales en el continente sobre el final de la primavera (Diciembre) afectada por la Oscilación Subtropical (Tyson and Dyer, 1978, Compagnucci y Vargas, 1983, Vines, 1986, Minetti et al. 2006).

Vargas et al. (2002) mostraron que existe una importante conexión entre la intensidad de la circulación húmeda invernal del NE sobre la oscilación de la precipitación primaveral, particularmente la de Diciembre donde se observa la oscilación subtropical de 22-26 años y que con ella se explica el mayor porcentaje de la varianza de las precipitaciones cuasi monzónicas del Noroeste Argentino. Por otra parte, Minetti et al. (1982a) analizando al comportamiento de los rindes azucareros de Tucumán que tienen una gran dependencia de la naturaleza de la variabilidad térmica del otoño en esta provincia confirmó la presencia de oscilaciones de baja frecuencia en las temperaturas mínimas medias del mes de Mayo que se propagan sobre el invierno.

En el pasado Pittock (1980) ha mostrado que la variabilidad de la temperatura en el Cono Sur de América era lo suficientemente homogénea como para poder ser explicada por un solo patrón de autovectores. En este caso el primer autovector cubría a casi todo el país, mientras que el segundo autovector cubría a la mitad N del mismo. Sobre esta inferencia se asume que la variabilidad interanual de las temperaturas medias mensuales tienen un campo homogéneo de gran escala y que la variabilidad de esta sobre Tucumán sería lo

suficientemente representativa de la zona continental del mismo. Para sintetizar al comportamiento invernal con una sola variable, la más representativa, se ha calculado la matriz de correlación entre las temperaturas mínimas medias de S.M. de Tucumán, ya que ésta representaría al comportamiento de la temperatura del continente. Esta matriz de correlación se observa en la **tabla 1**. En la matriz superior se observa que el mes de Agosto es ampliamente representativo de la variabilidad del otoño-invierno-primavera, y la matriz inferior le adjudica esta representatividad al mes de Septiembre con menos extensión temporal-estacional. En ambos casos se advierte que Agosto o Septiembre son meses bisagras en una conexión climática del antes con el después. Esta conexión intraestacional es clave para la evolución climática estacional en el continente, y la investigación se dirige en ese sentido a partir de estos resultados.

**Tabla 1:** Matrices de correlaciones entre las temperaturas mínimas medias de S.M. de Tucumán con límites de significación estadística  $r_c = 0.17$  para  $N=119$  años de datos en el período 1889-2007. Período de análisis Abril-Diciembre. A) Con tendencia lineal incluida (arriba) y B) sin tendencia lineal filtrada (abajo). Los espacios en blanco corresponden a correlaciones no significativas.

Meses	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<b>Abril</b>	1	0.25			<b>0.20</b>	0.24	0.33		
<b>Mayo</b>	0.25	1			<b>0.27</b>			0.19	
<b>Junio</b>			1	0.26	<b>0.20</b>	0.27			
<b>Julio</b>			0.26	1	<b>0.32</b>	0.24	0.20		
<b>Agosto</b>	<b>0.20</b>	<b>0.27</b>	<b>0.20</b>	<b>0.32</b>	<b>1</b>	<b>0.41</b>	<b>0.41</b>	<b>0.28</b>	<b>0.21</b>
<b>Septiembre</b>	0.24		0.27	0.24	<b>0.41</b>	1	0.40	0.27	0.21
<b>Octubre</b>	0.33			0.20	<b>0.41</b>	0.40	1	0.27	0.19
<b>Noviembre</b>		0.19			<b>0.28</b>	0.27	0.27	1	0.20
<b>Diciembre</b>					<b>0.21</b>	0.21	0.19	0.20	1
<b>Suma“r”sig.</b>	4	3	3	4	<b>8</b>	<b>7</b>	6	5	4

Meses	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Septiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre
<b>Abril</b>	1	0.19				<b>0.17</b>	0.23		
<b>Mayo</b>	0.19	1			0.18				
<b>Junio</b>			1	0.21		<b>0.19</b>			
<b>Julio</b>			0.21	1	0.26	<b>0.19</b>			
<b>Agosto</b>		0.18		0.26	1	<b>0.32</b>	0.25		
<b>Septiembre</b>	0.17		<b>0.19</b>	<b>0.19</b>	<b>0.32</b>	<b>1</b>	<b>0.31</b>	<b>0.17</b>	
<b>Octubre</b>	0.23				0.25	<b>0.31</b>	1		
<b>Noviembre</b>						<b>0.17</b>		1	
<b>Diciembre</b>									1
<b>Suma”r”sig.</b>	3	2	2	3	<b>4</b>	<b>6</b>	3	1	0

La **figura 1** muestra a la temperatura mínima media mensual de Agosto en S.M. de Tucumán, con y sin tendencia. Se han adicionado los polinomios de 7mo. Grado para el análisis de las fluctuaciones medias. La **figura 2** muestra a un análisis espectral de esta serie con tendencia, donde se advierte que por encima de la tendencia existe una varianza

explicada máxima de una oscilación de alrededor de 50 años que ha desarrollado en el pasado a tres períodos cálidos: a) comienzos del siglo pasado, b) mediados del mismo y c) entre 1985 y el 2003. Los períodos complementarios fueron más fríos y estuvieron asociados a las condiciones más rigurosas de frío invernal que se recuerda en la actividad agrícola del trópico argentino, en 1955, 1975 y el reciente 2007. Con las heladas de la década de 1950 (Minetti et al. 1982b), el impacto sobre el sector cañero ha sido a su vez destructor y constructor. Por un lado la pérdida de los cañaverales ha obligado a usar nuevas tecnologías de plantas resistentes a heladas o con maduración temprana para adelantar la cosecha, y por otro lado los factores intervinientes en la producción y los políticos acordaron dar las bases de un nuevo sistema de cosecha, donde se premiaba a los rendimientos fabriles (azucareros) frente a los culturales (biomasa). La turbulencia social generada en este cambio arrastró al NOA a una serie de conflictos que terminaron con el cierre de ingenios una década más adelante, y que en la década de 1970 contribuyó al crecimiento de otros conflictos. Sobre la década de 1970 y más precisamente en 1975, intensos fríos invernales contribuyeron a cuantiosas pérdidas en los cultivos tropicales de Argentina, Bolivia, Paraguay y Brasil. Los derrames de aire polar llegaron casi hasta el Ecuador, y en algunos casos las aplicaciones de tecnologías favorecieron a que las pérdidas se mitigaran.

El advenimiento de unos veinte años más cálidos estuvieron ligados aparentemente con buenos aportes de humedad al continente y con ello a las lluvias que persistieron hasta el año 2003, evento que finalizó con la saturación de cuencas regionales como la de los bajos submeridionales y la inundación de la ciudad de Santa Fé en Abril (Minetti et al. 2005). El inicio de un período seco a partir de la segunda mitad del año 2003 que persiste al presente asociado con inviernos rigurosos como el del año 2007, estaría dando la oportunidad a la comunidad científica para analizar a la variabilidad del clima en un antes y después del 2003 por el contraste establecido.

Las **figura 3** muestra a los índices de sequías anuales y sus tendencias como polinomios de 3er. grado para Argentina y Chile Central-Comahue. En ellos se observan los conocidos efectos de disminución de las sequías al oriente de la Cordillera y crecimientos de éstas al occidente de la misma, donde el efecto posible del calentamiento global es justificado mediante la variación de la posición del anticiclón subtropical como resultado de un cambio en la baroclinicidad austral observado en la ecuación primitiva de los modelos de circulación general de Smagorinsky (1963). En la **figura 4** se ve al índice de sequía anual de Argentina con una oscilación menor de aproximadamente 50 años de longitud confirmada para las cuatro subregiones al E de la Cordillera (NOA, NEA, CO y PH) en la **figura 5**.

Esta onda hídrica aquí observada es opuesta a la térmica analizada en la oscilación de Agosto para la temperatura mínima media de S.M. de Tucumán. Un esquema del impacto de esta variable sobre el índice de sequía anual de Argentina se ve en la **figura 6**. En esta figura se ve la relación existente entre las temperaturas mínimas medias mensuales del invierno con el índice de sequía anual que sobrevendría en Argentina. Los meses con mayores asociaciones corresponden a los de Julio-Agosto con mayor valor absoluto en el último. En la **figura 7** se muestra que con una temperatura mínima media de agosto en SMT de 7°C la condición climática del ciclo agrícola que ya ha comenzado en Julio sería normal (Índice = 6). Cuando la temperatura de este mes crece por encima de este valor lentamente decrecen los índices de sequía lo que correspondería a un año más lluvioso que lo normal para Argentina. Lo notable se da que cuando la temperatura decrece por debajo

de 7°C los índices de sequía crecen más rápidamente, de allí la no linealidad de la relación. Sto es, continente con fríos invernales marcados serían condiciones precursoras de sequía en el país. La proyección hacia delante que posee Agosto tiene que ver con la influencia que esta condición se proyecta hacia delante hasta el final de la primavera lo que contribuye al desarrollo del cuasi-monzón del NOA (Minetti et al. 2005). La **tabla 2** muestra además, que existe una correlación significativa entre el índice anual de sequía de Argentina (ISARG) con el Índice de Oscilación del Sur de Troup (1965) del mes de Agosto (SOI08) y la temperatura mínima media del mismo mes en Tucumán (TISMT08).

**Tabla 2:** Matriz de correlaciones entre ISARG, TISMT08 y SOI08. “rc”= 0.17 ).

Variables	ISARG	TISMT08	SOI08
ISARG	1	<b>-0.42</b>	0.38
TISMT08	<b>-0.42</b>	1	-0.27
SOI08	0.38	-0.27	1

Esta importante conexión muestra a la temperatura continental del invierno como un índice asociado a las condiciones de circulación del O.Pacífico.

En la investigación climática operativa, se pudo advertir que el nuevo período seco que se observa en Argentina desde el 2004 al presente (**figura 8**) ha tenido que ver con intensos enfriamientos invernales del continente. El contraste observado entre ambos períodos, anterior y posterior al 2003 (2004-07 menos 2000-03) permite realizar comparaciones para investigar algunos mecanismos involucrados en las sequías.

La **figura 9** muestra a las diferencias térmicas de la SST en escala global.. En ella se advierte sobre una observación ya realizada en el pasado (Minetti 1987-2008) sobre la acción de aguas frías en ambos océanos (Pacífico y Atlántico) en las sequías. Lo notable es que aquí se advierte que el frío del O.Pacífico además de la región geográfica dominada por los eventos ENSO existe una región geográfica mayor sobre el centro-Este del océano con la misma condición. También es territorialmente grande la extensión fría del O.Atlántico entre las costas de ambos continentes (América y Africa). Otra región oceánica fría también se observa sobre el Pasaje de Drake al S de Sudamérica. En otras palabras Sudamérica bañada por aguas frías en su gran mayoría. Es sugestivo que sobre el N de Sudamérica las aguas hayan estado cálidas lo que muestra una independencia de su incidencia sobre el problema regional de Argentina.

La **figura 10** da cuenta que bajo situaciones secas las anomalías de presión en la gran escala son positivas sobre casi todo el O.Pacífico y negativas sobre el O.Atlántico, lo que confirma a los modelos de circulaciones anómalas de trabajos previos (Bobbá y Minetti, 2005) con un claro predominio de circulación anticiclónica del SO sobre la llanura argentina y viceversa del NE en situaciones lluviosas. Las **figuras 11 y 12** muestran bajo situaciones de sequía un importante déficit de la humedad específica sobre la llanura subtropical argentina y S de Brasil asociado a un exceso de radiación emergente de onda larga (OLR). Es significativamente importante que el mar cálido del N de Sudamérica esté asociado con excesos de humedad que pueden ser transportadas sobre el NO de Sudamérica, desde el N de Bolivia hacia regiones más septentrionales sin interactuar con el centro de Argentina. También son significativos los déficits de humedad y emisión de energía de onda larga sobre los continentes tratando de indicar una semejanza en escala subtropical hemisférica.

Por último, las **figuras 13 y 14** muestran a las precipitaciones medias anuales (isoyetas) de ambos períodos y sus diferencias. En ellas se observan que los principales cambios se han registrado sobre el N de Córdoba-S de Santiago del Estero, S de las provincias del NEA y Pampa Húmeda-Seca. Los máximos valores de pérdida de precipitación entre ambos períodos con  $-400\text{mm}$  se registraron en el N de Santa Fé, S de Corrientes, N de E.Ríos y centro de Bs.As. consistentemente con lo antes mostrado. Es importante destacar que las condiciones inversas observadas en las anomalías de lluvias del N Argentino podrían tener conexión con las aguas cálidas observadas en el N de Sudamérica.

## **CONCLUSIONES**

En la primera década del Siglo XXI se ha registrado en Argentina un importante contraste de un período lluvioso seguido por otro seco que han significado cambios anuales de la precipitación del orden de  $-400\text{mm}$ , siendo las regiones más afectadas el N de Santa Fé, S de Corrientes, N de Entre Ríos y centro de Bs.As.. No se han observado estos cambios sobre el extremo n del país donde las anomalías son inversas en signo y además la isoyeta de  $500\text{mm/año}$  no se ha desplazado con los meridianos.

Del análisis climatológico hemisférico se pudo inferir que las aguas de los océanos periféricos a Sudamérica se encontraron en su mayoría más frías que lo normal y que esto no es exclusividad de las regiones alteradas por el ciclo ENSO. También se ve la posible incidencia de los excesos del N Argentino respecto de las aguas cálidas observadas en el N de Sudamérica.

Desde el punto de vista de la circulación se pudo comprobar una vez más que en situaciones secas las anomalías de presiones en el O.Pacífico son positivas respecto a las del O.Atlántico (negativas) y esto contribuye a una mejor circulación anticiclónica del SO sobre la llanura Argentina. La inversa con circulación del NE sobre esta también es válida. Otras variables como la humedad específica y la emisión de radiación de onda larga (OLR) muestran que el período seco de Argentina ha tenido su correlato con otros en Australia y Sudáfrica, lo que muestra a una perturbación de escala hemisférica sobre el anticiclón subtropical.

Se pudo establecer que la temperatura continental del invierno representada por la temperatura mínima media de San Miguel de Tucumán en Argentina está conectada con el índice de sequía general de Argentina y ambos su vez con el Índice de Oscilación del Sur (SOI) del mes de Agosto lo que muestra que ambos representan a condiciones de circulación tropical de gran escala. También se puede ver que una oscilación del orden de 50 años modula la variabilidad interanual del índice de sequía en Argentina y que la ocurrencia de cuatro años seguidos de condiciones secas estarían indicando el inicio de un nuevo período seco solapado a un cambio de muy larga escala asociado tal vez a los comportamientos vinculados al calentamiento global.

## **AGRADECIMIENTOS**

A la Estación Experimental Agroindustrial Obispo Colombres por la información suministrada, y al Laboratorio Climatológico Sudamericano de la Fundación Caldenius por información suministrada y el uso del equipamiento para los cálculos.

## **TEXTO DE LAS FIGURAS**

**Figura 1:** Temperatura mínima media de San Miguel de Tucumán del mes de Agosto (TISMT08) con y sin tendencia lineal y ajuste polinómico de 7mo. grado en ambas . Período 1889-2008.

**Figura 2:** Espectro de la varianza de la serie de temperatura mínima media de S.M. de Tucumán del mes de Agosto. Se identifica al espectro máximo con una oscilación del orden de 50 años.

**Figura 3:** Índices anuales de sequía en Argentina y Chile/Comahue con sus tendencias como polinomios de 3er. grado. Período 1901-2007.

**Figura 4:** Índice de sequía anual de Argentina y ajustes polinómicos de 3er. y 7mo. grado.

**Figura 5:** Polinomios de 7mo. grado ajustados a los índices de sequías anuales de las subregiones analizadas (NOA, NEA, CO, CHI, PH y PAT).

**Figura 6:** Correlaciones entre el índice de sequía anual de Argentina con la temperatura mínima media de Agosto en S. M. de Tucumán. Período de análisis 1901-2007. Se identifica la correlación crítica significativa al 5%.

**Figura 7:** Regresión no lineal entre el índice de sequía anual de Argentina en períodos agrícolas (Jl-Jn) vs. la temperatura mínima media de Agosto del año correspondiente al mes de inicio del índice de sequía. Se indica el algoritmo de la regresión y su correlación.

**Figura 8:** Tendencias de los índices mensuales de sequía como polinomio de 7mo. grado en las regiones analizadas durante el período 2000-08. Se indica el momento del cambio de condición lluviosa/seca en el 2003.

**Figura 9:** Temperaturas superficiales del mar promedio al año del período 2004-07 menos el 2000-03.

**Figura 10:** Presiones medias al nivel del mar anual del período 2004-07 menos el 2000-03.

**Figura 11:** Humedad específica media anual en el nivel de 1000 hPa del período 2004-07 menos el 2000-03.

**Figura 12:** Radiación de onda larga emergente anual del período 2004-07 menos el 2000-03.

**Figura 13:** Precipitaciones medias anuales del período 2004-07 y 2000-03. Se indican con flechas los corrimientos geográficos de las isoyetas.

**Figura 14:** Diferencias de precipitaciones medias anuales entre los períodos 2004-07 menos 2000-03.

## LITERATURA CITADA

-Arkin, H. Y R.R. Colton, 1970: Métodos estadísticos. Serie Compendios Científicos. Compañía Editorial Continental, S.A., México. 334 pgs.

-Bobba, M.E. y J.L. Minetti, 2005: Relación entre la presión atmosférica y las sequías en la región del Noroeste Argentino. Rev. de Geografía, Año VIII, N° 9, 38-48. IGA-UNSJ. San Juan.

-Compagnucci, R.H. and W.M. Vargas, 1983: Analisis spectral de las series de precipitación estival.

-Heathcote, R. L., 1973: Drought perception. In the Environmental, Economic and Social Significance of Drought. Ed By J.L. Lovett, 318 pgs. Angus and Robertson Publishers.

-Heim, R. and J. Dracup, 2002: A view of Twentieth-Century Drought Indices Used in the United States. America Meteorological Society, 1149-1165.

-Kanamitsu, M., W. Ebisuzaki, J. Woollen, S.K. Yang, J.J. Hnilo, M. Fiorino, and G.L. Potter, 2002: NCEP-Doe Amip-II- Reanalysis (R2). AMS. November 2002, 1631-1643.

- Keyanthsh, J. and J. Dracup, 2002: The Quantification of Drought: An Evaluation of Drought Indices. *American Meteorological Society*, 1167-1180.
- Minetti, J.L. y L.C. Zares, 1982: Vinculaciones térmicas Otoño-Invernales en Tucumán. *RIAT Tomo 59, Nro. 1-2*, 97-104. EEAOC. San Miguel de Tucumán.
- Minetti, J.L., R.A. Nader, J.A. Mariotti y C.A. Gargiulo, 1982a: Respuesta de la caña de azúcar a las condiciones del clima en Tucumán. *Pub. Misc. Nro 72*, 1-44. EEAOC. S.M. de Tucumán.
- Minetti, J.L., R.A. Nader, C.A. Gargiulo y J.C. Sal Paz, 1982b: Impacto del Clima sobre la producción de caña de azúcar en Tucumán. *Pub. Misc. Nro. 72*, 45-93. EEAOC. S.M. de Tucumán.
- Minetti, J.L., W.M. Vargas, C. Hernández y E.R. López, 2005: La circulación regional estacional en Sudamérica-Su incidencia en el clima del Noroeste Argentino. En "El Clima del Noroeste Argentino". Ed. Magna, 449 pgs. S.M. de Tucumán.
- Minetti, J.L., J.N. Paegle, W.M. Vargas, A.G. Poblete y F.M. Figueroa, 2005: Inundación de Santa Fé en Abril del 2003-Procesos climáticos e hidrológicos coadyuvantes. IX Congreso Argentino de Meteorología. 3-7 de Octubre. CAM. Bs.As.
- Minetti, J.L., W.M. Vargas y M. del V. Leiva, 2006: Cambios en la precipitación media de Argentina y Chile relacionadas con el ENSO. Análisis de mesoescala en el Noroeste Argentino. *Rev. de Geografía, Año IX, N° 10*, 31-40. UNSJ.
- Minetti, J.L., 1987-2008: Boletines de los resultados de la Vigilancia Climatológica Sudamericana. Laboratorio Climatológico Sudamericano. Fundación Caldenius.
- Minetti, J.L., W.M. Vargas, L.R. de la Zerda, A.G. Poblete, G.A. Casagrande, L.R. Acuña, I.J. Nieva, F.L. Frassetto, G.E. Ostertac, L.R. Minetti y E.A. Mendoza, 2004: Inventario de las sequías regionales en Argentina y Chile. *Inf. Téc. del Laboratorio Climatológico Sudamericano. Fundación Caldenius*. 50 pgs. S.M. de Tucumán.
- Minetti, J.L., W.M. Vargas, B. Vega y M.C. Costa, 2007: Las sequías en la Pampa Húmeda: Impacto en la productividad del maíz. *Rev. Bras. de Met., V. 22, N° 2*, 218-232.
- Pitcock, A.B., 1980: Modelos de variación climática en Argentina y Chile. Sección segunda, Temperatura 1931-1960. *Meteorológica, Vol. XI, N° 1*, 98-115. Bs.As.
- Prohaska, F.J., 1952: Regímenes estacionales de precipitación de Sudamérica y mares vecinos (desde 15°S hasta Antártida). *Meteoros, Año II, N° 1-2*, 66-100. Servicio Meteorológico Nacional.
- Smagorinsky, J., 1963: General circulation experiment with primitive equation. *Mon. Wea. Rev.* 91, 99-64.
- Troup, A.J., 1965: The Southern Oscillation. *Q.J.R. Meteor. Soc.* 91, 290-506.
- Tukey, J.W., 1950: The sampling theory of power spectrum estimates. *Symposium on Applications of Autocorrelation Analysis to Physical Problems*. U.S. Office of Naval Research, NAVEXOS-P-735, pp. 47-67. Washington, D.C.
- Tyson PD, and T.G.J. Dyer, 1978: The predicted above-normal rains of the seventies and the likelihood of drought in the eighties. *SAJ Sc* 74, 372-377.
- Vargas, W.M., J.L. Minetti and A.G. Poblete, 2002: Low-frequency oscillation in climatic and hydrological variables in southern South America's tropical-subtropical regions. *The. and Appl. Clim.* 72, N° 1-2, 29-40. Max-Planck Institut. Springer-Verlag. Austria.
- Vines, R.G., 1986: Rainfall patterns in India. *J. Climatol.* 6: 135-148.