

# CAMBIOS INTERDECADEALES DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL OCEANO PACÍFICO Y SU INCIDENCIA EN LA TENDENCIA ACTUAL AL ENFRIAMIENTO DE SUDAMERICA -HELADAS EN LA ZONA OLIVICOLA DE ARGENTINA-

Trabajo realizado en el Laboratorio Climatológico Sudamericano (LCS)

---

## Juan L. Minetti

Director del LCS, Inv. del CONICET - Prof. en el Dpto. de Geo. UNT.

## Arnobio G. Poblete

Investigador del Instituto de Geografía. Apl. de la UNSJ - Prof. en el Dpto. de Geo. UNSJ. Email: agpoblete@gmail.com

## Luis R. Acuña

INTA EEA Santiago del Estero.

Fecha de Entrega: 05-12-2011 / Fecha de Aprobación: 13-12-2011

## RESÚMEN

En las últimas décadas se ha observado un intenso crecimiento de la agricultura del olivo en el Noroeste Argentino (NOA) y Cuyo favorecido por el estímulo del Estado. Este desarrollo no ha tenido un soporte de investigación agroclimática previa, más aún cuando las nuevas variedades de olivo implantadas provenían de un clima moderado como el Mediterráneo. Intensos episodios de heladas ocurridas después del año 2003 cuando la PDO (Oscilación decadal del O.Pacífico) ingresara a su fase negativa (aguas superficiales frecuentemente frías) produjeron daños millonarios al sector con pérdidas de plantas que producirán otras con los años hasta que nuevas plantaciones reemplacen las muertas. Este nuevo ciclo frío continental repite los daños ocasionados en la fase anterior 1950-75 sobre el NOA pero aquella vez en el sector azucarero. Las soluciones implementadas en ese entonces venían de la mano de la tecnología y legislación adecuada, y siempre con un importante protagonismo del Estado. Eso último debería ser la respuesta más apropiada para resolver el problema presente.

Palabras claves: Olivo, heladas, PDO

## ABSTRACT

In the last decades an intense growth of the agriculture of the olive tree in Argentine Norwest (NOA) AND Cuyo regions has been observed favoured by the stimulus of the State. This development has not had a support of previous agro climatic investigation, still more when the new implanted varieties of olive tree came from a moderate climate like the Mediterranean. Intense episodes of frosts happened after year 2003 when the PDO (decadal Oscillation of the O.Pacífico) entered to their negative phase (frequently cold superficial waters) produced millionaire damages to the sector with losses of plants that will produce others with the years until new plantations replace the deads. This new continental cold cycle repeats the damages caused in the previous phase 1950-75 on the NOA but that one time in the sugarcane sector. The solutions implemented in that then came from the hand of the technology and suitable legislation, and always with an important protagonism of the State. That last one would have to be the most appropriate answer to solve the present problem.

Key words: Olive tree, frosts, PDO

## INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas aprovechando el sistema de promoción impositivo, se ha desarrollado una intensa transformación agrícola en la zona árida del NO de Argentina y Cuyo, donde el olivo y otros cultivos tuvieron un rol preponderante. Hasta 1990 había implantadas unas 29.500 Has de este cultivo en las provincias de Mendoza, San Juan y Córdoba. Con el estímulo de los diferimientos impositivos éstas se incrementaron a 110.000 Has en el año 2005, de las cuáles unas 80.000 eran de alta densidad. Las 110.000 Ha de olivos tienen una producción media de 500.000 Tn de materia prima, de las cuáles unas 200.000 son destinadas a conserva y el resto para producir unas 45.000 Tn de aceite. Esto redundó en que Argentina se posicionara con la actividad como quinto productor mundial de aceituna de mesa y undécimo de aceite de oliva

(Lupiano, 2011).

El cultivo del olivo tiene algunas exigencias climáticas debidas a su origen: la zona mediterránea. Una de ellas, la moderación térmica, es esencial, aunque en esa región los fríos intensos del borde Norte del Mediterráneo pueden llegar a mayores intensidades, sin embargo, en el borde Sur este fenómeno se ve sensiblemente atenuado con valores cercanos a cero grados centígrados. Con esas condiciones, la difusión del cultivo debió apelar a la adaptación fitotécnica y manejo cultural en los casos más fríos. En Argentina la región de implantación es de naturaleza más continental y la combinación de efectos como el zonda o largos períodos cálidos de invierno ponen en actividad a la planta, corriendo importantes riesgos con los fríos más tardíos, particularmente cuando las plantas han producido emergencia de brotes nuevos o racimos florales.

La olivicultura ha sido la principal actividad agroindustrial desarrollada en Argentina de la mano de condiciones climáticas excepcionales en lo hídrico y térmico (Minetti y otros, 2008, y Minetti y otros, 2010, a y b).

Desde el año 2003 en adelante, una serie de eventos anómalos en precipitación y temperaturas se han desarrollado en el Sur y centro de Sudamérica produciendo cuantiosas pérdidas a privados y al Estado sin que éstas fueran debidamente analizadas. En efecto, la intensa sequía del año 2008 ha generado una pérdida de un tercio de la producción nacional de granos (30 millones de toneladas frente a lo usual de 90 millones de toneladas en la última década). Juntamente con esta pérdida en lo hídrico, una sucesión de fríos intensos afectó a la región. En el último quinquenio las frecuentes e intensas heladas en el Oeste de Argentina produjeron pérdidas cuantiosas en la producción olivícola de las provincias de Catamarca, La Rioja, San Juan, Mendoza y Córdoba. Heladas con mínimas absolutas de  $-6.7^{\circ}\text{C}$  en Catamarca y  $-8^{\circ}\text{C}$  en San Juan, por citar algunas, y aumento en la frecuencia de ocurrencia de estos eventos por año (de 16 a 22 casos que superan el promedio de 8-10). Estos datos dan la pauta para introducirse en el problema descripto.

En la última década, el análisis de los cambios interdecadales de las variables climáticas facilitaron la comprensión de algunos procesos agrícolas regionales. Unos de estos cambios interdecadales que afectan a la región están asociados a la PDO (Pacific Decadal Oscillation) (MacDonal y Case, 2005) y se observan con fluctuaciones lentas del orden de 50-60 años (Anderson, 1992), mientras que otros más largos han tenido que ver con procesos de "Salto Climático" (Minetti y otros, 1998). Durante la segunda mitad del siglo pasado una fase fría de la PDO ha estado relacionada con intensas heladas en la década de 1950 y mediados de 1970 generando enormes pérdidas en las producciones agrícolas de la zona tropical sudamericana (Minetti y otros, 1985; Rev. Bras. Garcafe, 2000).

Se pretende analizar si el cambio de clima iniciado alrededor del 2003 que afectó seriamente a la olivicultura argentina, coincide con el inicio de una fase fría de la PDO.

## DATOS Y METODOS

Para realizar este trabajo se ha utilizado información anteriormente procesada sobre índices de sequías en el Sur de Sudamérica (Minetti y otros, 2010), los que fueron tratados con polinomios de grado superior para el análisis de tendencias y fluctuaciones de baja frecuencias. Estos índices de sequía también estuvieron aso-

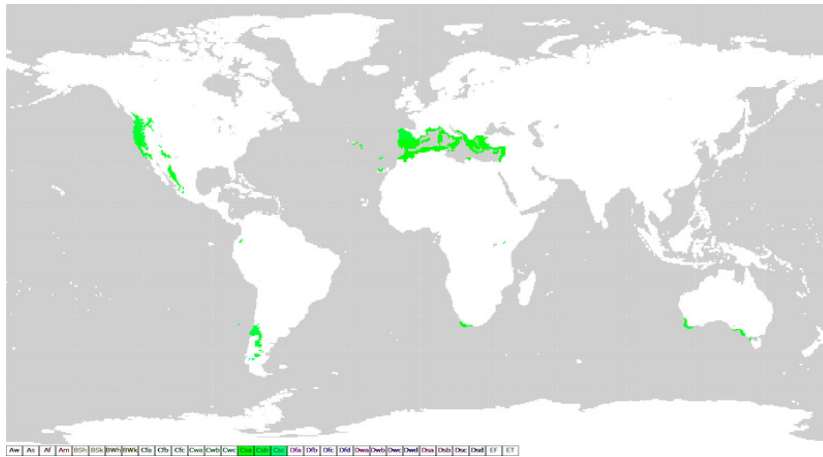
ciados en el pasado con las condiciones térmicas invernales detectándose que las temperaturas mínimas medias de los meses de Julio-Agosto de S.M. de Tucumán están conectadas con los índices de sequías del año siguiente en Argentina. Las temperaturas mínimas medias de este período han sido correlacionadas en el pasado (Minetti y otros, 2011) con el SOI (Southern Oscillation Index) y PDO (Pacific Decadal Oscillation) estando en antifase y fase respectivamente. Estas asociaciones observadas en el siglo pasado y comienzos del actual, más las observaciones realizadas en el largo plazo de la PDO por MacDonald et al. (2005) y Anderson (1992) permiten ver un comportamiento lento de baja frecuencia en la temperatura superficial del O. Pacífico. Por medio de la Vigilancia Climática Operativa de este Laboratorio (LCS) se ha detectado un cambio de fase alrededor del año 2003, donde se ha pasado de una condición cálida a una fría. Esta última fase fría es la que se intenta conectar con el aumento de frecuencia de heladas en la región olivícola.

## RESULTADOS

La figura 1 muestra a la región de estudio donde se afianzó la olivicultura en las últimas décadas. En ella se identifica a la estación meteorológica de S.M. de Tucumán que posee las series más longevas de temperatura (1889-2011). La figura 2 muestra la región de clima mediterráneo donde se difundía tradicionalmente el olivo. Las temperaturas mínimas absolutas en la flanco Norte del Mediterráneo oscilan entre



▲ Figura 1: Región de Argentina donde se difundió la actividad olivícola. Se ubica en la misma a la estación meteorológica de S.M. de Tucumán como referencia (1). Se incluyen en el área olivícola las provincias de: Córdoba, Mendoza, San Juan, Catamarca y La Rioja.



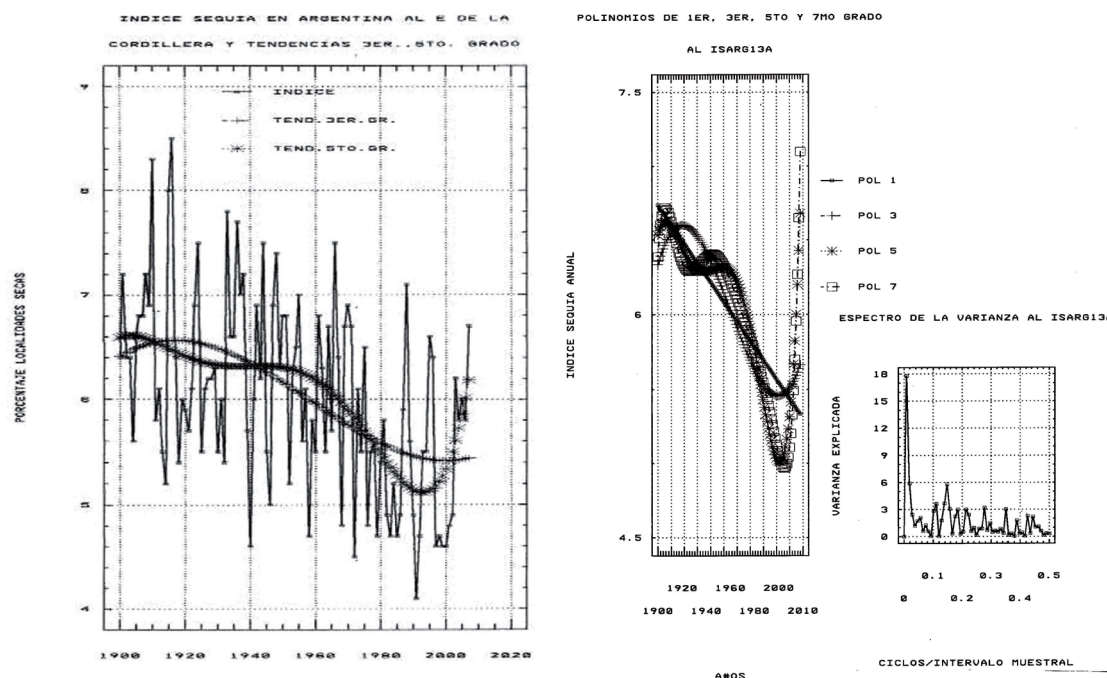
► Figura 2: Superficie donde se desarrolla tradicionalmente la olivicultura en el ámbito de clima mediterráneo de Köppen (Cs).

0 y  $-16.8^{\circ}\text{C}$ , mientras que en el flanco Sur se encuentran entre 1 y  $-1^{\circ}\text{C}$ . Esto muestra que el área de difusión de esta planta es bastante amplia con riesgos climáticos importantes.

La figura 3 (izq.) representa a la marcha temporal del índice de sequía elaborado por Minetti y otros (2010) con su tendencia y fluctuación de baja frecuencia más importante. La figura 3 (der.) presenta a los diversos polinomios desde la tendencia lineal hasta uno de 5to grado. Apli-

cados a la serie de índices anuales de sequía en Argentina. Inserto en esta figura se muestra un análisis espectral para revelar la importancia de una oscilación del orden de 50-60 años, es decir, con un periodo de 25-30 años secos y otro lluvioso de igual cantidad de años.

En un trabajo reciente de Minetti y otros (2011) mostraron la conexión existente entre las temperaturas mínimas medias de Julio-Agosto en San Miguel de Tucumán, el Índice de Oscila-



► Figura 3: (izq.), índice anual de sequía en Argentina, su tendencia y un ajuste polinómico de 5to. Grado. (der.), diversos polinomios aplicados al índice anual de sequía y adjunto un análisis espectral (Tukey, 1950) mostrando la mayor parte de la varianza explicada en una oscilación del orden de 50-60 años.

Variables	ISARG13a	TISMT08	SOI08	PDO08
ISARG13a	1	-0.44	0.38	-0.28
TISMT08	-0.44	1	-0.22	0.11
SOI08	0.38	-0.22	1	-0.45
PDO08	-0.28	0.11	-0.45	1

► Cuadro 1: Correlaciones entre el Índice de sequía anual en Argentina para los periodos agrícolas (Jl-Jn) ISARG13a, temperatura mínima media mensual de Agosto en San Miguel de Tucumán TISMT08, Índice de Oscilación del Sur, SOI08 y la Pacific Interdecadal Oscillation PDO08 todos en el mes de Agosto para el periodo 1900-2007. Remarcadas en negrita estadísticamente significativas al 5% ( $R_c = 0.19$ ).

ción del Sur (SOI) y el Índice de Oscilación Interdecadal del O. Pacífico (PDO). Ellos pueden verse como tendencias suavizadas en la figura 4 y sus correlaciones entre las variables en el cuadro 1. En la figura 4 se ve un ciclo de aproximadamente 25 años con bajos índices SOI, o eventos “El Niño” más frecuentes con aguas superficiales más cálidas en la mayor parte del O. Pacífico y temperaturas invernales más benignas en el Trópico Argentino.

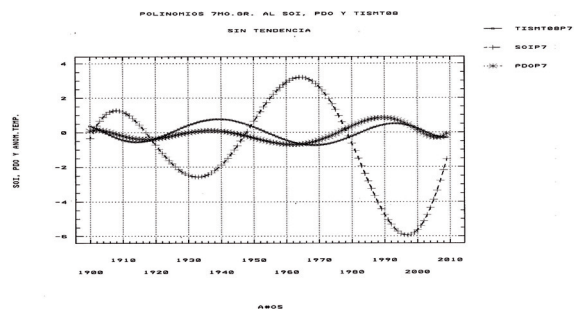
La figura 5 muestra cómo es el comportamiento térmico de S.M. de Tucumán en el largo plazo representado por las temperaturas mínimas medias de Julio+Agosto a las que se les filtró su tendencia para evitar hacer inferencias sobre el Cambio Climático o los efectos urbano-industriales sobre la estación meteorológica ubicada en el borde NE de la ciudad. El comportamiento a largo plazo muestra el inicio de un proceso de enfriamiento reciente a partir del 2003 que se parece al ocurrido a comienzos de la década de 1950. Este fenómeno ha producido en el pasado las peores pérdidas en las agriculturas regionales del NOA, y países vecinos con sus cultivos tropicales (Minetti y otros, 1982, Garcafe, 2000). Las últimas referencias de este ciclo frío se observaron en 1975 y luego sobrevino un período invernal más atenuado que se extendió hasta comienzos de la década pasada. En el año 1998 no se registraron heladas en la región de estudio.

La figura 6 muestra la evolución temporal de las frecuencias de heladas en las localidades de Catamarca y La Rioja, en un período donde no se registraron cambios de posición en las estaciones meteorológicas.

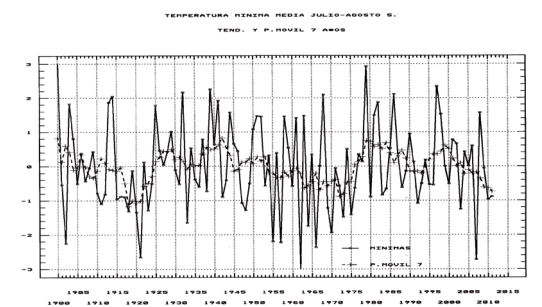
En ella se observa que aún cuando la tendencia de los eventos decrecían hacia comienzos de la década pasada (2001) se había registrado uno extraordinario en 1993 con 28 días de heladas en Catamarca y 18 en La Rioja, para un promedio de 13.7 y 11.6 días respectivamente. Las pérdidas en la olivicultura por las heladas del último quinquenio han sido enormes, no solo en producción de aceitunas de mesa y aceite de oliva, sino también por las mermas originadas por heladas en las nuevas plantaciones, que en el caso de San Juan llegaban a unas 10.000 Has afectadas.

En dicha serie temporal también se nota que pasado el mínimo de largo plazo alrededor del 2001, las tendencias de ocurrencia de heladas crecieron, duplicando su promedio en el orden de 7 a 14 días por año.

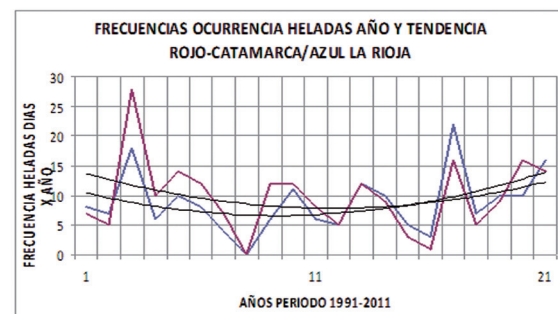
Anderson (1992) mostró, con información paleoclimática, que esta onda de cambios térmicos en el O. Pacífico (PDO) tiene una oscilación del orden de alrededor de 50-60 años. Por supuesto queda todavía un largo camino por



► Figura 4: Ajuste polinómico de 7mo. grado aplicado a los índices SOI, PDO y temperaturas mínimas medias de los meses de Julio+Agosto en San Miguel de Tucumán-Argentina.



► Figura 5: Temperaturas mínimas medias de Julio+Agosto en S.M. de Tucumán filtrada la tendencia y luego suavizada con un promedio móvil de 7 años.



► Figura 6: Frecuencia de ocurrencia de heladas en las ciudades de Catamarca y La Rioja con sus tendencias de 2do. grado.

recorrer con posibilidades de eventos heladores mayores que los observados entre 1995-2002, cuando esta onda alcanzó su mínimo. No quiere decir que se tendrán 25 años con heladas intensas y frecuentes, pero sí que las condiciones de heladas se han realizado y continuaría así 18 años en promedio, como para tener en cuenta a esta adversidad y sus impactos en esta nueva actividad agrícola regional.

A continuación el cuadro 2 muestra la frecuencia de heladas observadas por año y la mayor intensidad del evento frío.

Por la experiencia acumulada en el pasado con este tipo de problemas sería importante realizar acciones tendientes a resolver o aminorar el impacto de este fenómeno en la olivicultura. Entre las cuestiones a solucionar quedan: a) la

Años	Frec.Hel.CAT	Min.Abs.CAT	Frec.Hel. LAR	Min.Abs.LAR
1991	7	-3	8	-3
1992	5	-3	7	-1
1993	<b>28</b>	-6	<b>18</b>	-3
1994	10	-7	6	<b>-5</b>
1995	14	-3	10	-1
1996	12	-4	8	-2
1997	7	-3	4	-1
1998	0	-	0	-
1999	12	-2	6	-2.3
2000	12	-5	11	-4.2
2001	8	-4.4	6	-3.3
2002	5	-1.4	5	-1.5
2003	12	-2.0	12	-2.0
2004	9	-3.0	10	-4.0
2005	3	-2.0	5	-1.0
2006	1	-1.4	3	-1.0
2007	<b>16</b>	-4.0	<b>22</b>	-4.0
2008	5	-1.0	7	-3.0
2009	9	<b>-6.7</b>	10	<b>-4.3</b>
2010	<b>16</b>	-2.8	10	-3.3
2011	14	-3.6	16	-4.1
<b>Promedio/abs.</b>	9.8	-7.0	8.8	-5.0

► Cuadro 2: Frecuencias de heladas por año y máxima intensidad del frío en las ciudades de Catamarca y La Rioja (aeropuertos según el SMN) en el período 1991-11. Los dos valores más extremos (10% casos) se identifican con negrita.

mejora del conocimiento sobre el fenómeno de heladas con su distribución en el tiempo y espacio, b) mejorar las técnicas del manejo del cultivo en cada finca, análisis de pendiente, dotación

de riego, etc., para que el fenómeno tenga un impacto mínimo, y c) en el futuro, conseguir mejoras varietales para mitigar el impacto del frío extremo.

En lo coyuntural el apoyo del Estado para mitigar las pérdidas ocurridas no es menor, además de incentivar la actividad, sustentando la actividad en una zona árida que es de interés local y regional.

Las provincias de Tucumán, Salta y Jujuy atravesaron un proceso semejante en la década de 1950, cuando la principal actividad, la azucarera, tenía ya medio siglo. Tal vez explorando esta experiencia, citada por Fogliata (2011) en las provincias mencionadas, se podrían implementar acciones para resolver este delicado problema.

## CONCLUSIONES

Se ha detectado que las fases negativas de una oscilación de largo período del ENSO, o PDO fueron responsables en el pasado de condiciones térmicas extremas en la zona tropical-subtropical de Argentina.

Esta fase negativa correspondiente a un O. Pacífico con anomalías térmicas superficiales negativas o más frías, ha comenzado alrededor del 2003 produciendo un importante crecimiento en los índices de sequía y heladas extremas.

Este último aspecto ha impactado considerablemente en la región olivarera produciendo pérdidas no solo de cosechas en el último quinquenio, sino además la muerte de árboles jóvenes que deberán ser replantados o el abandono de amplias zonas bajas donde la helada es más frecuente y más intensa.

Por la experiencia adquirida en el pasado, las acciones para resolver estos problemas se encuadran dentro de las soluciones tecnológicas (fitotecnia) o de manejo del cultivo de interés (olivo).

## BIBLIOGRAFIA

- ANDERSON, R.Y.: 1992: Long-term changes in the frequency of occurrence of El Niño events. 193-20. En "El Niño: Historical and paleoclimatic aspects of the Southern Oscillation". Ed. por H. Díaz and V. Markgraft, 476 p.
- FOGLIATA, F. a., 2011: La Estación Experimental Agrícola de Tucumán, entre 1960 y 1975. Vivencias del autor. Ind. Gra. Viamonte. Tucumán, 160 p.
- GARCAFE, 2000: Quiebre de la hegemonía del estado de Paraná en la producción brasileña de café. Mayo.
- LUPIANO, G., 2011: Catamarca lidera la producción nacional de aceite de oliva. Catamarca Rural, 24 Noviembre
- MACDONAL, G.M., AND R.A. CASE, 2005: Variations in the Pacific Decadal Oscillation over the past millennium. Geophysical Research Letters, vol. 32, DOI 10.1029.
- MINETTI, J.L., NEDER, R.A., GARGIULO, C.A. Y SAL PAZ, J.C., 1985: Impacto del clima sobre la producción de caña de azúcar en Tucumán. Pub. Misc. Nº 72. EEAOC. S.M. de Tucumán.
- MINETTI, J.L., AND VARGAS, W. M., 1998: Trends and jumps in the annual

precipitations in South America, south of the 15°S. *Atmósfera* 11:205-221. México.

MINETTI, J.L., NAUMANN, G., VARGAS, W.M. Y POBLETE A.G., 2008: Las sequías en el largo plazo en Argentina y sus precursores invernales. *Rev. de Geo.* Nº 12, 26-37. *Ins. Geo. Apl. UNSJ.*

MINETTI, J.L., VARGAS, W.M., POBLETE, A.G., L.R. DE LA ZERDA Y ACUÑA, L.R., 2010 a: Regional droughts in southern South America. *Theor.Appl. Climatol.* DOI 10.1007/s00704-010-0271-1.

MINETTI, J.L., POBLETE A.G. AND BOBBA, M.E., 2010 b: Regional droughts in the southern of South America-Physical aspects. *Rev.Bra, Met.* Vol. 25 Nº 1, 88-102

MINETTI, J.L., POBLETE, A.G., VARGAS, W.M. Y OVEJERO, D.P., 2011 Interdecadales changes in the hydric condition of Argentina associated with temperature invernal-primaveral of the continent and the ocean. En prensa.

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-P735, DC., 47-67p.