

Relación entre la presión atmosférica y las sequías en la región del Noroeste Argentino.

María E. Bobba^{*}
Juan L. Minetti^{**}

RESUMEN

La humedad atmosférica es advectada sobre los continentes debido a la existencia de gradientes de presiones entre éstos y los océanos. Una anomalía de esta situación traería como consecuencia el déficit de vapor de agua sobre áreas continentales, y por lo consiguiente de precipitación sobre los mismos. El análisis de éstas irregularidades sobre el NOA es propósito de este trabajo.

Se han utilizado datos mensuales de índices de sequías areales ya establecidos en trabajos anteriores, donde se computan la cantidad de localidades de una región con valores de precipitación debajo de lo normal durante el período de investigación (1956 – 1980).

Los índices de circulación tratados, relacionan a la presión atmosférica como valores específicos de áreas o gradientes de la variable. Algunos de éstos son: Presión media en el centro del océano Atlántico subtropical (PA); gradientes de presiones entre las localidades de Bs. As. Y Santiago del Estero (BUSD), entre Santiago de Chile y Córdoba (IT), entre Valdivia y Punta Arenas (ICZA). También se han estimado las diferencias entre las presiones de PA y PP (ésta última es la presión media del centro del anticiclón del O. Pacífico Sur), denominada DAP.

Mediante el uso de un análisis exploratorio de asociación lineal entre variables, se ha investigado la importancia de cada una de estas en las sequías del NOA. Se ha encontrado que las de mayor peso son: DAP y PA, y las restantes decrecen considerablemente su influencia. Por otro lado, estas variables tienen una marcada componente estacional de incidencia, y además la PA no mantiene el signo de asociación a través de los meses.

Palabras claves: Noroeste Argentino. Sequía. Circulación.

ABSTRACT

Relationship between the atmospheric pressure and the drought in the Argentinean Northwest region

The atmospheric humidity is taken to the continents due to the existance of pressure gradients. Any anomaly of this situation would bring as a consequence a water vapour and precipitation shortage over continental areas. The analysis of these irregularities in the Argentinean Northwest region is the aim of this work.

It has been used monthly data of area drought indexes already established in previous works, in which the quantity of localities of one region is computed with the precipitation values which are below the normal standard during the investigation period (1956-1980).

^{*} Prof. Adjunta Cátedra "Meteorología y Climatología" F.F. y Letras. UNT. (elvirabobba@hotmail.com)

^{**} Prof. Asociado Cátedra "Meteorología y Climatología" F.F. y Letras. UNT e Investigador Independiente del CONICET.

The treated circulation indexes relate the atmospheric pressure as specific values of areas or variable gradients. Some of these are: average pressure in the centre of the subtropical Atlantic Ocean (PA); pressure gradients between of Buenos Aires and Santiago del Estero (BUSD); Santiago de Chile and Córdoba (IT); and Valdivia and Punta Arenas (ICZA). It has also been estimated the differences between the pressures of PA and PP (the last being the centre mid pressure of the South Pacific Ocean anticyclone), DAP. By lineal exploratory analysis has been found that the most outstanding variables are: DAP and PA, and the remainders decrease their influence. On the other hand, these variables have a marked seasonal component of incidence, moreover, the PA does not keep the association sign through months.

Key word: Northwest Argentinean, drought, circulation.

INTRODUCCION

El ciclo hidrológico externo, océano – continente, se efectiviza debido a la diferencia de presión atmosférica entre los continentes y los océanos, principales fuentes de vapor de agua en el planeta. Gracias a éste mecanismo las zonas continentales pueden gozar de los efectos vivificantes de las precipitaciones.

En el sector subtropical de Sudamérica el mecanismo clásico de circulación que explica esta advección esta representada por la Depresión continental del NOA, que interactúa con los bordes de los Anticiclones Subtropicales del Atlántico (AAS) y del Pacífico Sur (APS), lo que ha sido mostrado por Prohaska (1976). En este esquema, la circulación establecida entre el borde occidental del AAS con la Depresión del NOA tiene una marcada marcha estacional causada por la pulsación estacional de la misma (Hoffmann, 1986).

Por otro lado, existe una interacción entre la citada depresión y el borde oriental del APS lo que genera una circulación del cuadrante Sur. Ambas circulaciones dan lugar a la evolución del tiempo y del clima en la región (Schwerdtfeger, 1954; Lichtenstein, 1983).

Investigaciones relacionadas con el tema fueron realizadas por Minetti y Vargas (1982, 1990), quienes demostraron la relación estadística entre la presión atmosférica de la costa Este del continente y la del centro del Anticiclón del Atlántico Sur, en la primera oportunidad, y en la segunda estudiaron las características morfológicas, ubicación de los Anticiclones Subtropicales y circulación de los mismos sobre la costa sudamericana.

Aspectos sinópticos del fenómeno fueron analizados por Malaka y Nuñez (1987) para la sequía de 1962 y Alessandro y Lichtenstein (1996) hicieron lo propio con la del invierno de 1995.

Minetti y otros (1993) encontraron un índice basado en la anomalía de la amplitud térmica mensual de Santiago de Chile para poder inferir la actividad anticiclónica en el Pacífico Sur, y también las temperaturas mínimas y precipitaciones en la llanura argentina.

Vargas y otros (2001) comprobaron la relación entre los gradientes de presión atmosférica entre la costa Este y la zona continental de Sudamérica con las precipitaciones sobre la cuenca hidrográfica del río Paraná y el Noroeste Argentino.

El objetivo de este trabajo es indagar sobre las relaciones causales que conectan al fenómeno de sequía en la región del Noroeste Argentino con las variaciones de presión atmosférica sobre el continente y los océanos.

DATOS Y METODOS

Fueron usados índices de sequía (IS) mensuales (1956-1980) propuestos por Minetti (1999, 2001), tomados como una proporción entre el número de localidades que presentaban precipitaciones por debajo de lo normal en relación al número total de las

mismas. De este conjunto de datos se tomó el tercio superior e inferior para el análisis de situaciones extremas (excesos y déficit de precipitación regional). De cada grupo se sacó su equivalente de presión atmosférica a nivel del mar circunscriptos al período trabajado por Harnack y Harnack (1985) de 1956 a 1980, los cuales fueron promediados para obtener el perfil del comportamiento durante los excesos y los déficit de la variable mencionada.

Para ello fueron utilizados datos mensuales de presión atmosférica, para el Hemisferio Sur, reducidos a nivel del mar obtenidos de un reticulado de 10° de latitud por 20° de longitud del período 1956 a 1980. Lo que fue cartografiado para observar los casos extremos, como así también sus diferencias.

Se han estimado las presiones medias en los océanos Atlántico y Pacífico en los nodos intersección: 20° y 30° de latitud Sur - 20° y 0° de longitud Oeste; y 30° y 40° de latitud Sur y 100° y 80° de longitud Oeste, donde se ubican geográficamente los epicentros de los Anticiclones del Atlántico Sur (AAS), y del Pacífico Sur (APS), obtenidos del Atlas Climático Hemisférico de Taljaard y otros (1969), los que se denominaron PA y PP (Presión Atlántico y Presión Pacífico). Igual procedimiento se siguió para obtener los promedios de presión de los nodos 20° y 30° de latitud Sur - 100° y 80° de longitud Oeste, lo que se denominó PPC, y 40° y 50° latitud Sur - 60° y 40° longitud Oeste (PAS). Considerando estos valores, se obtuvo su diferencia lo que se llamó DASP.

Con la finalidad de averiguar la influencia de la circulación atmosférica sobre el IS del NOA, fueron seleccionados diferentes gradientes de presión como representativos del desplazamiento del aire, siendo tomados éstos como índices de circulación, con los cuales se confeccionaron matrices de correlación. Estos son:

a. La Baja continental interactuando con la presión de la costa del océano Atlántico, establecido entre Bs. As y Santiago del Estero (BUSD).

b. La subsidencia orográfica, (o vuelco de aire a través de la cordillera) representada por el gradiente transcordillerano como diferencia entre Santiago de Chile y Córdoba (IT).

c. El Índice de circulación zonal austral como la diferencia entre Valdivia y Punta Arenas (ICZA).

d. La diferencia entre los promedios de las presiones areales del Atlántico y Pacífico Sur (DAP).

Para pesar la influencia del Anticiclón del Atlántico Sur sobre los períodos de sequía que se presentan en el NOA, se confeccionaron tablas de contingencia para los períodos de octubre a marzo, al que pertenece la época lluviosa de la región (período lluvioso), y el que va de abril a septiembre, en el cual ocurre la sequía estacional (período seco). Para los cuales se relacionaron los índices de sequías \geq (iguales o mayores que) 0.6 y $<$ (menores que) 0.6 con la presión en el epicentro de la presión en el Atlántico Sur (mayor) $>$ que su Mediana y \leq (igual o menor) que su Mediana.

Se han calculado, entre el IS y los Índices de Circulación, correlaciones y contingencias para mostrar su nivel de asociación (Spigel, 1969).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Figura 1, se muestra el área continental de estudio (región del NOA) con las subáreas morfológicas y la red utilizada que se tomó para determinar el índice de sequía (Bobba y Minetti, 2002).

En las tablas de contingencia 1 y 2 se muestra la relación entre el IS con las fluctuaciones de la presión del Atlántico, para los períodos que van de octubre a marzo y de abril a septiembre, respectivamente.

Tabla 1: Relación entre el IS de la región del NOA y la presión del Atlántico (PA), expresado éste como cantidad de casos iguales, superiores o inferiores a la Mediana para el periodo octubre a marzo (1956-1980)

Período lluvioso Octubre a marzo	PA > Mediana	PA ≤ Mediana	Total
IS ≥ 0.6 (sequía)	12	47	59
IS < 0.6 (no sequía)	38	50	88
Total	50	97	147

Donde el $\chi^2 = 8.17$

Siendo $8.17 > 3.84$, se rechaza la H_0 .

Tabla 2: Relación entre el IS de la región del NOA y la presión del Atlántico (PA), expresado éste como cantidad de casos iguales, superiores o inferiores a la Mediana para el periodo abril a septiembre (1956-1980)

Período seco Abril a septiembre	PA > Mediana	PA ≤ Mediana	Total
IS ≥ 0.6 (sequía)	51	12	63
IS < 0.6 (no sequía)	62	22	84
Total	113	34	147

Donde el $\chi^2 = 1.0$

Siendo $1.0 < 3.84$, se acepta la H_0 "los períodos secos y húmedos en la región del NOA son independientes de las fluctuaciones de presión del Atlántico, para el período abril - septiembre "

De estas tablas se infiere:

- Que en el período lluvioso (octubre a marzo) se observa dependencia entre las fluctuaciones del Índice de Sequía y PA en la región del NOA.
- Que en el período seco (abril a septiembre) se observa independencia entre las fluctuaciones del Índice de Sequía y PA para la región del NOA.

Para conocer la intensidad de la dependencia de esta asociación en el período lluvioso se calculó el coeficiente de correlación para la serie: IS y PA para el período lluvioso, obteniéndose el siguiente valor:

$r = - . 2628$ significativo al 1%.

Los cuadros de contingencia calculados con los valores del IS y los correspondientes al promedio de presión atmosférica al centro del PP arrojaron resultados que demuestran

que no hay relación de dependencia entre ellos para los mismos períodos, entre los años 1956-1980.

La tabla 3 y 4 muestran los Coeficientes de Correlación con sus signos para los meses del período lluvioso y seco (1956-1980) entre el IS y PA.

Tabla 3. Coeficientes de Correlaciones para los meses del período húmedo estacional (1956-1980) entre IS y PA. * Significativo al 5%, y ** al 1%

Meses	O	N	D	E	F	M
R	-.524**	-.220	-.459*	-.29	-.422*	-.234

Tabla 4. Coeficientes de Correlaciones para los meses del período seco estacional (1956-1980) entre IS y PA. * Significativo al 5%.

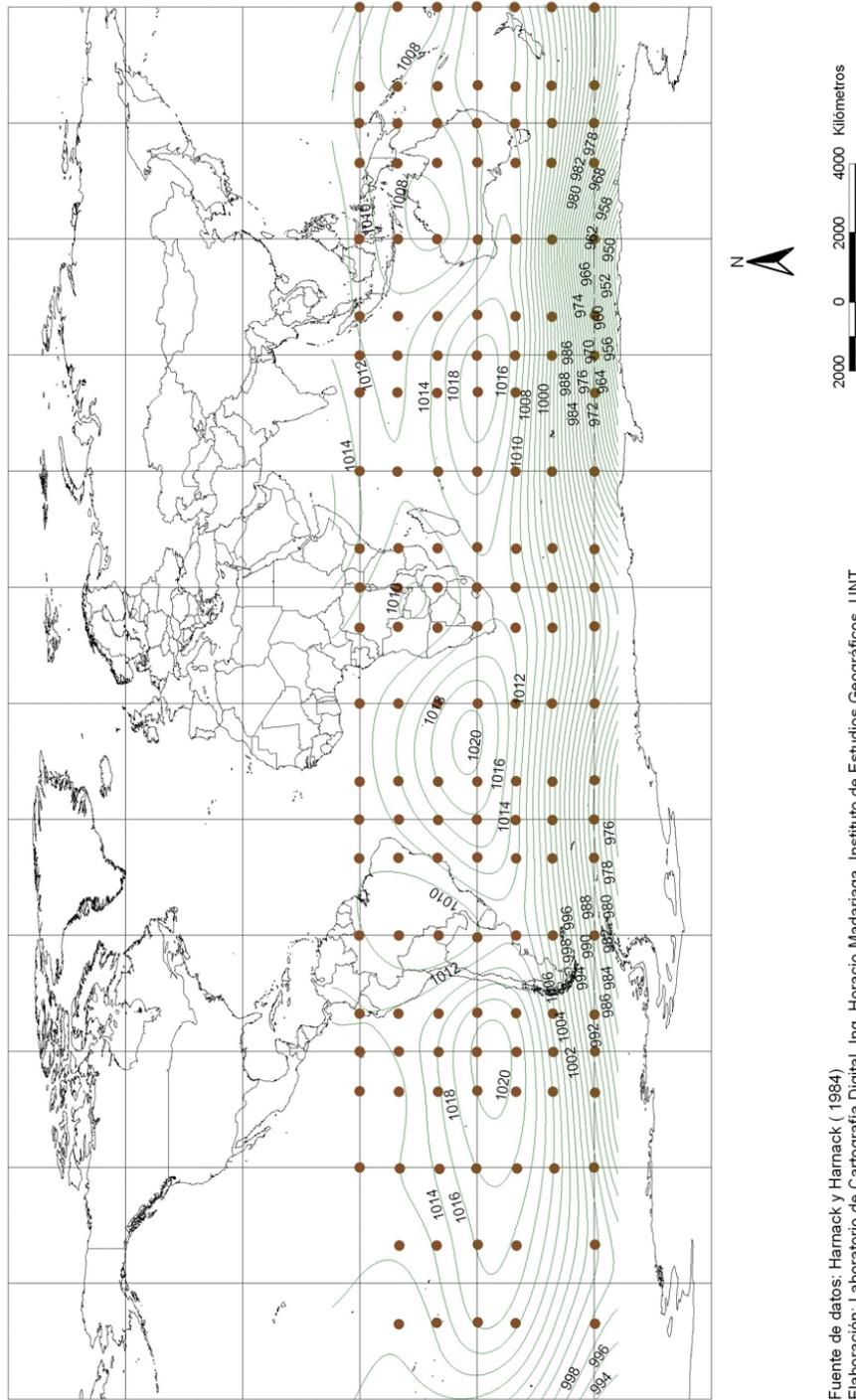
Meses	A	M	J	J	A	S
r	.459*	-.048	.179	.153	-.010	-.196

Lo que estaría demostrando que en octubre comienza una fuerte asociación entre el déficit o superávit de agua precipitada y el debilitamiento o fortalecimiento del AAS, ya que los meses que le anteceden arrojan un resultado muy débil.

La región del NOA posee un régimen de precipitaciones cuasi – monzónico, con un máximo en el trimestre DEF, que representa el 50% de la precipitación anual para la región, (Vargas y otros, 2001). Justamente, este período es el que muestra dos meses con coeficientes de correlación estadísticamente significativos. La relación inversa dura hasta marzo, aunque débil, rompiéndose en el mes de abril que da un resultado estadísticamente significativo pero positivo; lo que estaría indicando la entrada a otro período de características distintas. Cuando el AAS se aleja al Norte, las asociaciones se tornan débiles.

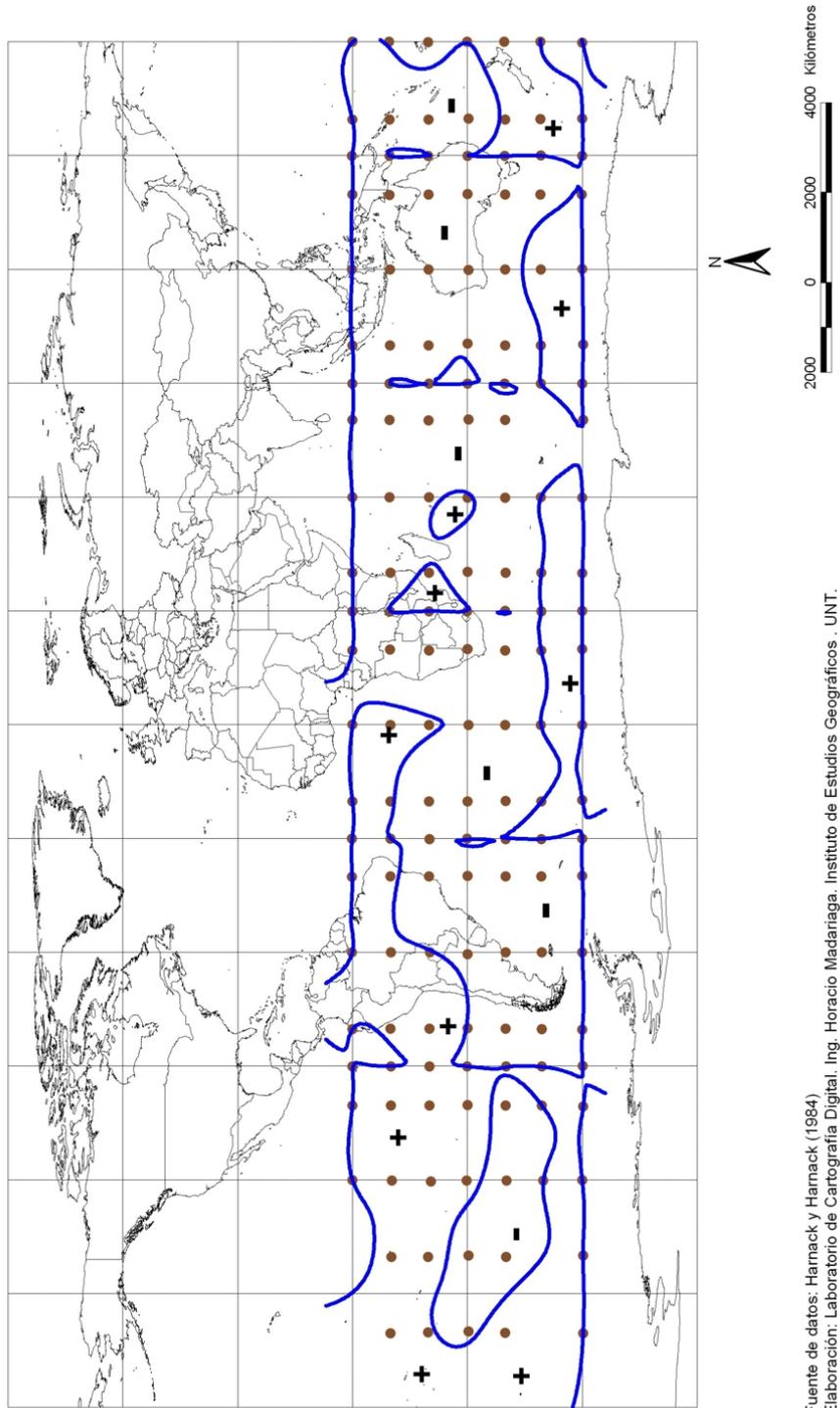
Para observar las características de presión atmosférica que poseen las situaciones extremas (tercio más seco y lluvioso) y su diferencia, se tomó como ejemplo al mes de diciembre, por pertenecer éste al trimestre más lluvioso en la región (DEF) y ser el mes que presenta singularidades con respecto a las precipitaciones en relación a indicadores de circulación (Bobba, 1999). Esto es mostrado en la Figura 2 (a, b, y c). En ellas se puede ver que:

Figura 2b: Promedio de presión atmosférica del tercio más húmedo para el H S en diciembre (1956 - 1980)



Fuente de datos: Harnack y Harnack (1984)
 Elaboración: Laboratorio de Cartografía Digital. Ing. Horacio Madariaga. Instituto de Estudios Geográficos. UNT.

Figura 2c: Diferencias de promedio de presión atmosférica entre el tercio más seco y el tercio más húmedo para el H S en diciembre (1956 - 1980)



Fuente de datos: Harnack y Harnack (1984)
Elaboración: Laboratorio de Cartografía Digital. Ing. Horacio Madariaga. Instituto de Estudios Geográficos . UNT.

1. En el período correspondiente al tercio más seco (a), el núcleo del AAS (referido a la isobara de 1018 mb) se halla más reducido espacialmente, aproximadamente entre los 3° E y 17° W sobre el paralelo de 30° S, que el que corresponde al tercio lluvioso (b), que se encuentra ubicado aproximadamente entre los 5° E y los 28° W, sobre el mismo paralelo.

2. El AAS se encuentra debilitado frente al APS, observando una diferencia de 2.5 hPa entre los nodos de máxima presión entre ambos centros, para el tercio seco (a); mientras que para su opuesto (b) sólo hay una diferencia de 0.5.

3. El tercer mapa (c) que presenta las diferencias de presiones medias, por nodo, entre el tercio seco y el tercio húmedo, muestra una extensa área negativa de presión que cubre la casi totalidad del Atlántico Sur y la totalidad de Indico. En el Pacífico la área positiva se ve sensiblemente acrecentada.

Este panorama estaría asociado a ciclogénesis sobre el Atlántico, con una presión atmosférica debilitada, en oposición al Pacífico en donde se produciría anticiclogénesis, con un gran campo positivo de presión. (Minetti y Vargas, 1982; Godske y otros, 1957). Esto determinaría un predominio de circulación de componente Sur en detrimento de la de componente Norte, que es la que aporta humedad para el sector oriental del Cono Sur del continente sudamericano.

Con objeto de evaluar la importancia que tienen sobre el fenómeno de sequía los movimientos de masas de aire en la macroescala, fueron tomados varios gradientes de presión como representativos de dicho desplazamiento, y se los ha correlacionado con el IS regional.

La figura N° 3 muestra un esquema de los centros de acción atmosféricos y la circulación que afecta a la región del NOA, tomados en cuenta en la asociación mencionada. En donde:

BUE: Buenos Aires.

RIO: Río de Janeiro.

SD: Santiago del Estero.

CB: Córdoba.

VAL: Valdivia

SGO: Santiago de Chile.

ARE: Punta Arenas

B: Depresión del NOA.

AAS: Anticiclón Atlántico Sur.

APS: Anticiclón Pacífico Sur.

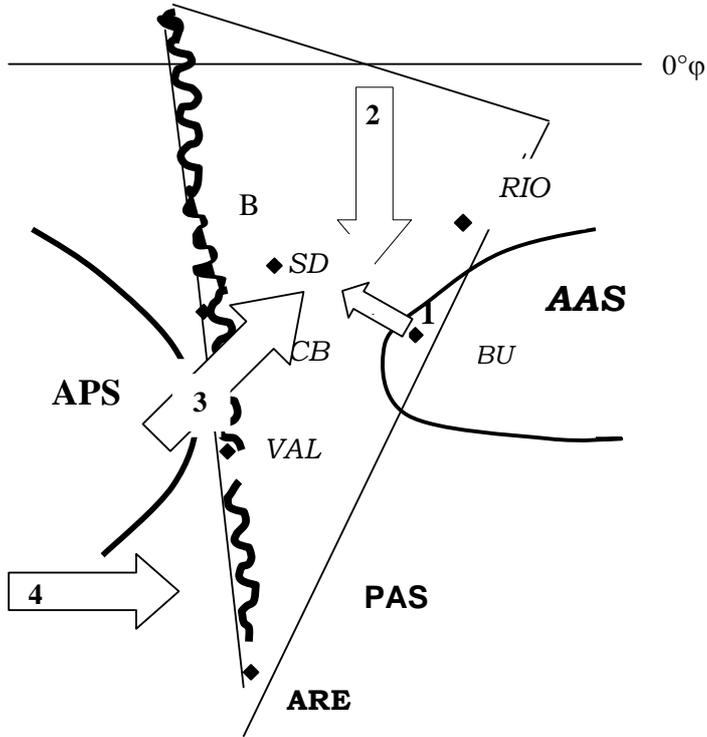
1: Gradiente de presión entre BUE-SD.

2: Gradiente de presión RIO-SD.

3: Gradiente de presión SGO-CB.

4: Gradiente de presión VAL- ARE.

Figura 3: Esquema de los centros de acción atmosféricos con la circulación regional.



Fueron calculados las asociaciones de PA, DAP, IT, BUSD, ICZA, DASP y PAS con el IS. La tabla 5 muestra los valores de la varianza explicada para los meses del año.

Tabla 5. Matriz de varianzas explicadas (R-squared) mensuales, 1956-1980. Entre los índices de circulación y el IS. Los cuadros resaltados indican las máximas varianzas por columna, o de primer orden. Los cuadros sin resaltar los de segundo orden. * significativo al 5%, y ** al 1%.

IC/Mes	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
PA	11.0	16.6*	6.6	22.5*	.5	1.9	2.4	.01	3.4	28.4**	5.0	9.5
DAP	2.2	3.0	20.1*	.6	.1	2.6	13.2	11.9	26.2**	2.7	17.2*	1.7
IT	0	6.4	6.5	1.6	.3	.02	.0	.09	2.7	4.3	5.4	16.9*
BUSD	2.2	.1	9.9	7.2	5.2	8.9	.4	2.8	.01	4.5	6.1	6.2
ICZA	7.6	1.9	.3	5.0	16.0*	3.6	.7	.4	.2	.3	1.4	2.0
DASP	0.2	0	4.6	2.4	13.7	14.7	3.6	1.9	15.6	9.6	0.6	18.4*
PAS	2.8	0	1.3	8.2	15.0	11.5	0.2	0.0	8.9	8.6	0.1	24.7**

Considerando, según los meses del año, las varianzas de primer y segundo orden, se obtiene la tabla N° 6.

Tabla N° 6. Varianzas explicadas en primer y segundo orden de importancia para los meses del año.

Orden/IC	PA	DAP	IT	BUSD	ICZA	DASP	PAS
1°	4	5	0	0	1	1	1
2°	0	0	1	3	1	4	3

En donde se observa que los factores de mayor peso para explicar las sequías están representados por el DAP, es decir las diferencias entre la presión promedio del Atlántico con las del Pacífico y la presión promedio del AAS (PA). El primero interviene principalmente en los meses de invierno y primavera, lo que coincide con investigaciones realizadas por Vargas y otros (1999). Esto se relacionaría con áreas ciclogénicas en el borde occidental del AAS, y con áreas anticiclogénicas en el borde oriental del APS, hecho observado en mes XII analizado con anterioridad.

El segundo se expresa en primavera y verano. La mayor varianza explicada le corresponde al mes de octubre, apareciendo como un mes clave en el inicio de las precipitaciones de la estación cálida en la región. La baja continental estaría jugando un papel importante en este momento, estableciéndose entre ésta y un AAS fortalecido, un gradiente de presión que explicaría la penetración del aire húmedo al continente o su opuesto que determinaría las sequías.

La diferencia de presión entre Bs.As. Santiago del Estero (BUSD) aparece explicando mejor el fenómeno en marzo, lo que es coherente ya que en otoño la advección húmeda del Este es muy importante para la región, a pesar de no ser significativo estadísticamente.

El índice de circulación del sur (ICZA) se destaca en el mes de mayo, coincidiendo con el salto o cambio brusco de posición que sufre el APS hacia el Norte, en ese mes, causado por un derrame de aire polar en presencia de una atmósfera intensamente baroclínica (Schwerdtfeger, 1951). Esto ocasionaría un apretado gradiente entre la presión alta del Pacífico y la baja continental produciendo un fenómeno de subsidencia con inhibición de los procesos de formaciones nubosas en la zona del trópico y subtropical, en el sector oriental de la cordillera andina.

La presión promedio del sector Sur del Atlántico Sur (PAS) aparece con unas de las más altas varianzas explicadas en el mes de diciembre, con signo negativo. La presencia de situaciones Niño, bloquea la circulación normal del Oeste en altas latitudes lo que produce circulación del SE para Argentina, y en consecuencia para la región en estudio. Es de destacar el impacto que sobre las anomalías de las precipitaciones del NOA tiene el evento ENOS en el mes de diciembre (Vargas y otros, 1999).

El IT (Índice Transcordillerano) se relaciona con el IS con signo positivo, destacándose en el mes de diciembre. Esto se explicaría por un pronunciado gradiente entre el borde oriental del APS y la Depresión del NOA (Pittock, 1980)

CONCLUSIONES

1. *En el período octubre a marzo (período lluvioso estacional en el NOA) existe dependencia entre IS y la presión del Atlántico Sur. Apareciendo octubre, diciembre y febrero con asociaciones inversas y significativas estadísticamente.*
2. *En el período abril a septiembre (período seco estacional en el NOA) se observa independencia entre el IS y la presión del Atlántico Sur. El único mes asociado es abril, marcando el comienzo del período seco estacional con cambio de signo (relación positiva).*
3. *En octubre se observa una fuerte asociación entre el IS y la PA, como indicadora de la iniciación del período lluvioso estacional para la región, con signo negativo.*
4. *En épocas de sequía, para el mes de diciembre, en la región del NOA, se observan las siguientes situaciones:*
 - a) *Un debilitamiento de la presión atmosférica en el AAS.*
 - b) *Un APS fortalecido.*
 - c) *El núcleo del AAS se reduce ocupando una superficie menor en períodos secos respecto de los húmedos, lo que produciría un flujo meridiano débil. Las circunstancias a y c, estarían provocando una advección pobre de humedad sobre el continente.*
 - d) *Un extenso campo negativo de presión atmosférica sobre el Atlántico y un campo positivo sobre el Pacífico Sur. Esto estaría asociado a ciclogénesis en el primer caso y anticiclogénesis en el segundo, lo que traería como consecuencia un predominio de circulación meridiana desde el sur en el sector oriental de la zona subtropical de Sudamérica, en detrimento de la del norte, que es la que representa la entrada de humedad al NOA.*
5. *Las correlaciones entre el IS y los índices de circulación indicarían que las sequías estarían relacionadas con:*
 - a) *Una circulación de componente Este (PA, BUSD) con la que se relacionaría en forma inversa, cuyas variaciones estarían balanceadas por la Baja continental que regularía la entrada de vapor de agua desde el Atlántico al continente.*
 - b) *La mayor varianza explicada de PA le corresponde al mes de octubre, apareciendo como un mes clave en el inicio de las precipitaciones de la estación cálida en la región.*
 - c) *La diferencia de presión entre Bs. As. Santiago del Estero (BUSD) aparece explicando mejor el fenómeno en marzo. En otoño la advección húmeda del Este es muy importante para la región, a pesar de no ser significativo estadísticamente.*

- d) *El índice de circulación del sur (ICZA) se destaca en el mes de mayo, coincidiendo con el cambio brusco del APS hacia el Norte, en ese mes. Lo que ocasionaría un ajustado gradiente entre la presión alta del Pacífico y la baja continental produciendo un fenómeno de subsidencia con inhibición de los procesos de formaciones nubosas en la zona del trópico y subtrópico, en el sector oriental de la cordillera andina.*
- e) *La presión promedio del sector Sur del Atlántico Sur (PAS) aparece con unas de las más altas varianzas explicadas en el mes de diciembre, con signo negativo. La presencia de situaciones Niño, bloquea la circulación normal del Oeste en altas latitudes lo que produce circulación del SE para Argentina, y en consecuencia para la región en estudio.*
- f) *El Índice Transcordillerano (IT) se relaciona con el IS positivamente. Con significación estadística sólo en el mes de diciembre.*
- g) *Una circulación de componente Oeste (DPA, IT, ICZA) inhibe a la del Este cuando cruza la cordillera de los Andes a la latitud de la región del NOA o seca la atmósfera cuando penetra por el SO, seguida de aire seco y frío.*

AGRADECIMIENTOS

Se expresa 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. Al Instituto de Estudios Geográficos de la UNT y al Ing. Horacio Madariaga por su colaboración en la elaboración cartográfica.

REFERENCIAS

- Alessandro, A.P. y E.R. Lichtentein. 1996: Anomalías persistentes de la circulación atmosférica durante la sequía del invierno de 1995. VII Congreso Argentino de Meteorología y VII Congreso Latinoamericano e Ibero de Meteorología. Bs.As.*
- Bobba, M. E.. 1988: Detección de las sequías climáticas en el Noroeste Argentino. Contribuciones Científicas GAEA. Buenos Aires. Argentina. pp 47-54.*
- Bobba, M. E. 1999: Análisis causal de las sequías estivales de 1995 para la Región del NOA. Contribuciones Científicas. GAEA. San Juan. Argentina. Pp. 83-94.*
- Bobba, M.E. Y J.L. Minetti. 2002: Comportamiento espacio – temporal de las sequías en la región del Noroeste Argentino. Breves Contribuciones del IEG. N° 14. pp 91-112.*
- Godske, C.L, T. Bergeron, J. Bjerknes, R.C. Bundgaard: 1957: Dynamic Meteorology and Weather Forecasting. American Meteorological Society, Massachusetts. Págs. 483.*
- Harnack, R.P. and J. Harnack. 1985: A southern hemisphere sea level pressure data set for use in climate studies. J. Climatol., 4. pp. 187-204.*
- Hoffmann, J.A.J. 1986: El campo bórico medio correspondiente al nivel del mar y sus variaciones estacionales en América del Sur. Anais 3 del I Congreso Int. De Met., SBMET, CAM, AMS, Brasilia.*
- Hoffmann, J.A.J., S.E. Núñez y A.T.M. Gómez.. 1987: Fluctuaciones de la precipitación en Argentina en lo que va del siglo. II Congreso Interamericano de Meteorología y V Congreso Argentino de Meteorología. Buenos Aires, Argentina..*
- Lichtenstein, E., 1983: Sobre el mecanismo de la presión del Noroeste Argentino. Meteorológica, vol. XIV, N° 1-2, pp 569-580. CAM. Bs.As.*
- Malaka, I. Y S. Nuñez. 1987: Aspectos sinópticos de la sequía que afectó a la República Argentina en el año 1962. Servicio Meteorológico Nacional. Bs. As.*

- Minetti, J.L. 1984: *La componente de circulación zonal y las precipitaciones en la región central andina*. XII Reunión AAGG. Bariloche.
- Minetti, J.L. . 1999: *Las sequías en la Argentina*. Contribuciones Científicas de la GAEA. Sociedad Argentina de Estudios Geográficos. 60va Semana de Geografía. Pp 491-496. San Juan . Argentina.
- Minetti, J.L., S.M. Radicella,, M.I.M. de García, y J.C. Sal Paz. 1982: *La actividad anticiclónica y las precipitaciones en Chile y zona cordillerana central andina*. Revista Geofísica. IPGH. N° 17. pp 145-157.
- Minetti, J.L. y W.M. Vargas. 1982: *Comportamiento del borde anticiclónico subtropical en Sudamérica. I parte*. Meteorológica, Vol. XIV, N° 1-2. pp 645-656. CAM. Buenos Aires. Argentina.
- Minetti, J.L. y W.M. Vargas. 1990: *Comportamiento del borde anticiclónico subtropical en Sudamérica. II parte*. Revista Geofísica. IPGH. N° 33. pp 179-190.
- Minetti, J.L., W. M. Vargas y A.G. Poblete. 1993: *Comportamiento interestacional e interanual del borde oriental del Anticiclón del Pacífico Sur*. Revista Geofísica. IPGH. N° 38. pp 79-89.
- Minetti, J.L., W. M. Vargas, L.R. De La Zerda, G. Casagrande, L.R. Acuña, J.J. Nievas y F.L. Frassetto. 2001 a: *Inventario de las sequías regionales en Argentina y Chile*. Informe técnico del Laboratorio Climatológico Sudamericano. Fundación Caldenius. Sede NOAA y CONICET. San Miguel de Tucumán . Argentina.
- Pittok, A.B. 1979: *Patterns of climatic variation in Argentina and Chile I. II Precipitation and temperature, 1931-60*. Month. Weat. Rev., Vol. 108, N° 9, pp 1347-1369. USA.
- Pittok, A.B.: 1980. *Modelos de variación climática en la Argentina y Chile*. Meteorológica, vol. XI, N° 1. pp 73-97. Bs.As. Argentina.
- Prohaska, F.J. 1976: *Climates of Argentina, Uruguay and Paraguay*. *Climates of Central and South America*. World Survey of Climatology, VOL. 12. Elsevier, Amsterdam.
- Schwerdtfeger, W. 1951: *Bases para el pronóstico a medio plazo de las condiciones de temperatura en el otoño en Buenos Aires*. Meteoros. Año 1, N° 1, pp 34-45. Bs. As.
- Schwerdtfeger, W. 1954: *Análisis sinóptico y aspecto climatológico de dos tipos de depresiones bálticas en el norte de Argentina*. Meteoros. Año 4, N° 4, pp 301-323. SMN. Bs. As.
- Spigel, M.R. 1969: *Estadística*, Mc Graw Hill. Panamá. págs. 357.
- Taljaard, J.J., H. Von Loon, H.L. Crutcher and R.L. Jenne. 1969: *Climate of the upper air; Southern hemisphere, Vol. 1, Temperatures dew points, and heights and selected pressure levels*, NAVAIR 50, AC55, Chief Naval Operations, Washington D.C., págs. 135.
- Vargas, W.M., J.L. Minetti y A.G. Poblete. 2001: *Low - frequency oscillations in climatic and hydrological variables in southern South America's tropical- subtropical regions*. *Theoretical and Applied Climatology*. Springer Wien New York. Vol. 72, N° 1-2, 2002. Austria. pp. 29-40.
- Vargas W.M. , , O.C., Penalba y J.L. Minetti. 1999: *Las precipitaciones mensuales en zonas de la Argentina y el ENOS. Un enfoque hacia problemas de decisión*. Meteorológica. Vol. 24 N° 1 y 2. pp. 3-21.