

CUANTO INFLUYE EL ENSO SOBRE LA CAIDA DE NIEVE EN LOS ANDES ÁRIDOS

Arnobio G. Poblete

Instituto de Geografía Aplicada – Departamento de Geografía de la UNSJ
agpoblete@gmail.com

Mariela Carina Hryciw

Instituto de Geografía Aplicada – Departamento de Geografía de la UNSJ
licmhryciw@gmail.com

María Jose Vera

Instituto de Geografía Aplicada – Departamento de Geografía de la UNSJ
mariajosevera42@gmail.com

[FECHA ENTREGA 12/09/2016 - FECHA APROBADO 15/09/2016]

1. RESUMEN

En los medios periodísticos y público en general se ha generalizado la idea de una asociación directa entre cantidad de nieve caída en los Andes Áridos y el ENSO, es decir: si hay “Niño” se producen nevadas y si hay “Niña” sequía. También el intenso periodo seco, 2010-2014, incrementó la toma de conciencia de la comunidad de Cuyo y Chile Central sobre la importancia del estudio de la fuente de sus recursos hídricos superficiales, por su impacto adverso en la agricultura y disponibilidad de energía hidroeléctrica, que hacen posible la existencia de sus oasis en un escenario árido.

Debido a esto se hace necesario profundizar el conocimiento de las asociaciones y teleconexiones entre el recurso hídrico superficial de dichas regiones con los

mecanismos de circulación atmosférica regional, el estado de los océanos y de la cupla océano atmósfera que regulan los procesos hidroclimáticos de la cordillera y sus forzantes externos.

En ese contexto, este artículo se propone cuantificar y discriminar la incidencia precisa del ENSO sobre las precipitaciones nivales, con metodologías estadísticas no paramétricas. Para lograrlo se analizan las series de datos anuales del INAA (Índice Nival de los Andes Áridos) y el promedio del ONI (Oceanic “Niño” Index= Índice Oceánico del “Niño”) en el periodo nival (abril-septiembre), desde 1950 hasta 2015.

Palabras Clave: ENSO, Andes Áridos, Nevada, Sequía.

2. ABSTRACT

HOW MUCH INFLUENCES THE ENSO ON THE FALL OF SNOW IN THE ARID ANDES

ABSTRACT

In journalistic media and the general public has generalized the idea of a direct association between amount of snow in the Arid Andes and the ENSO, that is to say if there is “Niño” snowfalls occur and if there is “Niña” drought. The intense dry, 2010-2014, period increased the awareness of the community of Cuyo and Central Chile about important to study the source of its surface water resources, due to its adverse impact on agriculture and of hydroelectric energy availability, that make possible the existence of their oasis in an arid stage.

Due to this it is necessary to deepen the knowledge of associations and Teleconnections between surface water resources in those regions with the mechanisms of regional atmospheric circulation, the state of the oceans and ocean cupla atmosphere that regulate hydroclimatic processes of the Cordillera and its external forcings.

In this context, this article proposes to to quantify and discriminate precise the incidence of ENSO on rainfall nivales with nonparametric statistical methodologies. To achieve the series of annual data from INAA (Nival Index Aggregates Andes) and the average ONI analyzed (Oceanic “Niño” Index = Oceánico Index “Child”) in the snowy period (April-September), since 1950 to 2015..

Key words: ENSO, Arid Andes, snowfalls, drought.

3. INTRODUCCIÓN

Los fenómenos hídricos y de circulación atmosférica que afectan a los Andes Áridos han sido objeto de diversos estudios, la incidencia de los mismos en la escala

regional sudamericana es aun insuficientemente conocida, razón por la cual se debe aún encarar el análisis de las relaciones existentes entre la escala hemisférica y aquella.

Debido a esto se hace necesario profundizar el conocimiento de las asociaciones y teleconexiones entre el recurso hídrico superficial de Cuyo y Chile Central con los mecanismos de circulación atmosférica regional, el estado de los océanos y de la cupla océano atmósfera que regulan los procesos hidroclimáticos de la cordillera y sus forzantes externos.

En los medios periodísticos y público en general se ha generalizado la idea de una asociación directa entre cantidad de nieve caída y el ENSO ("El Niño" Southern Oscillation = El Niño/Oscilación del Sur), es decir que manifiestan que si hay "Niño" se producen nevadas abundantes y si hay "Niña", sequía, sin tener en cuenta que hay otros factores involucrados.

El intenso periodo seco registrado entre 2010 y 2014 incrementó la toma de conciencia de la comunidad cuyana y chilena sobre la importancia del estudio de la fuente de sus recursos hídricos superficiales, por su impacto adverso en la agricultura y disponibilidad de energía hidroeléctrica, los que hacen posible la existencia de sus oasis productivos en un escenario árido.

Varios son los trabajos realizados sobre lo descripto, en particular se pueden destacar los de: Carletto M. C., et al (1987), Minetti J. L., et. al. (1984), Minetti J. L., et. al. (1993). Como la determinación de la ocurrencia

de El Niño/La Niña o año normal es muy controvertida (Trenberth, 1993, 1997) NOAA-The National Oceanic and Atmospheric Administration, Minetti et. al. (1999), Kiladis y Diaz (1989), Quinn (1992), Aceituno, P. y G. R. (1995), Aceituno, P. y Vidal, F. (1990),

Carril, A., Doyle, M., Barros, V. y Núñez, M. (1997), Compagnucci, R.H. y Vargas, W.M. (1998), Otnes, R.K. (1972).

En ese contexto, este artículo se propone cuantificar y discriminar la incidencia precisa del ENSO sobre las precipitaciones nivales ya que se le da una sobreestimación y/o subestimación en diversos ámbitos, tanto académicos, periodísticos y del público en general. Para lograrlo se analizan las series de datos anuales del INAA (Índice Nival de los Andes Áridos) y el promedio del ONI (Oceanic "Niño" Index = Índice Oceánico del "Niño") solamente en el periodo nival (abril-septiembre), desde 1950 hasta 2015 (66 años) puesto que la NOAA lo implementa desde ese año.

Por lo dicho, las conclusiones de este estudio pueden ser útiles para ser tenidas en cuenta en la construcción de modelos para el pronóstico estacional del derrame anual, que a su vez sirve para el manejo de embalses, planificación del riego, otros estudios hídricos y del ambiente.

4. DATOS Y MÉTODOS

A causa de la insuficiencia de mediciones nivales que abarquen un período mayor que 100 años en los Andes Áridos, para estimarlas se emplean como índice (al cual se llamará INAA, Índice Nival de los Andes Áridos, Poblete et. al. 2016) a los registros de los derrames anuales del río San Juan (ver figura 1) en el período 1909-2015, puesto que cuantifican lo sucedido en la temporada nival correspondiente y a su vez es representativo de los ríos originados por la nieve caída en los mismos (Poblete, 2013). Los registros fueron aportados por el Departamento de Hidráulica de la Provincia de San Juan y la Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación (2014).

Para determinar con precisión la ocurrencia de los eventos "Niños"/ "Niñas", fases opuestas del patrón climático llamado El "Niño"-Oscilación del Sur o ENSO se utilizó el Oceanic "Niño" Index (ONI), principal índice de la NOAA, que considera que las condiciones de El "Niño" están presentes cuando el ONI es 0.5 o superior, indicando que el centro del Pacífico tropical oriental está significativamente más caliente de lo normal, en cambio existe una condición La "Niña" cuando el ONI es -0.5 o más bajo, mostrando que dicha región está más fría de lo normal (http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensostuff/ensoyears.shtml).

Para el cálculo del ONI, los científicos del Centro de Predicción Climática de la NOAA estiman la temperatura media superficial del mar en la región "Niño" 3+4 (figura 2) para cada mes, y luego la promedian con los valores de los meses anteriores y siguientes. Esta media móvil de tres

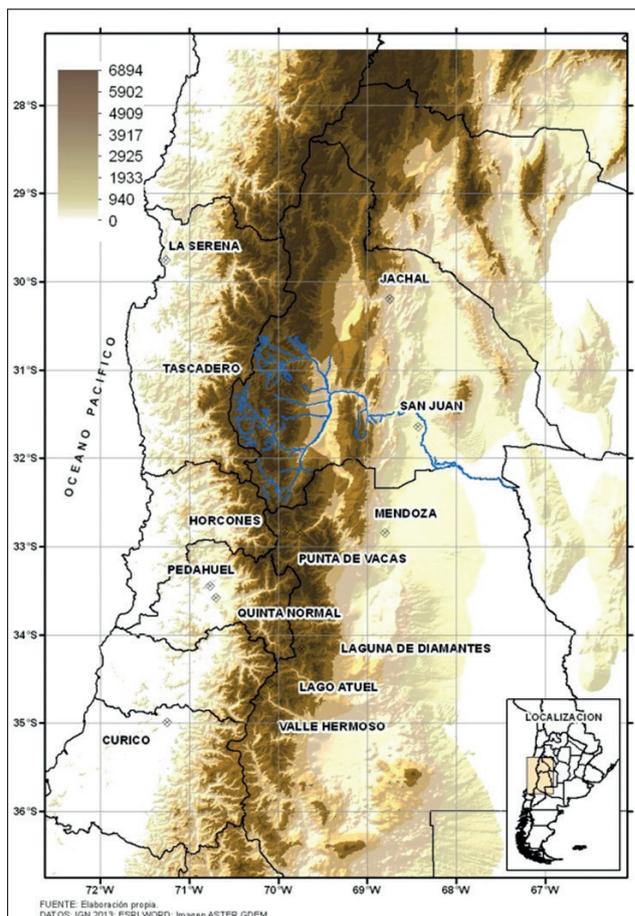


Figura 1: Ubicación de la cuenca del río San Juan y las estaciones de aforo en los Andes Áridos.

meses se compara con un promedio de 30 años debido a que detectaron que el calentamiento global afectaba el cálculo del "Niño" sumándole una temperatura espuria a la estimación del evento. La diferencia observada de la temperatura media en esa región, ya sea caliente o fría, es el valor del ONI para la "temporada" de 3 meses (a los fines prácticos se lo considera haciendo alusión al mes central).

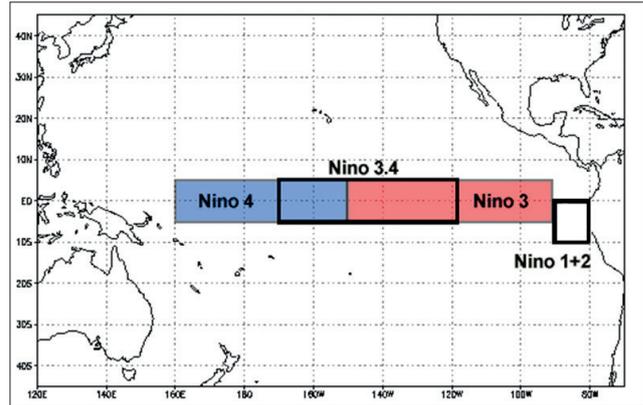


Figura 2: Áreas donde se miden las Temperaturas Superficiales del Mar (SST) asociadas al ENSO. <http://www.noaa.gov>.

Los principales métodos estadísticos no paramétricos empleados fueron:

Coefficiente τ de Kendall (Siegel, 1998) se define como: sea $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ un conjunto de rangos obtenidos de ordenar las observaciones de las variables originales X e Y, respectivamente, de manera

que todos los valores de (x_i) y (y_i) son únicos. Cualquier par de observaciones (x_i, y_i) y (x_j, y_j) se dice que son concordantes si: para $x_i > x_j; y_i > y_j$ o si $x_i < x_j; y_i < y_j$. Son discordantes si $x_i > x_j; y_i < y_j$ o si $x_i < x_j; y_i > y_j$. Si $x_i = x_j$ o $y_i = y_j$, la pareja no es ni concordantes ni discordante.

$$\tau = \frac{(Nro.acuerdos) - (Nro.desacuerdos)}{\frac{n(n-1)}{2}} \quad (1)$$

Donde n = nro de datos.

Al τ de Kendall también se lo usa como coeficiente de correlación no paramétrico (Draper, et. al. 1998). (WMO, 1966)

4.1. Variable estandarizada

Que mide la desviación de cada dato respecto de la media en unidades de desviación típica.

La nueva variable: $z_i = \frac{x_i - \bar{X}}{S} \quad (2)$

Con z_i la variable estandarizada obtenida de los N valores de x cuya media (X) y desviación típica (S), tienen una vez tipificadas, una media =0 ($Z=0$) y desviación típica =1 ($S_z=1$), (Draper, et. al. 1998)

Para realizar las pruebas de aleatoriedad se utilizaron las tablas de contingencia con el correspondiente test ji-cuadrado y Q de Yule que tienen la forma (Maisei 1973):

CRITERIO CASOS	CRITERIO 1	CRITERIO 2	TOTAL
CASO 1	n_{11}	n_{12}	$n_{11} + n_{12}$
CASO 2	n_{21}	n_{22}	$n_{21} + n_{22}$
TOTAL	$n_{11} + n_{21}$	$n_{12} + n_{22}$	$n_{11} + n_{12} + n_{21} + n_{22}$

$$Q = \frac{n_{11}n_{22} - n_{12}n_{21}}{n_{11}n_{22} + n_{12}n_{21}} = \frac{n.D}{n_{11}n_{22} + n_{12}n_{21}} \quad (3)$$

- 1) Se calcula el estadístico ji-cuadrado (χ^2).
- 2) Se realiza la siguiente décima:
 H_0 : Los casos son independientes.
 H_1 : No son independientes.
- 3) Se establece el nivel de confianza α y se busca X_c^2 en la tabla el valor crítico para gl grados de libertad.
- 4) Si $X^2 > X_c^2$ se rechaza H_0

Se define el coeficiente de asociación **Q de Yule** como:

$$Q = \frac{n_{11}n_{22} - n_{12}n_{21}}{n_{11}n_{22} + n_{12}n_{21}} = \frac{n.D}{n_{11}n_{22} + n_{12}n_{21}} \quad (4)$$

El Coeficiente de Yule se puede interpretar de la siguiente manera:

Si los atributos de A y B son independientes, entonces $Q = 0$.

Si $Q = 1$, se verifica $n_{12}n_{21} = 0$.

Si $Q = -1$, entonces $n_{11}n_{22} = 0$ y existe una disociación completa entre A y B .

Ya que uno de los inconvenientes del estadístico χ^2 es que no está acotado entre 0 y 1 se ha propuesto el coeficiente de asociación de contingencia o de Cramer, definido por:

$$C = \sqrt{\frac{\chi^2}{n + \chi^2}} \quad (5)$$

que cumple $0 \leq C < 1$. Si los atributos son independientes entonces $C=0$, mientras que si C está cercano a 1 existe un alto grado de asociación. En el caso de tablas $k \times k$ el valor máximo de este es

$$\sqrt{(k-1)/k}. \quad (6)$$

5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Para valuar preliminarmente las series completas ONI e INAA se aplica el test no paramétrico de Kendall, es decir la concordancia o no entre sus secuencias ordenadas, dando por resultado $\tau = 0,30$ significativo al 5%. Esto indica que sólo en el 30% de los casos hay

coherencia significativa entre ambos.

Teniendo en cuenta lo anterior se analizan las series de datos anuales del INAA y el promedio del ONI en el periodo nival (abril-septiembre), desde 1950 hasta 2015 (66 años) puesto que la NOAA lo implementa desde ese año.

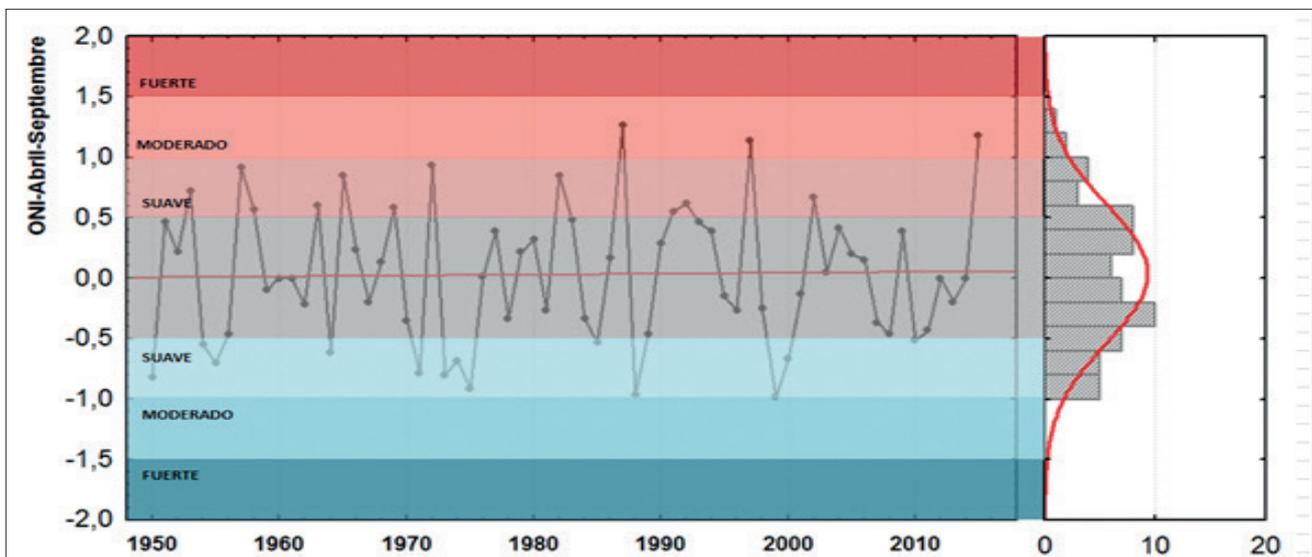


Figura N 3. Variabilidad interanual del ONI con su distribución normal y umbrales de intensidad (periodo Abril-Septiembre).

La variabilidad interanual del ONI categorizada, en el periodo Abril-Septiembre, se muestra en la figura 3, observándose que tiene una distribución normal con tres extremos en la banda de los moderados en el caso de los “Niños” mientras que no alcanzan esta categoría

los eventos “Niñas”, confinándose en la franja suave, quedando la mayoría de los casos en la categoría neutro. Esto se precisará con metodologías estadísticas más específicas.

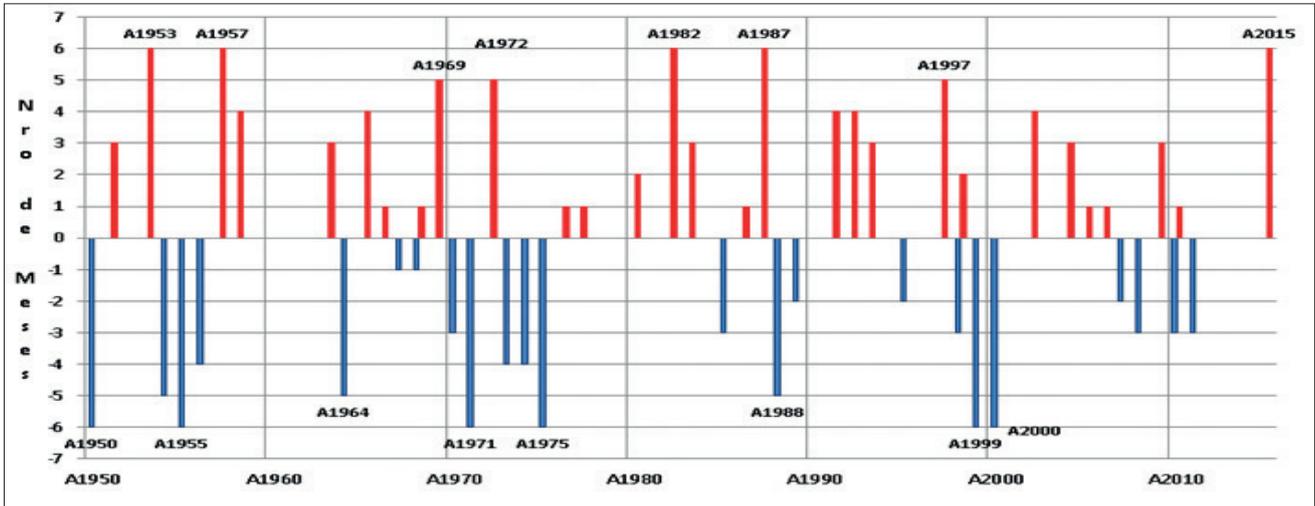


Figura N° 4. Número de meses con “Niños” (rojo) y “Niñas” (azul) en el periodo Abril-Septiembre.

Complementando lo anterior, en la figura 4 se observa el número de meses en los cuales los eventos cálidos y fríos estuvieron presentes en el periodo nival. Los “Niños” contabilizados en los 6 meses analizados y sus respectivos derrames fueron: 1953-54 (3868 Hm³), 1957-58 (1933 Hm³), 1982-83 (3792 Hm³), 1987-88 (4664 Hm³) y 2015-16 (1890 Hm³), mientras que los periodos con cinco meses solamente fueron 1969-70 (662 Hm³), 1972-73 (3196 Hm³) y 1997-98 (3935 Hm³); obsérvese que no hay una relación directa en-

tre el número de meses y el derrame como por ejemplo los considerables de 1987 y 1997 en contraste con los relativamente bajos de 1957 y 2015. A su vez las “Niñas” con 6 meses fueron: 1950-51 (1069 Hm³), 1955-56 (1347 Hm³), 1971-72 (742 Hm³), 1975-76 (1086 Hm³) y las de cinco 1954-55 (1905 Hm³), 1964-65 (1076 Hm³) y 1998-99 (1411 Hm³); en este caso hay una mayor concordancia salvo en el 2000 que con 2100 Hm³ supera al reciente “Niño” de 2015 con 1890 Hm³.

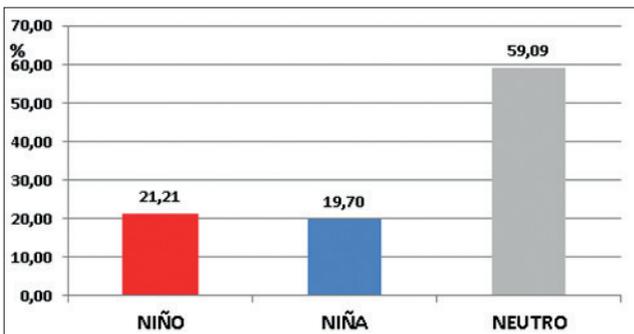


Figura N° 5. Porcentaje de ocurrencia de los eventos “Niños”, “Niñas” y Neutro en el periodo 1950-2015.

En la serie analizada (1950-2015) se produjeron un 21,2% de eventos “Niños” (ONI \geq 0,5), 19,2% de “Niñas” (ONI \leq - 0,5) y 59,09 % de neutros en el periodo Abril-Septiembre (figura 5). Se verifica que ni aun sumados los eventos cálidos y fríos (41%) alcanzan el estado térmico medio del Pacífico ecuatorial (59%).

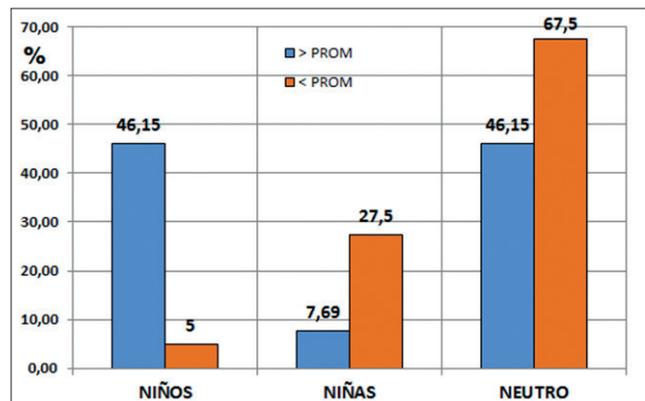


Figura N° 6. Porcentaje de los eventos “Niños”, “Niñas” y Neutro de acuerdo a que el derrame esté por encima o por debajo del promedio en el periodo 1950-2015.

Teniendo en cuenta los derrames que superan o están por debajo del promedio lognormal se analiza el porcentaje de eventos cálidos, fríos y neutros para cada caso. En la figura 6 se observa que cuando el derrame es mayor que el promedio hay un 46,15% de "Niños", un 7,69% de "Niñas" y un 46,15% de neutros, mientras que cuando el derrame está por debajo del promedio los primeros se presentan solo en un 5%, los segundos en un 27,5% y los últimos en un 67,5%. La canti-

dad de "Niños" presentes cuando los derrames están por encima de lo normal confirma la creencia de que el "Niño" los favorece, sin embargo la cantidad de eventos neutros le resta la importancia que generalmente se le atribuye. No sucede lo mismo con las "Niñas" puesto que solo están presentes en un porcentaje menor al esperado siendo dominantes los eventos neutros en los períodos deficitarios.

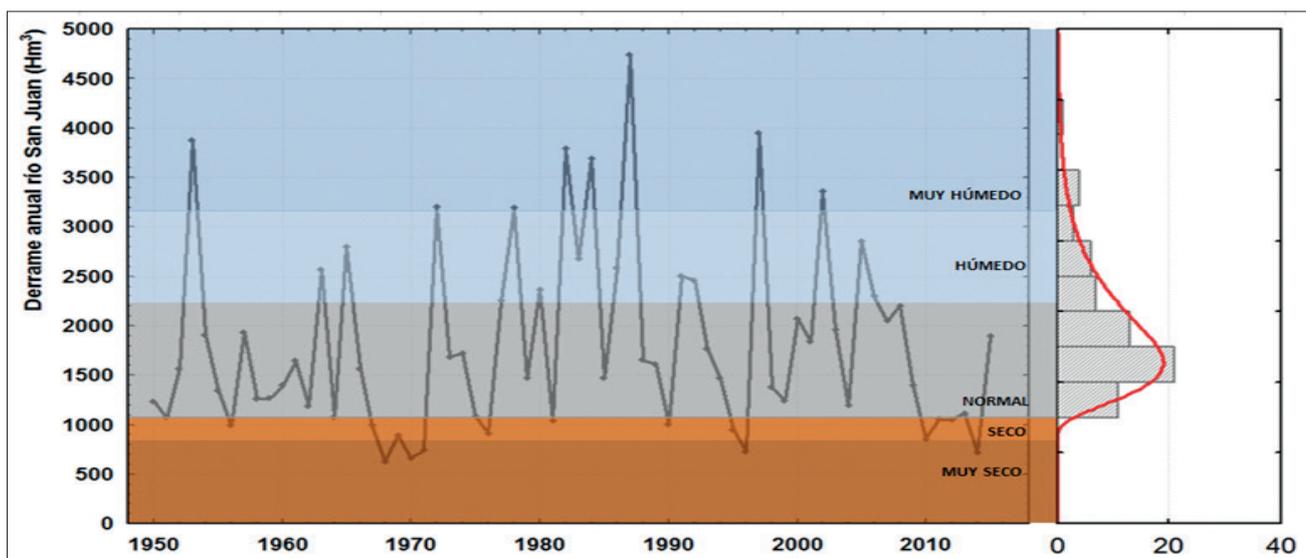


Figura N° 7. Variabilidad interanual del derrame del río San Juan (INAA) con su distribución lognormal y respectivos deciles y cuartiles.

Para especificar objetivamente la magnitud de los periodos húmedos y secos en los Andes Áridos se elabora la figura 7 que categoriza al INAA mediante el cálculo de sus deciles, cuartiles y la distribución lognormal que los condiciona. En la misma se verifica la significativa influencia de los máximos, dándole gran amplitud a la franja muy húmeda en contraste con la angostura de la banda seca, mientras que la mayor parte de los derrames

se confinan en el intervalo neutro (observar histograma) y en segundo lugar en la húmeda. Sus estadísticos se muestran en la tabla 1, teniendo en cuenta su distribución resulta más adecuado para representar sus volúmenes promedios el valor de la frecuencia acumulada de dicha distribución hasta el 50%, es decir 1784,32 en vez de la mediana y la media.

	N	MEDIA	MEDIANA	MIN	MAX	1ER CUART	2DO CUART	10%	90%	50% LOGNOR
DJUA	66,00	1803,60	1566,00	627,00	4738,00	1074,00	2295,00	890,90	3198,00	1784,32

Tabla 1. Estadísticos del Derrame Anual del Río San Juan (INAA).

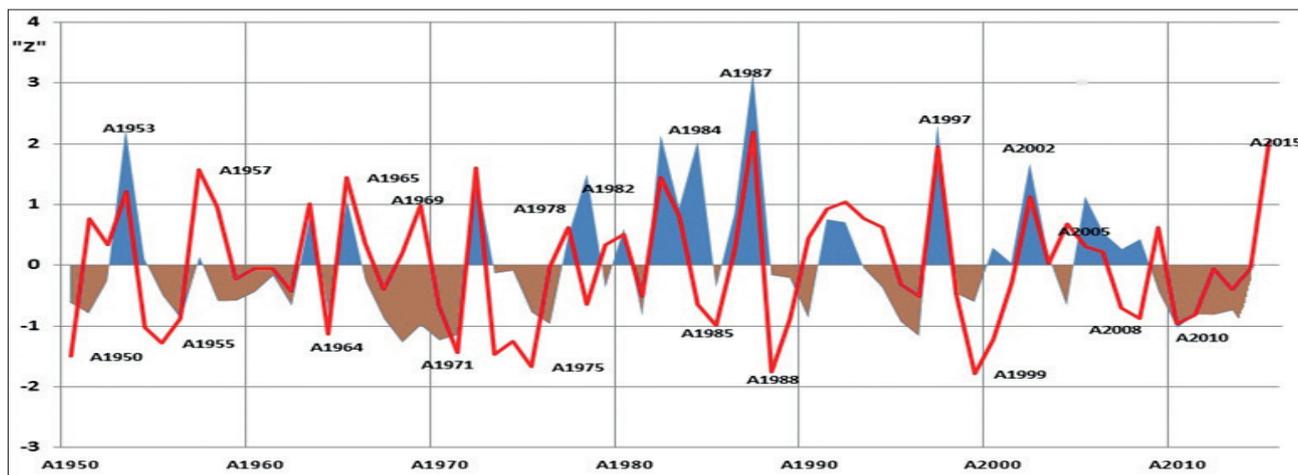


Figura N° 8. Variabilidad interanual de las series estandarizadas de los derrames del río San Juan y el ONI para el periodo 1950-2015.

La figura 8 muestra la variabilidad interanual de las series en estudio estandarizadas (su media es 0 y su desviación estándar 1). En muchos casos se verifica la marcada coincidencia entre los eventos “Niños” significativos y los episodios húmedos. Sin embargo las rachas secas, de mayor duración que los anteriores, no tienen la coincidencia esperada con las “Niñas” a pesar de su

mayor persistencia, mostrada en la figura 4, y además se advierten varias contradicciones respecto de la creencia: “Niño”-Nieve, “Niña”-No Nieve como por ejemplo un evento cálido en 1969 en medio del periodo seco más significativo (1968-71) desde que se tienen registros Poblete et. al. 2012.

5.1. Análisis de la asociación con tablas de contingencia

Para precisar el análisis anterior se calcula la asociación estadística entre derrames mayores o menores

que el valor medio (1784,32Hm3) con la ocurrencia de eventos cálidos, fríos y neutros dentro del periodo nival.

	“NIÑO”	“NIÑA”	NEUTRO
>ME	12	2	12
<ME	2	11	27

YATES CORRECTION

Test Statistic

2	13,81038
<i>p</i> -value	0,00100
df	2

Parson C	0,41598
Cramer V	0,45744
M	1

Tabla N° 2. Tabla de contingencia entre la cantidad de “Niños”, “Niñas” y Neutros en todo el periodo respecto de su valor medio.

La tabla 2 muestra la asociación entre todos los posibles eventos, verificándose mediante el estadístico Chi² (13,81) que es significativa al 1 0/00 lo que se confirma con el C de Pearson y V de Cramer que indican una interdependencia entre el tipo de evento y el hecho de que el derrame sea mayor o menor que su promedio lognormal.

Para discriminar dicha asociación se construye la

	“NIÑO”	NO “NIÑO”
>ME	12	14
<ME	2	38

YATES CORRECTION

Test Statistic

2	13,60108
<i>p</i> -value	0,00023

Yule Q	0,884297521
Parson C	0,41336
Corrected C	0,584577668
Cramer V	0,45369
M	1

Tabla N° 3. Tabla de contingencia entre la cantidad de “Niños”, No-“Niños” en todo el periodo respecto de su valor medio.

tabla de contingencia 3 y 4 que confirman la relación significativa entre el evento cálido/frío y la ocurrencia de los mismos, esto es corroborado objetivamente por las tablas correspondientes que dan por resultado un Chi² significativo al 1 0/00 y un Q Yule que en el primer caso tiene un valor 0,88 y en el segundo un Chi² significativo pero al 1% con un valor de Q de Yule de 0,64 mostrando una asociación menor que la anterior.

	"NIÑA"	NO-"NIÑA"
>ME	12	24
<ME	11	29

YATES CORRECTION

Test Statistic χ^2 2 **2,,75666**

p -value **0,09685**

Yule Q	0,639751553
Parson C	0,20023
Corrected C	0,283171404
Cramer V	0,20437
M	1

	"NIÑA"	NEUTRO
>ME	2	12
<ME	11	27

YATES CORRECTION

Test Statistic χ^2 2 **0,52130**

p -value **0,47029**

Yule Q	-0,419354839
Parson C	0,09963
Corrected C	0,140893991
Cramer V	0,10013
M	1

Tabla Nº 4. Tabla de contingencia entre la cantidad de "Niñas", No-"Niñas" en todo el periodo respecto de su valor medio.

Tabla Nº 5. Tabla de contingencia entre la cantidad de "Niñas" y Neutros en todo el periodo respecto de su valor medio.

Dada la relevancia que tienen los eventos neutros en toda la serie, se analiza su asociación con los eventos cálidos y fríos respectivamente (Tabla 5 y 6). En el caso del evento "Niña" su asociación es débil e *inversa*

como lo demuestra el $Q = -0,42$ significativo al 1%, que se debería a la mínima ocurrencia de "Niñas" respecto de Neutros. Sin embargo para el "Niño" la asociación es positiva y significativa al 1 0/00 con un $Q = 0,86$

	"NIÑO"	NEUTRO
>ME	12	12
<ME	2	27

YATES CORRECTION

Test Statistic χ^2 2 **10,43251**

p -value **0,00124**

Yule Q	0,862068966
Parson C	0,40554
Corrected C	0,573526365
Cramer V	0,44367
M	1

	"NIÑO"	"NIÑA"
>ME	12	2
<ME	2	11

YATES CORRECTION

Test Statistic χ^2 2 **10,68641**

p -value **0,00108**

Yule Q	0,941176471
Parson C	0,53250
Corrected C	0,753075599
Cramer V	0,62912
M	1

Tabla Nº 6. Tabla de contingencia entre la cantidad de "Niños" y Neutros en todo el periodo respecto de su valor medio.

Tabla Nº 7. Tabla de contingencia entre la cantidad de "Niños" y "Niñas" en todo el periodo respecto de su valor medio.

Por último en la tabla 7 se analiza la asociación entre los eventos "Niños" y "Niñas" con los derrames mayores o menores a su valor medio, observándose la alta relación confirmada con un $Q = 0,94$ el más alto de todos los analizados con las tablas de contingencia, ratificados por un χ^2 muy significativo (1 0/00) de 10,11 que indica la importante asociación entre la presencia de un evento cálido/frío y un derrame mayor/menor.

Teniendo en cuenta las categorizaciones realizadas al INAA y mostradas en la figura 7, se estudia la ocurrencia de los distintos estados de la temperatura del Pacífico ecuatorial dentro de las mismas.

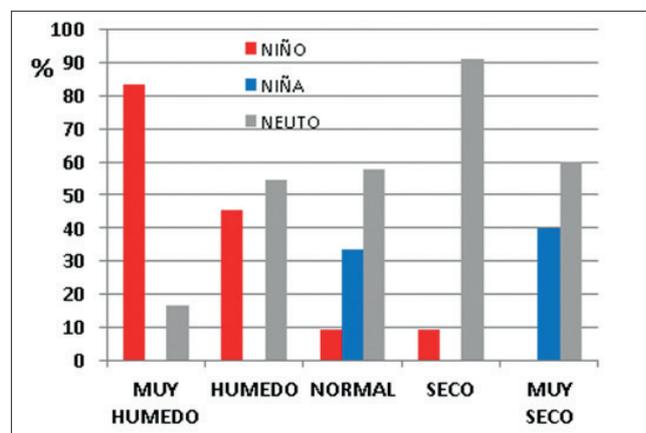


Figura Nº 9. Porcentaje de ocurrencia de los eventos "Niños", "Niñas" y Neutro de acuerdo a la clasificación de los derrames del río San Juan.

La figura 9 muestra los resultados obtenidos: en los periodos muy húmedos la ocurrencia de eventos cálidos es del 83,3 %, los neutros 16,6 %, no registrándose "Niñas". En los húmedos los porcentajes con "Niños" es de 45,4 %, los neutros 54,5% y sin "Niñas". En el normal 9,1% "Niños", 33,3 % "Niñas" y 57,6% Neutros. En la franja seca 9,1% son "Niños" y el 91% Neutros sin registro de "Niñas". Por último, en los muy secos dominan los Neutros con el 60% y las "Niñas" con el 40%, sin eventos "Niños".

Estas conclusiones estadísticas indican que la relevancia que generalmente se le atribuye al "Niño" solamente

6. CONCLUSIONES

Del análisis de las series completas se determinó mediante la aplicación del test de Kendall que sólo en el 30% de los casos hay acuerdos significativos entre el ONI y el INAA.

La variabilidad interanual del ONI en el periodo abril – septiembre tiene una distribución normal con tres extremos moderados en el caso de los "Niños", mientras las "Niñas" se presentan suaves y la mayoría de los casos se registran en la categoría neutro.

En la serie analizada (66 años) se produjeron 14 "Niños", 13 "Niñas" y 39 neutros en el periodo Abril-Septiembre. Se verifica que los "Niños" registrados en los seis meses fueron: 1953-54, 1957-58, 1982-83, 1987-88 y 2015-16, con cinco meses fueron 1969-70, 1972-73 y 1997-98, no hay una relación directa entre el número de meses y el derrame como por ejemplo los considerables de 1987 y 1997 en contraste con los relativamente bajos de 1957 y 2015. Las "Niñas" con seis meses fueron: 1950-51, 1955-56, 1971-72, 1975-76, 1999-00 y 2000-01 y con cinco 1954-55, 1964-65 y 1998-99 en este caso hay una mayor concordancia salvo en el 2000 que con 2100 Hm³ supera al reciente "Niño" de 2015 con 1890 Hm³.

Dividiendo la serie en derrames que superan o están por debajo del promedio lognormal se verificó que la cantidad de "Niños" presentes cuando los derrames están por encima de lo normal confirman la creencia de que el "Niño" los favorece, sin embargo la cantidad de eventos neutros le resta la importancia que generalmente se le atribuye. No sucede lo mismo con las "Niñas", para el segundo caso, puesto que solo están presentes en un porcentaje menor al esperado siendo dominantes los eventos neutros en los periodos deficitarios.

En la categorización de la magnitud del índice nival debido a la distribución lognormal justifica la gran amplitud de la franja muy húmeda, contrastando con la angostura de la seca, mientras que la mayor parte de los derrames se confinan en el intervalo neutro.

La discordancia en las series temporales estandarizadas muestra unanotoria coincidencia entre los eventos "Niños" significativos y los episodios húmedos. Sin embargo las rachas secas no tienen la coincidencia esperada con las "Niñas" y además se advierten varias

se muestra cuando los derrames son muy altos y en menor medida en los altos, destacándose su poca incidencia en los normales y secos. Sin embargo ratifica su esperada ausencia en los muy bajos. Las "Niñas" son trascendentales en los derrames muy bajos pero inexistentes en los bajos, manifestándose medianamente en los normales y confirmando la creencia generalizada no se registran en lo húmedos y muy húmedos. Los Neutros (temperatura normal del Pacífico ecuatorial) son los únicos que están presentes en todas las categorías teniendo más peso en los secos y en menor medida en los muy secos, normales y húmedos e insignificantes en los muy húmedos.

contradicciones respecto de la creencia: "Niño"-Nieve, "Niña"-No Nieve como por ejemplo un evento cálido en 1969 en medio del periodo seco más significativo de toda la serie.

Con las tablas de contingencia para el caso de derrames mayores y menores se determinó:

1. La asociación entre "Niño" – "Niña" - Neutro, mediante un $\chi^2(13,81)$ que es significativa al 1 0/00 confirmado con el C de Pearson y V de Cramer que indican una interdependencia entre el tipo de evento y el hecho de que el derrame sea mayor o menor que su promedio lognormal.

2. La relación significativa entre el evento "Niño" - No "Niño" y la ocurrencia de los mismos, con un χ^2 significativo al 1 0/00 y un Q Yule 0,88.

3. Una significación menor que la anterior para el contraste "Niña" – No "Niña" con un χ^2 significativo al 1% y un Q de Yule de 0,64.

4. Una asociación débil e inversa entre Neutros – "Niña" como lo demuestra el $Q = -0,42$ significativo al 1%.

5. La asociación positiva entre Neutros- "Niños"- significativa al 1 0/00 con un $Q = 0,86$.

6. Una alta relación entre "Niños"- "Niñas" con un $Q = 0,94$, el más alto de todos los resultantes, ratificados por un χ^2 muy significativo (1 0/00) de 10,11 que indica la importante asociación entre la presencia de un evento cálido/frío y un derrame mayor/menor.

Se encontró que en los periodos muy húmedos la ocurrencia de eventos cálidos es del 83,3 %, los neutros 16,6 %, no registrándose "Niñas". En los húmedos los porcentajes con "Niños" es de 45,4 %, los neutros 54,5% y sin "Niñas". En el normal 9,1% "Niños", 33,3 % "Niñas" y 57,6% Neutros. En la franja seca 9,1% son "Niños" y el 91% Neutros sin registro de "Niñas". Por último, en los muy secos dominan los Neutros con el 60% y las "Niñas" con el 40%, sin eventos "Niños".

Lo expuesto indica que la relevancia que generalmente se le atribuye al "Niño" solamente se muestra cuando los derrames son muy altos y en menor medida en los altos, con poca relevancia en los normales y secos. Sin embargo ratifica su esperada ausencia en los muy bajos. Las "Niñas" son relevantes en los derrames muy

bajos pero inexistentes en los bajos, manifestándose en los normales y no en lo húmedos y muy húmedos. Los Neutros son los únicos que están presentes en todas las categorías, teniendo más peso en los secos y en menor medida en los muy secos, normales y húmedos e insignificantes en los muy húmedos.

La dominancia de los neutros obliga a investigar la proporción de la incidencia de otros factores tales como el ASPSO (Anticiclón Subtropical del Pacífico Sur Oriental), la PDO (PacificDecadalOscillation), Westerlies

(Vientos constantes del Oeste), Jet Stream (Corriente en Chorro), BA (Baroclinicidad Austral), disponibilidad de agua precipitable asociada al "Río Atmosférico" impulsado por la Jet Stream entre otros, que influirían en la precipitación nival de los Andes Áridos y de esa manera cuantificar sus aportes individuales al monto nival cuando el ENSO no se manifiesta claramente. De todas maneras se debería especificar la concatenación de dichos factores promovida por el efecto "disparador" que los autores atribuyen al ENSO.

AGRADECIMIENTOS

Se agradece al CICITCA-UNSJ, por los aportes realizados mediante el Proyecto: "Análisis de las Condiciones de Borde, Factores y Agentes Oceánicos de Circulación Atmosférica Regional y de la Cupla Océano-Atmósfera,

que inciden en las Nevadas de Los Andes Áridos". Res. 1531-R-16/CS-UNSJ. Al Laboratorio Climatológico Sudamericano y Secretaría de Recursos Hídricos de la Nación, por los datos proporcionados para esta investigación.

7. BIBLIOGRAFÍA

- ACEITUNO, P. y GARREAU, R., 1995. *Impactos de los fenómenos El Niño y La Niña sobre regímenes fluviométricos andinos*. Rev. Soc. Chilena Ing. Hidráulica, vol. 10(2), pp. 33-43.
- ACEITUNO, P. y VIDAL, F. 1990. *Variabilidad interanual en el caudal de ríos andinos en Chile Central en relación con la temperatura de la superficie del mar en el Pacífico Central*. Revista de la Sociedad Ingeniería Hidráulica 5:1, n.p
- CARLETO, M. C., J. L. MINETTI Y L. M. BARBIERI, 1987. *Distribuciones Probabilísticas De Los Escurrimientos Superficiales De Ríos Andinos*. Revista Geofísica N° 43, Madrid- España, paginas 85-91.
- CARRIL, A., DOYLE, M., BARROS, V. y NÚÑEZ, M., 1997. *Impacts of climate change on the oases of the Argentinean cordillera*. *Climate Reserch*, vol. 9, pp. 121-129.
- COMPAGNUCCI, R.H. y VARGAS, W.M., 1998. Interannual variability of Cuyo Rivers Streamflow in Argentinean Andean Mountains and ENSO events. *International Journal of Climatology*, vol.18, pp. 1593-1609.
- COMPAGNUCCI, R.H., 2000. ENSO events impact on hydrological system in the Cordillera de los Andes during the last 450 years. En el libro: *Southern Hemisphere Paleo- and Neoclimates: Methods and Concepts*. Eds. Volkheimer W. and P. Smolka. Editorial Springer Verlag, pp. 175-185.
- DRAPER Norman R., SMITH, Harry . 1998. *Applied Regression Analysis*, 3rd Edition. Ed. Wiley. ISBN: 978-0-471-17082-2. 736 pages. New York.
- KILADIS, G. N. and H.F. DIAZ, 1989: *Global Climatic Anomalies Associated with Extremes in the Southern Oscillation*. *J. of Climate* 2, 1069-1089.
- MAISEL, L. 1973. Probabilidad y Estadística. Fondo educativo interamericano. México.
- MINETTI, J. L, W. M. VARGAS and A. G. POBLETE, 1993: *Comportamiento intraestacional e interanual del borde oriental del anticiclón del Pacífico Sur*. Revista Geofísica 38, 79-89. IPGH-OEA.
- MINETTI, J. L, W. M. VARGAS and A.G. POBLETE, 1999. *Monitoring El "Niño" / La "Niña" Event Through the Temperature of Lima (Peru)*. *Climatic Change*.
- MINETTI, J.L, 1984. *Algunos Avances En Métodos Predictivos Para El Escurrimiento Superficial De Ríos Andinos Centrales en la República Ar- gentina*. Jornadas de Hidrología de nieves y hielos en América del Sur. Programa Hidrológico Internacional UNESCO. Santiago-Chile.
- NOAA 2015, *NACIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION*, <http://www.noaa.gov/>.
- OTNES, R.K., 1972. *Digital time series analysis*. John Wiley & Sons, 467 pp.
- Poblete, A. G. y Sánchez G. 2000. "Análisis de la posible asociación entre los derrames anuales del río San Juan y el fenómeno de "El niño" / "La niña" ". Revista de Geografía N°: 4 del Instituto y Departamento de Geografía de la UNSJ. ISSN 1544-1942. Pg. 27-36.
- POBLETE A. G., MINETTI J.L., IRANZO D. A. " *Condiciones de Borde Atmosféricas y Oceánicas que Intervienen en la Alimentación Nivea de los ríos Cuyanos*". San Juan 2013.
- POBLETE, A. G, 2016. *Propuesta de un Índice que estime la caída de nieve en los Andes Áridos a partir de los derrames de los ríos cuyanos y de Chile central*. Enviado a la revista de Geografía de la UNSJ. San Juan, Argentina.
- QUINN, W H, 1992 *A study of the Southern Oscillation- related climatic activity for A.D.622-1900 incorporating Nile River flood data*. El "Niño"- Historical and paleoclimatic aspects of the Southern Oscillation Chapter Six, 121- 149.
- SIEGEL, S., CASTELLAN, N. " *Nonparametric Statistics for the Behaviour*". Scienc. Ed. Trillas. Madrid. 1988.
- TRENBERTH, K. 1997. *The definition of El "Niño"*. National Center for Atmospheric Research. Boulder. Colorado. USA.
- TRENBERTH, K.E., 1993. *The different flavors of El Niño*. 18th Annual Climate Diagnostic Workshop, Boulder, CO, National Oceanic and Atmospheric Administration, pp. 50-53. Preprints.
- WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION (WMO) " *Climatic Change*". Technical Note Nro. 79. Geneve. 264 pgs. 1966.