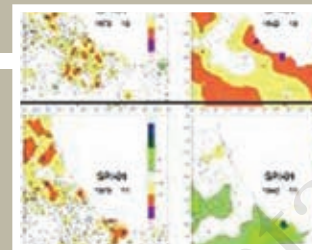


# ¿Podemos culpar a El Niño de las lluvias?



Lorrain Giddings Berger  
Margarita Soto Esparza

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad se sabe que el fenómeno El Niño está notablemente ligado a la precipitación en algunos lugares, entre los que destacan el estado de California en Estados Unidos de América (EUA). Dada su importancia y las repercusiones en diversas partes del mundo, se están haciendo esfuerzos importantes encaminados a la predicción de la aparición de El Niño, lo cual evidentemente ayudaría a prever también los cambios de la lluvia en aquellas zonas que se ven afectadas por tal fenómeno.

El fenómeno de El Niño está relacionado con la región conocida como “Lengua Ecuatorial Fría” la cual corresponde a una banda de agua fría que se localiza en el Ecuador y se extiende desde la costa de Sudamérica al Océano Pacífico central. Las variaciones de las temperaturas superficiales en promedio que acontecen en esta banda son críticas para determinar los cambios en los mecanismos que intervienen en el desencadenamiento de las lluvias tropicales. A su vez esto influye sobre las corrientes

de chorro (*jet streams*) y el engranaje del cual depende la temperatura y la precipitación alrededor del mundo. Con fines unificadores y operacionales la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA, 2005) ha dado definiciones sobre los fenómenos de El Niño y La Niña.

El Niño: fenómeno del Océano Pacífico ecuatorial caracterizado por una diferencia positiva de la normal (para el periodo base 1971-2000) de la temperatura superficial en la región Niño 3.4 mayor o igual a  $0.5^{\circ}\text{C}$ , promediado por tres meses consecutivos.

La Niña: fenómeno del Océano Pacífico ecuatorial caracterizado por una diferencia negativa de la normal (para el periodo base 1971-2000) de la temperatura superficial en la región Niño 3.4 mayor o igual a  $0.5^{\circ}\text{C}$ , promediado por tres meses consecutivos.

¿Si se tuviera conocimiento previo de la presencia de El Niño y a la vez se conociera su influencia sobre la precipitación en el estado de Veracruz, sería fácil predecir la ausencia o el exceso de lluvia en la

entidad? Este cuestionamiento llevó a examinar sus posibilidades considerando tres perspectivas: la correlación estadística de la relación de El Niño con las variaciones de la precipitación, el análisis de las lluvias mes por mes durante estos episodios y el comportamiento de la precipitación a través del tiempo visualizado en imágenes del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI).

## MATERIAL Y MÉTODOS

Los datos de precipitación fueron obtenidos de las estaciones meteorológicas incluidas en el CD, Eric II (2000), con correcciones y datos adicionales suministrados por la autora (Quintas, 2002). Eric II es una de las compilaciones más completas de datos meteorológicos diarios que actualmente está disponible para México. Los datos mensuales se derivaron a partir de los datos diarios. También se agregaron algunos registros provenientes de Global Historical Climatology Network disponible en Internet (GHCN, 2005).

Con los datos de lluvia se calculó el Índice Estandarizado de Precipitación o SPI por sus siglas en inglés (Standardized Precipitation Index) mediante el programa Fortran de Edwards y McKee (1997). El SPI es un índice que se calcula con base en periodos de tiempo y se usa para mostrar cómo la lluvia de un periodo dado compara con todos los registros de la misma estación y del mismo periodo. El SPI se puede determinar para varios periodos de tiempo; tradicionalmente se ha hecho para 1, 2, 3, 6, 9, 12, 24 y 48 meses. Por ejemplo, SPI-1 comprende el periodo de un mes, mientras SPI-6 implica seis meses. Las unidades en que se expresa son desviaciones estándares, por ejemplo, un valor de 1.0 para SPI-1 de abril de 1950 indica que la precipitación es 1 desviación estándar por encima de todos los abrils registrados en esa estación. De la misma manera un valor de -1.0 para SPI-3 de abril de un

año es 1 desviación estándar por debajo de todos los periodos de febrero-marzo-abril del registro. El índice SPI normalmente varía entre -3.0 y +3.0 desviaciones estándares.

Ya que el SPI se refiere a estadísticas en vez de valores absolutos de precipitación, su aplicación es factible tanto para zonas secas como para húmedas. Por eso es importante reconocer que un periodo de bajo SPI para una zona húmeda (digamos en el sur de Veracruz) puede representar mucho más precipitación que uno de alto SPI en una zona mucho más seca.

Con los datos mensuales de SPI se elaboraron imágenes. Para ello, se georeferenciaron las estaciones usadas y la interpolación fue hecha mediante el procedimiento "kriging" (interpolaciones) del programa Surfer 7 (Golden Software, 1999), el cual genera imágenes, que fueron exportadas a video. Este proceso se llevó a cabo para todo México, por lo que las imágenes de Veracruz, presentadas en este trabajo, son derivadas de dicho proceso general.

Relacionamos la lluvia en forma de SPI con la temperatura del Océano Pacífico en cierta área. Específicamente, la serie de tiempo NINO34 representa la temperatura superficial del Océano Pacífico Ecuatorial de la región, 120-179°W y 5°N -5°S. (IRI/LDEO Climate Data Library (2005a, b, c). Usamos el periodo de 1971 a 2000. Para cuantificar los episodios se emplearon los promedios de tres meses, con el valor más extremo alrededor del fin de año; en las imágenes el mes de extremo está incluido al igual que en los cuadros respectivos.

La relación de NINO34 con SPI-1 se hizo mediante el cálculo del Coeficiente de Pearson de Correlación lineal de las dos series de tiempos. Para ello se utilizó la función Pearson, que varía entre +1 para completamente correlacionado, y -1 para negativamente correlacionado. Ya que no necesariamente están por completo en fase, el cálculo se hizo variando la fase por 25 meses antes y 25 meses después.

## RESULTADOS

### Correlación con NINO34 y SPI-1

La figura 1 muestra cómo el estado de California, EUA, está correlacionado positivamente con El Niño (con un valor de 0.19), lo cual concuerda con lo que se sabe del impacto de El Niño sobre las lluvias que ahí ocurren. De otro modo, en Guatemala la correlación es negativa, aunque no tan fuertemente (mínimo de  $-0.8$ ). También se incluye el promedio para todas las zonas de México que muestra una cierta correlación (0.08).

En cuanto a Veracruz, las lluvias no guardan relación con NINO34. La curva no indica correlación, ni en relación con la fase alejada ni con los meses centrales. Esto no necesariamente alude a que no haya efectos de El Niño o La Niña sobre la precipitación de Veracruz, simplemente que no tiene relación lineal. Como se sabe El Niño mueve la corriente de chorro y en general, las zonas de precipitación; es probable que tenga efectos más sutiles o indirectos que no son detectables con esta herramienta. No obstante, pensamos que es aceptable lo que sugieren los datos obtenidos con respecto a que en Veracruz no es posible predecir lluvias conociendo los episodios de El Niño.

### Tendencias de largo alcance

A pesar de que en Veracruz no se encontró una correlación entre el SPI-1 con el NINO34 a través de la correlación de Pearson, sí se observan algunas tendencias regulares. La figura 2 muestra que aplicando periodos de cuatro años suavizados, se manifiesta la existencia de tendencias de largo plazo. No obstante, debe mencionarse el déficit de datos al comienzo del gráfico ( $\sim 1920$ ) y al final ( $\sim 2000$ ). Por ejemplo, hay un máximo amplio alrededor de 1936, y uno mínimo cercano a 1950. Se distinguen otros

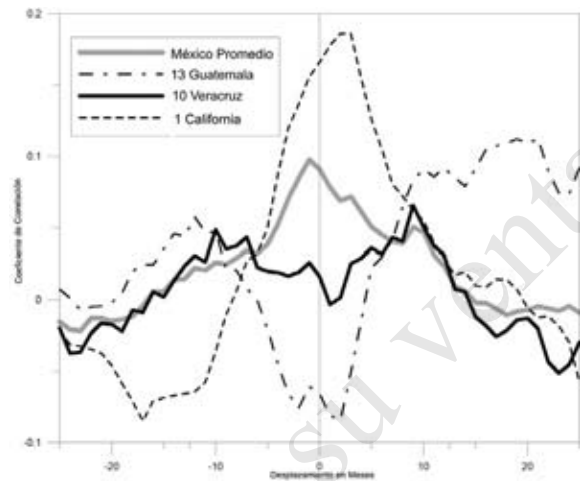


FIGURA 1. Correlación Lineal de SPI-1 con NINO34

máximos en las inmediaciones de 1943, 1954, 1957, 1968, 1975 y 1992, y otros mínimos alrededor de 1964, 1979, 1988 y 1995. Es importante notar que la fecha de SPI-48 es el último mes de 48 meses, así que las fechas están ajustadas a dos años para corresponder con el promedio.

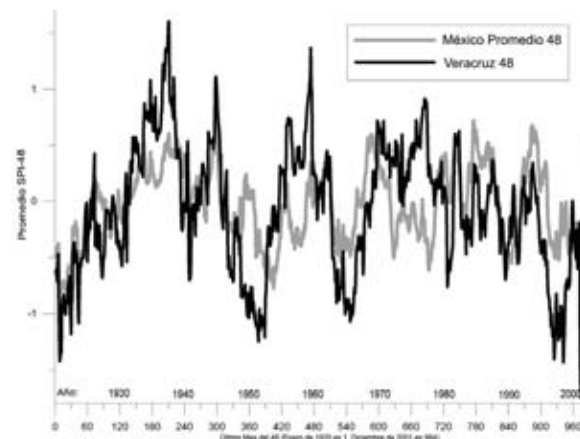


FIGURA 2. Promedio de SPI-48 para Veracruz y para México

CUADRO 1. Fechas de los episodios más fuertes de El Niño

EVENTOS DE EL NIÑO, CON INDICACIÓN DE FUERZA Y MES					
1982/1983 2.68 Ene	1997/1998 2.74 Nov	1972/1973 2.01 Nov	1940/1941 1.93 Feb	1991/1992 1.91 Ene	1930/1931 1.70 Dec
1957/1958 1.69 Ene	1965/1966 1.67 Nov	1939/1940 1.58 Abr	1941/1942 1.48 Nov	1925/1926 1.43 Dic	1986/1987 1.35 Feb
1963/1964 1.01 Nov	1969/1970 0.92 Dic	1976/1977 0.89 Nov	1923/1924 0.86 Ene	1951/1952 0.77 Nov	1953/1954 0.52 Oct

CUADRO 2. Fechas de los episodios más fuertes de La Niña

EVENTOS DE LA NIÑA, CON INDICACIÓN DE FUERZA Y MES					
1988/1989 -2.12 Nov-Dic	1973/1974 -1.86 Dic	1975/1976 -1.60 Dic	1970-1971 -1.59 Dic-Ene	1942/1943 -1.58 Oct	1949/1950 -1.50 Ene
1924/1925 -1.11 Dic	1954/1955 -1.07 Dic	1964/1965 -1.02 Oct	1938/1939 -0.98 Ene	1995/1996 -0.90 Nov	1931/1932 -0.50 Nov

En los cuadros 1 y 2 se muestran las fechas de los fenómenos de El Niño y La Niña más fuertes que se han presentado. Se han incluido los promedios de tres meses de la anomalía más extrema y su mes. Es evidente que los máximos y los mínimos de la figura 2 no guardan relación alguna con estos episodios.

Enfatizamos que no tenemos explicación de las regularidades que se observan en la figura 2. Con el propósito de tratar de encontrar alguna relación presentamos un análisis armónico de los datos de SPI-48 en el cuadro 3, el cual fue preparado con el programa Spectre (CoDebris, 2000), para obtener los senos que se pueden usar en combinación para reproducir la curva. MSE el cual corresponde al promedio de error al cuadrado (Mean Square Error), Cum%TMSE es la acumulación de tales errores por las frecuencias anteriores, y Total MSE es el valor calculado por la curva completa.

La figura 3 muestra la curva del análisis armónico de SPI-48. En ella se observa la existencia de cierta predictibilidad, en especial a partir de los años

2000. Desde nuestro punto de vista pensamos que con base en esta técnica se pueden continuar los trabajos encaminados a predecir las tendencias de la lluvia en el estado de Veracruz. No obstante, debemos señalar que a pesar de que MSE (Mean Square Error) o el promedio de error al cuadrado ofrece una explicación razonable, el extender la curva al futuro con cualquier combinación de la frecuencias siempre resulta en valores muy altos alrededor de 2005 (el presente), y desciende a valores negativos después.

Como se sabe, los estudios climáticos requieren de un gran número de años de observaciones que den certidumbre a su entendimiento y resultados. Aun a pesar de que para el presente trabajo usamos datos de 80 años, es evidente que las frecuencias que existen no ofrecen tal certidumbre para predecir las lluvias. Esto se puede atribuir a que los factores que intervienen en la producción de la lluvia no son regulares, por lo menos dentro de los 80 años que consideramos.

CUADRO 3. Análisis armónico del cuadro 2. Había 984 datos (meses), con promedio de SPI-48 de  $-0.0791728$ .

	PERIODO	AMPLITUD	FASE(DEG)	MSE	%TMSE	CUM%TMSE
1	246.0000	0.81310	153.5	0.028580	8.50	8.50
2	140.5710	15990.00000	154.7	0.026560	7.90	16.40
3	328.0000	0.36950	166.1	0.025120	7.47	23.87
4	101.0000	630.20000	207.5	0.016740	4.98	28.85
5	164.0000	14.65000	330.7	0.013490	4.01	32.86
6	144.4440	10220.00000	7.9	0.025940	7.71	40.57
7	143.0000	31760.00000	175.8	0.039660	11.79	52.36
8	141.5840	37540.00000	343.6	0.013660	4.06	56.42
9	65.6000	0.09710	313.1	0.009955	2.96	59.38
10	75.6923	0.05496	344.0	0.006134	1.82	61.20
11	109.3330	41.69000	339.8	0.005276	1.57	62.77
12	102.0200	534.60000	44.9	0.032020	9.52	72.29
13	98.4000	133.80000	341.7	0.006186	1.84	74.13
14	86.8687	8.41400	284.2	0.007658	2.28	76.41
15	85.1485	5.55900	63.3	0.012560	3.73	80.14
16	33.9310	0.11150	109.2	0.005906	1.76	81.90
17	35.1429	0.07498	23.9	0.002826	0.84	82.74
18	29.8182	0.07091	79.3	0.002511	0.75	83.49
19	31.7419	0.06035	248.6	0.001810	0.54	84.03
20	57.8824	0.05730	157.1	0.001475	0.44	84.47

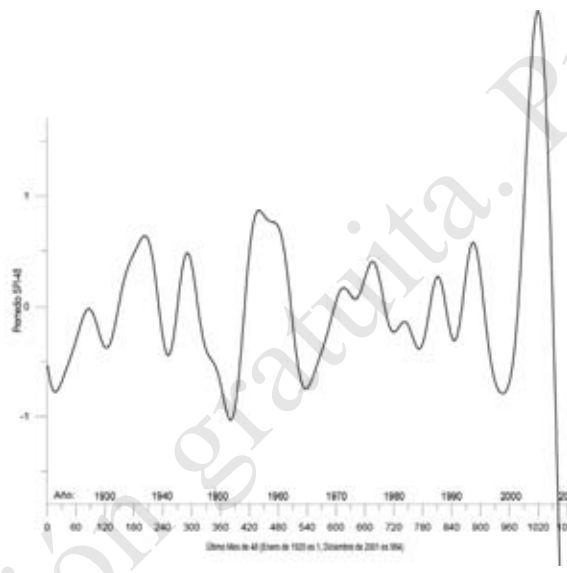


FIGURA 3. Curva del análisis armónico de SPI-48, incluye la proyección de fechas futuras

### Análisis visual del SPI-1

Cuando ocurre un evento de sequía o de exceso de lluvia y a la vez un episodio de El Niño o La Niña, siempre hay la tendencia a relacionar uno con el otro. Es una reacción humana para tratar de explicar lo que pasa en el ambiente. El problema es que en el caso del estado de Veracruz, esto puede conducir a premisas equivocadas.

Las series de imágenes SPI-1 corresponden con episodios de El Niño (figura 4) y La Niña (figura 5). En ambas figuras, los eventos se presentan en orden: desde la temperatura más alta para El Niño, y desde la temperatura más baja para La Niña.

Hay cierta tendencia hacia un exceso de lluvias en la parte central del país. Sin embargo, no se observa coincidencia de ningún evento de exceso o de déficit de lluvia que sea reproducible, y en general no hay efecto sobre Veracruz.



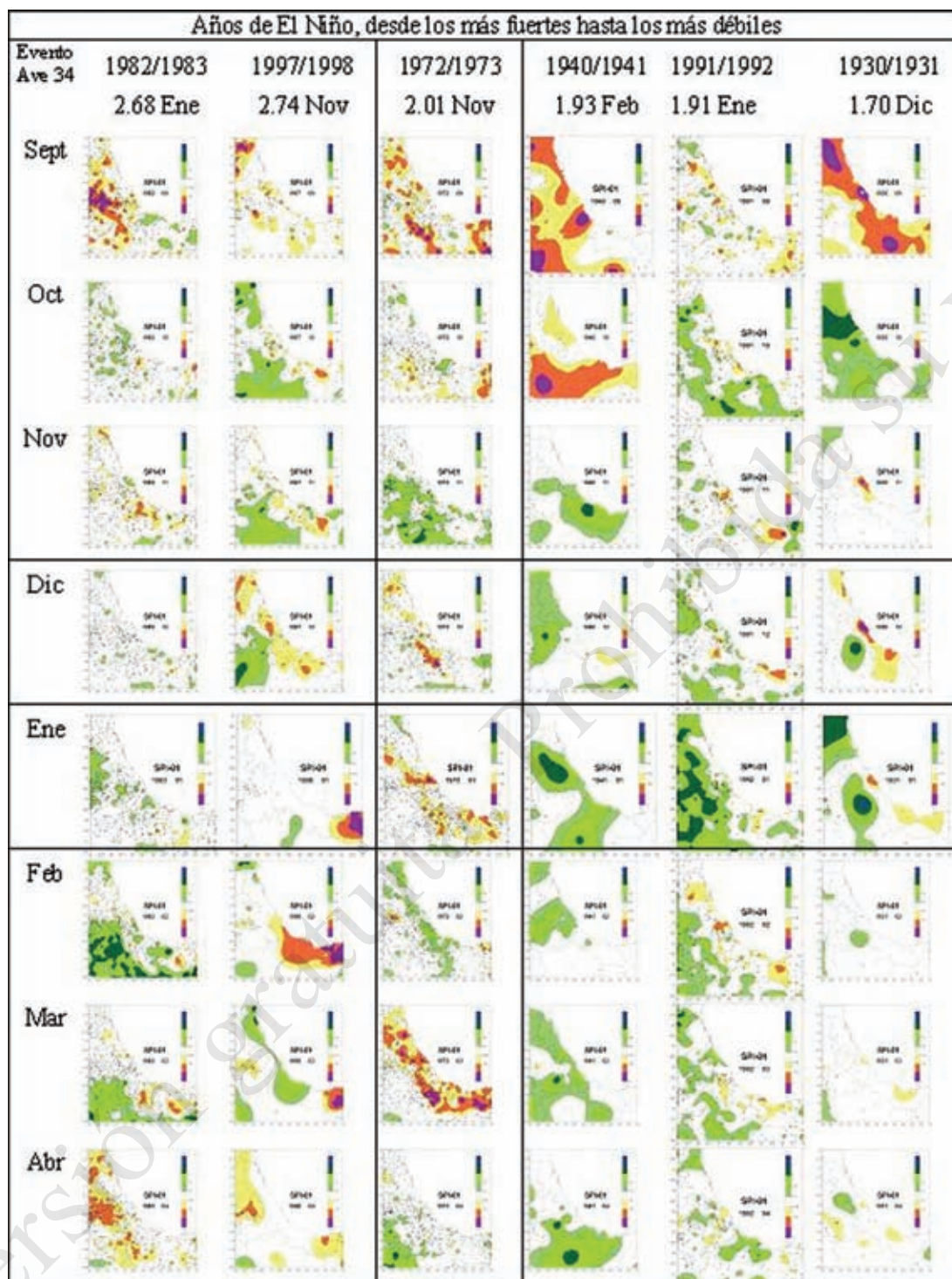


FIGURA 4. Lo seis episodios más fuertes de El Niño

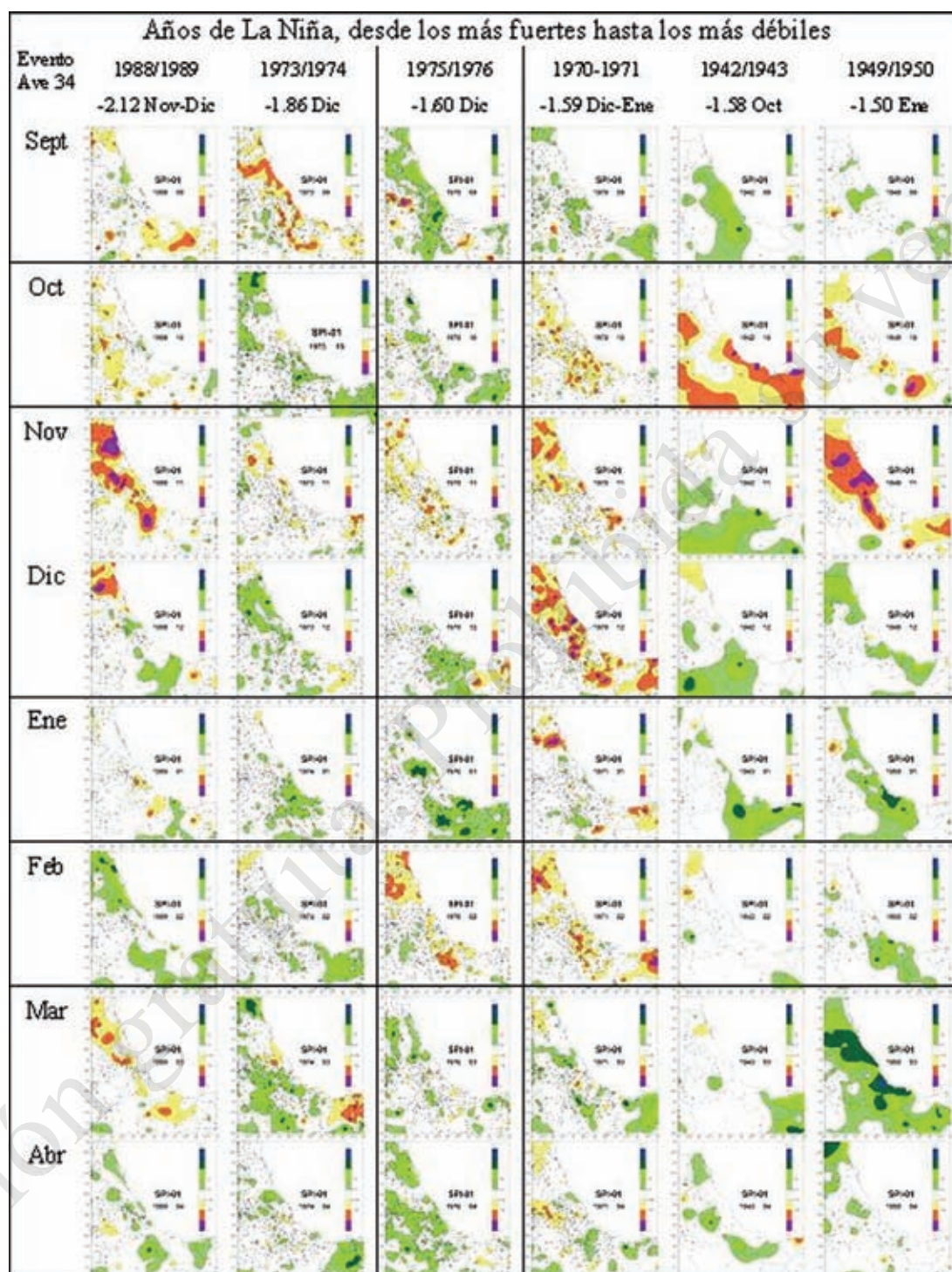


FIGURA 5. Los seis episodios más fuertes de La Niña



Durante El Niño de 1982/1983, el más fuerte de la lista, el mes de febrero tiene exceso de lluvia en la parte central del país, pero no ocurre en Veracruz. Ese efecto no es visible en los próximos dos episodios fuertes (1997/1998 y 1972/1973), aunque parece algo similar en enero de 1991/1992 y 1930/1931, ambos episodios tienen efectos mínimos sobre el estado de Veracruz. En general, ocurren de igual manera meses secos y húmedos durante algunos de los episodios de El Niño.

Fijando la atención en la concentración de colores de sequía, específicamente amarillo y anaranjado en la figura 5, alrededor de noviembre se ve que hay una cierta tendencia general de sequías en el país durante episodios fuertes de La Niña. Sin embargo, para Veracruz tampoco hay ninguna tendencia que se pueda confirmar. Pueden ocurrir tanto meses secos como húmedos durante los episodios de La Niña.

En el anexo hay ilustraciones de 12 episodios más de El Niño y seis más de La Niña. Al examinarlas se llega a las mismas conclusiones arriba expuestas.

El repaso visual también nos indica que la presencia de los fenómenos de El Niño y La Niña no son de utilidad para predecir la presencia o la ausencia de lluvias en el estado de Veracruz.

## CONCLUSIONES

Con base en las estadísticas descriptivas (Coeficiente de Pearson) de la relación entre SPI-1 y NIÑO 34, hemos mostrado que las lluvias no guardan relación con El Niño.

Buscando tendencias de largo plazo, examinando la gráfica de SPI-48, podemos ver algunas regularidades, especialmente cuando las curvas están suavizadas. De todas maneras, la falta de datos al comienzo de la gráfica (~1920) y al final (~2000) son limitantes.

El intento de aplicación del análisis armónico de SPI-48 tuvo cierto éxito. Sin embargo, cuando tratamos de extender la curva más allá del año 2000,

produce valores muy altos (el presente) y desciende a valores negativos después, que no son correctos. Por lo mismo, comparando las curvas de SPI-1 durante El Niño y La Niña, aun los episodios más fuertes, se ve que no guardan relación con eventos de sequía o exceso de humedad. Durante El Niño y La Niña, hay meses tanto secos como húmedos.

Las animaciones presentan acceso al usuario a una gran cantidad de información, para que pueda hacer sus propias conclusiones.

## LITERATURA CITADA

- ALCHEMY MINDWORKS, 2000, GIF Construction Set ver. 2.0a. en <http://www.mindworkshop.com/alchemy>.
- CODEBRIS, 2000, Spectre for Windows, CoDebris, Solana Beach, California, EUA.
- EDWARDS, Daniel C. y Thomas B. McKee, 1997, Characteristics of 20th century drought in the United States at multiple time scales. Climo Report 97-2, Paper, núm. 634, Dept of Atmospheric Sciences, CSU, Fort Collins, CO, 155 pp.
- ERIC II, 2000, Extractor rápido de información climatológica, CD-ROM del IMTA (Instituto Mexicano de Tecnología del Agua).
- GAMANI PRODUCTIONS, 2005, GIF Movie Gear ver. 4.0.2, en: <http://www.gamani.com>.
- GHCN, 2005, Global Historical Climatology Network, en: <http://www1.ncdc.noaa.gov/pub/data/ghcn/v2/> del NCDC (National Climate Data Center).
- GOLDEN SOFTWARE, 1999, Surfer 7 program and User's Guide. Golden Software Inc., Golden, Colorado, EUA. IRI/LDEO Climate Data Library, 2005a, en: <http://ingrid.ldgo.columbia.edu/>.
- Iri/Ideo Climate Data Library. 2005b. In : <http://ingrid.ldgo.columbia.edu/SOURCES/Indices/.nin/o/.KAPLAN/>> Kaplan reconstruction (1856-1949).
- Iri/Ideo Climate Data Library, 2005c, en: <http://www.cpc.noaa.gov/data/indices/> (1950-presente).



MICROSOFT OFFICE, 2000, Excel. Seattle, Washington, EUA.

NOAA, 2005, National Oceanic and Atmospheric Administration, en: Home Page file:///E:/Download/Ni%F1o/Define\_s2428.htm, <http://usinfo.state.gov/gi/Archive/2005/Apr/28-719414.html>

NASA, 2005, Earth Observatory, en: [ile:///E:/Download/Ni%F1o/Define\\_2005042818863.html](file:///E:/Download/Ni%F1o/Define_2005042818863.html)

QUINTAS, Isabel, 2000, Eric II, “Documentación de la base de datos climatológica y del programa extractor”, Manuales, Instituto Mexicano de Tecnología del Agua, México, 54 pp.

Versión gratuita. Prohibida su venta.