

# LA INFLUENCIA DE LOS CICLONES TROPICALES EN LA LLUVIA DEL NOROESTE DE BAJA CALIFORNIA Y SUROESTE DE CALIFORNIA

Edgar G. Pavía

Depto. de Oceanografía Física, CICESE

Correo electrónico: epavia@cicese.mx

## RESUMEN

En el noroeste de Baja California, México y suroeste de California, Estados Unidos de América (33° N, 117° W), generalmente llueve poco durante el verano, pero como la temporada ciclónica en el Océano Pacífico nororiental es de mayo a noviembre, podemos suponer que es posible detectar en los registros de precipitación de esta región la influencia de los ciclones tropicales. Se propone un método estadístico específicamente diseñado para intentar detectar esta influencia y se verifica con los archivos de ciclones disponibles (1949-2003). Los resultados de esta investigación sugieren que los ciclones tropicales provocan las lluvias de verano en esta región; sin embargo esta relación causa-efecto no parece tener ni un patrón temporal, ni una relación directa con el número de ciclones por temporada, ni la intensidad o aproximación a la región de estos. Finalmente un estudio preliminar de los datos de precipitación de 1921 a 1948 sugiere la existencia de por lo menos 4 ciclones productores de lluvia en esta región que proponemos nombrarlos: Amando en 1925, Katsuo en 1936, Pedro en 1939 y Ricardo en 1941.

**Palabras clave:** Ciclón tropical, Baja California, Océano Pacífico nororiental.

## ABSTRACT

In northwestern Baja California, Mexico, and southwestern California, USA (33° N, 117° W), there is usually little rain during summer, but, since the cyclone season in the Pacific Ocean is from May to November, we can suppose that it should be possible to detect, in the regional precipitation logs, the influence of tropical cyclones. We propose a statistical method, specifically designed to try to detect this influence, and check it with the available (1949-2003) archives on cyclones. The results of this research suggest that tropical cyclones cause the summer rains in this region; however this cause-effect relation seems to have neither a temporal pattern, nor a direct relationship to the number of cyclones in a season, nor to their intensity or closeness to the region. Finally, a preliminary study of precipitation data from 1921 to 1948 suggests the existence of at least four rain-producing cyclones in the region that we propose to name: Amando in 1925, Katsuo in 1936, Pedro in 1939, and Ricardo in 1941.

**Keywords:** Tropical cyclone, Baja California, Northeastern Pacific Ocean.

## INTRODUCCIÓN

La media de la precipitación pluvial de mayo a octubre (período que llamaremos verano extendido) en el noroeste de Baja California y suroeste de California, Ee. Uu. (33°N, 117°W), es sólo alrededor de 20 mm, mientras que durante el invierno es de alrededor de 200 mm. La media total anual es alrededor de 250 mm. Sin embargo el índice de variación, definido como la razón de la desviación estándar sobre la media ( $I \equiv \sigma/\mu$ ), de la precipitación del verano extendido es más alto ( $I \sim 1$ ) que el de la precipitación de invierno ( $I \sim 1/2$ ). La variabilidad de esta última es muy probable que esté asociada al fenómeno de "El Niño-Oscilación Austral" (ENOA), pero la variabilidad de verano probablemente esté más asociada a la actividad tropical que al ENOA. Como la precipitación de invierno en esta región representa aproximadamente el 80% de

la precipitación anual, ésta ha sido más estudiada que la de verano y su relación (así como la de la precipitación total) con el fenómeno de ENOA es bien conocida (ver, por ejemplo, Schonher y Nicholson 1989). De hecho se puede sugerir que de una manera físicamente similar también existe una relación con fenómenos de más baja frecuencia como la "Oscilación Decenal del Pacífico" (ver, por ejemplo, Gershunov *et al.* 1999). Por otro lado, como en esta zona la precipitación de verano representa menos del 10 % de la precipitación anual, no ha sido muy estudiada y su relación con la actividad tropical no se conoce muy bien. Es por eso que este estudio se enfocará en la lluvia de verano en el noroeste de Baja California y suroeste de California y su posible relación con los ciclones tropicales del Océano Pacífico nororiental. La motivación de este estudio es en dos sentidos, primero para estudiar su alta variabilidad, como mencionamos más arriba, y segundo para investigar la posible relación entre la actividad tropical y la lluvia en esta región. No

está de más mencionar que esta zona se caracteriza por su alto crecimiento demográfico, económico e industrial y por ser el agua el factor limitante de este crecimiento. Para ver la influencia de los ciclones tanto del Pacífico como del Golfo de México en la precipitación del norte del país el lector puede consultar el trabajo de Jáuregui (1989).

Este trabajo está basado en los archivos de ciclones de *Unisys Corporation*, que pueden ser consultados en [http://weather.unisys.com/hurricane/e\\_pacific/](http://weather.unisys.com/hurricane/e_pacific/) (lo que explica la ausencia de gráficas en este trabajo) y los registros de precipitación de 1949 a 2003 en dos estaciones: Ensenada, Baja California, México (de la Comisión Nacional del Agua), y San Diego, California, Estados Unidos de América (del *National Weather Service*); las características generales de estos registros se pueden consultar en Pavía (2004). Para representar mejor las temporadas de ciclones de estos 55 años analizaremos los datos del verano extendido (junio a octubre) en lugar de analizar sólo los datos del verano. También se presenta una extensión preliminar de este estudio a los datos de precipitación de San Diego y de ciclones tropicales reportados por Serra (1971) cubriendo el periodo de 1921 a 1948.

Los archivos de ciclones de *Unisys* muestran que, entre tormentas tropicales y huracanes, cada año se generan aproximadamente unos 14 ciclones tropicales en el Océano Pacífico nororiental. Estos concentran la mayor parte de su actividad ciclónica en un cuadro de  $20^\circ \times 20^\circ$  centrado en el punto  $20^\circ\text{N}$ ,  $110^\circ\text{W}$  (este último se encuentra cerca de la isla Socorro). Los archivos muestran un aparente aumento en el número de ciclones por año, pero como los métodos de observación han cambiado con el tiempo (el uso de aviones de reconocimiento empezó en 1944 y el de satélites artificiales en 1966) esta tendencia no puede ser tomada en cuenta. La idea es examinar los registros de lluvia para ver si es posible detectar la influencia de los ciclones en esta región. Las lluvias pueden no estar asociadas directamente a la intensidad del ciclón (ya sea tormenta tropical o huracán), ni a la localización de su ojo, ni a su duración, sino más bien al campo de nubosidad que el ciclón genera pues puede llover antes o después del ciclón.

## MÉTODOS

Para resaltar los años en los que la temporada de ciclones tuvo influencia en los registros de lluvias de nuestra región (alrededor de  $33^\circ\text{N}$ ,  $117^\circ\text{W}$ ) primeramente construimos una serie de "anomalías estandarizadas redondeadas" de precipitación de la temporada para cada una de las dos estaciones. Lo anterior se hace de la siguiente manera:

- i) Se suman las precipitaciones de junio a octubre de cada año (de aquí obtenemos 55 datos:  $x_i$ ,  $i = 1, 2, \dots, 55$ ).
- ii) Se calcula el promedio,  $\mu$ , y la desviación estándar,  $\sigma$ , de estos 55 datos.
- iii) A cada dato de i) se le resta el promedio y se divide entre la desviación estándar,  $\beta_i = (x_i - \mu) / \sigma$ .

- iv) Se redondea hacia cero cada dato de iii),  $\alpha_i = \text{fix}(\beta_i)$ .

El punto iv) es para obtener claridad, a costa de perder un poco de resolución, ya que la función *fix* se define como el redondeo al entero más cercano hacia el cero, por ejemplo:  $\text{fix}(1.6) = 1$ ,  $\text{fix}(-0.9) = 0$ ; con este método no encontramos ningún  $\beta < -1$ , es decir ningún verano anómalamente seco, por lo que el valor mínimo de  $\alpha$  es cero. Una vez obtenido lo anterior sólo resta investigar si los valores diferentes de cero están verdaderamente asociados a actividad tropical; es decir, veremos si los  $\alpha_i \neq 0$  corresponden a la presencia de uno o varios ciclones, en el Océano Pacífico nororiental de acuerdo con los archivos de *Unisys*.

## RESULTADOS

Con los criterios mencionados arriba el primer resultado importante es la ausencia de una temporada ciclónica productora de lluvia en nuestra región durante los últimos 16 años, ya que el último verano lluvioso ocurrió en 1987. Lo anterior a pesar de los "notorios" huracanes del 2003, Ignacio durante agosto y Marty durante septiembre, que no produjeron precipitación en el noroeste de Baja California, pero causaron grandes daños en el extremo sur de la península; o Juliette, que después de atravesar el Golfo de California tocó tierra en San Felipe el 3 de octubre de 2001. Algunos otros ciclones probablemente sí produjeron lluvia en nuestra región, pero no la suficiente para contribuir a un  $\alpha_i \geq 1$  durante el verano extendido (por ejemplo, la tormenta tropical Olivia durante los primeros días de octubre de 2000, el huracán Nora a mediados de septiembre de 1997 (Farfán y Zehnder, 2001), el huracán Hernán durante los primeros días de octubre de 1996, los huracanes Linda y Marty durante octubre de 1991, y el huracán Olivia durante octubre de 1982 que causó fuertes lluvias y destrucción al norte del estado de California EUA, según reportó Gunther *et al.* en 1983).

Las temporadas ciclónicas que claramente produjeron lluvia en nuestra región y se registraron en ambas estaciones son:

- i) 1987, causada por el huracán Ramon a principios de octubre y/o la tormenta tropical Selma a finales de octubre ( $\alpha_i = 3$ , en Ensenada y  $\alpha_i = 2$ , en San Diego),
- ii) 1976, causada por la tormenta tropical Kathleen a mediados de septiembre ( $\alpha_i = 1$ , en Ensenada y en San Diego),
- iii) 1972, causada por los huracanes Hyacinth y/o Joanne durante septiembre y octubre ( $\alpha_i = 4$ , en Ensenada y en  $\alpha_i = 1$  San Diego), y
- iv) 1957, causada por uno, dos o los tres huracanes H10, H11 y H12 (aún no se les designaba con nombres propios) durante octubre ( $\alpha_i = 1$ , en Ensenada y  $\alpha_i = 2$ , en San Diego).

Otras temporadas menos claras, registradas sólo en la estación San Diego son:

- i) 1986, probablemente causada por los huracanes Paine y/o Roslyn durante septiembre y octubre ( $\alpha_i = 2$ ),

- ii) 1977, causada por la tormenta tropical Doreen durante agosto ( $\alpha_i=2$ ),
- iii) 1971, causada por el huracán Priscilla durante octubre ( $\alpha_i=1$ ),
- iv) 1963, causada por la tormenta tropical Kathrine durante septiembre ( $\alpha_i=1$ ), y
- v) 1951, probablemente causada por la tormenta tropical TS6 (aún no se les designaba con nombres propios) durante agosto ( $\alpha_i=1$ ).

Similarmente a lo anterior presentamos las temporadas sólo registradas en la estación Ensenada:

- i) 1983, causada por los huracanes Manuel y/o Priscilla y/o la tormenta tropical Octave durante septiembre y octubre ( $\alpha_i=2$ ), y
- ii) 1974, causada por el huracán Patricia durante octubre ( $\alpha_i=3$ ).

En resumen, lo anterior muestra un total de 11 temporadas ciclónicas productoras de lluvia en el noroeste de Baja California y suroeste de California en los 55 años del periodo principal de estudio (1949-2003).

## DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Debido a que la temporada ciclónica del Océano Pacífico nororiental coincide con la temporada seca del noroeste de Baja California y suroeste de California, encontramos que es relativamente fácil detectar en sus registros mensuales de precipitación la influencia de los ciclones tropicales. A grandes rasgos podemos decir que, como las precipitaciones son mínimas de junio a octubre en esta región, cualquier evento de lluvia durante este periodo está asociado a un fenómeno tropical. Por eso este análisis se centra en la identificación de las temporadas ciclónicas que suponemos produjeron clara y apreciablemente precipitaciones en la región. El análisis anterior indica que al parecer no existe un patrón claro y definido. Por ejemplo, en promedio se presenta una temporada ciclónica productora de lluvia en el noroeste de Baja California y suroeste de California cada 5 años; sin embargo esto no ha ocurrido en los últimos 16 años. Podríamos decir que muy probablemente pronto tengamos una temporada ciclónica lluviosa en nuestra región, pero la distribución temporal de estos eventos también es bastante irregular. Por ejemplo, mientras que en la década de los 70 se presentaron 5 temporadas ciclónicas productoras de lluvia, en la década de los 90 no se presentó ninguna. Lo anterior puede deberse a que nuestra región se encuentra en el límite septentrional de la actividad tropical del Océano Pacífico nororiental; de hecho el que San Diego registre más  $\alpha_i \neq 0$  (es decir veranos lluviosos) que Ensenada sugiere la existencia de una contribución extra-tropical en las precipitaciones inicialmente de origen ciclónico tropical.

Las once temporadas ciclónicas productoras de lluvia en nuestra región mencionadas en la sección anterior presentan algunas características que es necesario señalar. Por ejemplo la de 1987, claramente registrada en San Diego y Ensenada, fue causada por la acción combinada del huracán Ramón y la tormenta tropical Selma, a pesar de que ninguno de los dos se aproximó a nuestra región (ver los archivos de *Unisys* en la dirección de internet dada más arriba). La de 1976, también registrada en las dos estaciones, fue causada por la tormenta tropical Kathleen, que —en contraste con los ciclones de 1987— cruzó la frontera México-EUA por Tecate (ver los archivos de *Unisys*). La de 1972, registrada en las dos estaciones pero mucho más claramente en Ensenada, que causada por el huracán Hyacinth, que tocó San Diego como depresión tropical y por el posterior huracán Joanne que tocó tierra al sur de San Quintín (ver los archivos de *Unisys*). La de 1957, registrada en las dos estaciones pero más claramente en San Diego, sólo pudo ser causada por las condiciones originadas por los huracanes H10, H11 y H12; sin embargo H10 cruzó Baja California Sur y se internó a EUA por la región de Ciudad Juárez, y H11 y H12 tocaron tierra y se disiparon en Sinaloa (ver los archivos de *Unisys*).

De las temporadas que sólo fueron registradas en San Diego es necesario mencionar lo siguiente: la de 1986, al parecer, fue causada por los huracanes Paine y Roslyn, pero no es claro si los remanentes de dos ciclones anteriores (la tormenta tropical Madeline y el huracán Newton) también contribuyeron (ver Gunther y Cross 1987). En contraste, la de 1977 fue claramente causada por la tormenta tropical Doreen. La de 1971 parece haber sido causada por el huracán Priscilla, pero el previo huracán Olivia pudo también haber contribuido. En la de 1963 la situación es más confusa, aunque fue causada por la tormenta tropical Kathrine (llamada Jen-Kath en los archivos de *Unisys*). Esta tormenta no fue detectada sino hasta que estaba a unos 300 km al suroeste de nuestra región el 17 de septiembre y posteriormente tocó tierra al sur de Ensenada (Garza 1999). La de 1951 fue causada por la tormenta tropical TS6 que también tocó tierra al sur de Ensenada, con contribución probable de la tormenta tropical TS5 (ver los archivos de *Unisys*).

De las temporadas que sólo fueron registradas en Ensenada es necesario mencionar lo siguiente: la de 1983 parece haber sido causada por la acción combinada de los huracanes Manuel y Priscilla; sin embargo, la tormenta tropical Octave produjo precipitaciones de 2 a 3 veces mayores que las que produjeron Manuel o Priscilla (Garza 1999), por lo que no se descarta su contribución. La de 1974 sólo pudo haber sido causada por el huracán Patricia, a pesar de que nunca se acercó a nuestra región (ver los archivos de *Unisys*).

Recapitulando, podemos concluir que es posible detectar la influencia de los ciclones tropicales en los registros de lluvia de la temporada seca del noroeste de Baja California y suroeste de California. Eventos claros y bien definidos de lo anterior ocurren en promedio cada 5 años, pero con una fuerte irregularidad temporal. Como esta región se localiza en el extremo septentrional de la zona de actividad ciclónica, los mecanismos físicos que producen lluvia durante el verano extendido pueden incluir algún tipo de influencia

extra-tropical, especialmente en octubre hacia fines de la temporada ciclónica, pero la conclusión preliminar anterior requiere de mayores estudios, no sólo estadísticos, sino preferentemente físicos.

Finalmente, la aplicación de este análisis a los datos de precipitación de 1921 a 1948 en San Diego sugiere la existencia de por lo menos 4 ciclones productores de lluvia en esta región, pero es difícil saber si fueron o no detectados (ver Serra 1971). De manera preliminar proponemos que la temporada ciclónica lluviosa de 1925, registrada muy claramente, fue causada por lo menos por un ciclón no identificado al que llamaremos Amando. Similarmente, la de 1936 pudo haber sido causada por un ciclón que proponemos llamar Katsuo. La de 1939, registrada muy claramente, probablemente causada por un ciclón que similarmente llamaremos Pedro y la de 1941, también registrada muy claramente, probablemente causada por el huracán Ricardo. De manera similar hemos estudiado los antiguos registros de lluvia del siglo XIX y principios del siglo XX (1850-1920) en nuestra región, pero en este caso requerimos de información adicional, porque los datos de precipitación no son totalmente confiables, y por lo tanto no presentamos los resultados.

## AGRADECIMIENTOS

Respetuosamente he escogido los nombres de cuatro maestros ya fallecidos de la Facultad de Ciencias Marinas, de la Universidad Autónoma de Baja California, para nombrar los ciclones que al parecer no fueron identificados: Amando Dieguez, Katsuo Nishikawa, Pedro Mercado y Ricardo Suárez. Mi trabajo es financiado por el sistema CONACYT. Agradezco a Armando Garza del *National Weather Service* el envío de su memorando técnico NOAA NWS WR-258, sus comunicaciones personales sobre ciclones tropicales y los registros de precipitación en San Diego, y a Luis Farfán de la estación de CICESE en La Paz, por haberme hecho saber del trabajo del desaparecido doctor Sergio Serra. Las opiniones de dos revisores anónimos contribuyeron a mejorar este artículo. Agradezco a la Comisión Nacional del Agua los datos de precipitación de Ensenada.

## REFERENCIAS

- Farfán, L.M. and J.F. Zehnder, 2001. An analysis of the landfall of hurricane Nora (1997). *Monthly Weather Review*, v. 129, p. 2073-2088.
- Garza, A.L., 1999. 1985-1998 North Pacific tropical cyclones impacting the southwestern United States and northern Mexico: An updated climatology. NOAA Technical Memorandum NWS WR-258, San Diego, 83 pp.
- Gershunov, A., Barnett, T.P. and Cayan, D., 1999. North Pacific interdecadal oscillation seen as a factor in ENSO-related North American climate anomalies. *Eos*, v. 80, p. 25-30.
- Gunther, E.B. and Cross, R.L., 1987. Eastern north Pacific tropical cyclones of 1986. *Monthly Weather Review*, v. 115, p. 2507-2523.
- Gunther, E.B., Cross, R.L. and Wagoner, R.A., 1983. Eastern north Pacific tropical cyclones of 1982. *Monthly Weather Review*, v. 111, p. 1080-1101.
- Jáuregui, E., 1989. Los ciclones del norte de México y sus efectos sobre la precipitación. *Ingeniería Hidráulica en México*, Septiembre-Diciembre, 43-50.
- Pavía, E.G., 2004. The uncertainty of climatological values. *Geophysical Research Letters*, v. 31, L14206, doi:10.1029/2004GL020526.
- Schonher, T. and Nicholson, S.E., 1989. The relationship between California Rainfall and ENSO events. *Journal of Climate*, v. 2, p. 1256-1269.
- Serra, S., 1971. Hurricanes and tropical storms of the west coast of Mexico, *Monthly Weather Review*, v. 99, p. 302-308.

Recepción del manuscrito: 24 de mayo, 2004

Recepción del manuscrito corregido: 25 agosto, 2004

Aceptación del manuscrito: 27 septiembre 2004

## ADENDA DEL 1 DE OCTUBRE, 2004

Después de casi dos décadas de no tener en la región de estudio lluvias significativas de verano (de acuerdo con la definición dada en este trabajo), la temporada de huracanes de 2004 (hasta el 30 de septiembre) parecía ser la primera en producir precipitaciones de verano en esta región. El huracán Howard, degradado a tormenta tropical, se acercó a nuestra región el 9 de septiembre (aproximadamente a 25° N, al sur de Ensenada), produciendo precipitaciones moderadas en los valles y regiones montañosas a los alrededores de la región (Met. Santiago Higareda, Laboratorio de Pronóstico Meteorológico del CICESE, comunicación personal), pero no se registraron precipitaciones ni en la estación Ensenada, ni en las estaciones de San Diego ni Los Ángeles. El huracán Javier, degradado también a tormenta tropical, se acercó a nuestra región el 18 de septiembre (aproximadamente a 30° N, en el Golfo de California), pero no produjo precipitaciones significativas en la región. De no presentarse un huracán productor de precipitación en esta región en las pocas semanas que faltan para el fin de la temporada 2004, serían los Huracanes Ramón y Selma en 1987 los últimos en producir precipitación en la zona costa del sur de California y noroeste de Baja California durante los meses del verano extendido.