



Volumen 9 N° 1 (Enero-Marzo, 2018), pp. 39-61.

**COINCIDENCIAS ENTRE EL NIÑO, LA NIÑA Y LA PRECIPITACIÓN EN LAS CUENCAS
ACAPONETA Y CANDELARIA, MÉXICO**COINCIDENCES BETWEEN EL NIÑO, LA NIÑA AND RAINFALL IN THE ACAPONETA AND CANDELARIA BASINS,
MEXICO**Geogr. Yasmín E. Juárez Pastrana***Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad de México – México
yaet@hotmail.com**Dra. Guadalupe de la Lanza Espino***Universidad Nacional Autónoma de México
Ciudad de México – México
gdlle@ib.unam.mx**M.Sc. Manuel Contreras López****Universidad de Playa Ancha
Valparaíso – Chile
manuel.contreras@upla.cl**FECHA DE RECEPCIÓN:** 20 abril 2017 – **FECHA DE ACEPTACIÓN:** 21 diciembre 2017

RESUMEN: El Niño, La Niña y las Fases Neutras pueden mostrar coincidencia o influencia heterogénea en los incrementos o decrementos en la precipitación, presentándose una asociación solamente en casos extremos. Para determinar posibles diferencias, se efectuó un análisis de 50 años en dos cuencas ubicadas en las dos vertientes de México. Para estimar los aumentos y las disminuciones se tomó como base un nivel de precipitación anual promedio. Las coincidencias entre los fenómenos de condiciones extraordinarias y la precipitación, se observaron en el río Acaponeta en 1992 con El Niño de un MEI alto; en 1999 coincidió con La Niña de un MEI alto con incremento pluvial en ambos ríos. En el Niño de 1983 hubo un incremento pluvial solo para el Acaponeta, y en 1992 coincidió con un aumento de precipitación en ambas cuencas. En ocasiones el aumento pluvial de El Niño coincidió con algunos ciclones tropicales. Destacaron incrementos pluviales durante la Fase Neutra de duración anual como en 1961 en el río Acaponeta, y en 1984 en ambos ríos. Todo lo anterior señala que El Niño no se asocia exclusivamente con los incrementos pluviales, pueden darse en La Niña y en la Fase Neutra también, con o sin ciclones tropicales; lo que dificulta la predictibilidad a base de las asociaciones con los citados fenómenos. A partir de la década de 1980, los ciclones tropicales fueron más frecuentes durante las Fases Neutras y considerando los 50 años, en presencia de la Niña también.

* **Correspondencia:** Universidad Autónoma de México, Instituto de Biología. Edificio C, Piso 2: 202 Laboratorio de Hidrobiología, Ciudad de México, México.

** **Correspondencia:** Universidad de Playa Ancha, Facultad de Ingeniería y Centro de Estudios Avanzados. Traslaviña 450, Viña del Mar, Chile.

PALABRAS CLAVES: El Niño; La Niña; Precipitación

ABSTRACT: El Niño, La Niña and the Neutral Phases can show heterogeneous coincidence or influence in the increments or decreases in precipitation, presenting an association only in extreme cases. To determine possible differences, a 50-year analysis was carried out in two basins located in the two slopes of Mexico. To estimate increases and decreases, an average annual precipitation level was taken as the basis. The coincidences between the phenomena of extraordinary conditions and the precipitation, were observed in the Acajoneta River in 1992 with El Niño of a high MEI. In 1999 it coincided with La Niña of a high MEI with rainfall increase in both rivers. In 1983, there was a rainfall increase only for Acajoneta, and in 1992 it coincided with an increase in precipitation in both basins. Sometimes the El Niño rainfall coincided with some tropical cyclones. Rainfall increases were observed during the Neutral Phase of annual duration, as in 1961 in the Acajoneta River, and in 1984 in both rivers. All of the above indicates that El Niño is not exclusively associated with rainfall increases, can occur in La Niña and in the Neutral phase also, with or without tropical cyclones; Which makes predictability difficult on the basis of the associations with the mentioned phenomena. From the 1980s, tropical cyclones were more frequent during the Neutral Phases and considering the 50 years, in the presence of La Niña as well.

KEY WORDS: El Niño; La Niña; Rainfall

1. INTRODUCCIÓN

La predicción de fenómenos atmosféricos y su influencia directa sobre las precipitaciones en México, es cada vez más usada por los sectores agropecuarios, pesqueros y portuarios, sin tomar en consideración que los factores que en ella inciden son complejos y no repetibles anualmente; dentro de ellos está la misma estacionalidad climática que corresponde a la época o periodo de sequías o de lluvias anuales, que frecuentemente se refieren entre mayo a octubre no siendo preciso ese lapso. En el último caso, el intervalo de seis meses puede variar por la influencia de ciclones tropicales que se asocian habitualmente con el ENSO, con los frentes fríos y los "Nortes" los cuales tienen diferente origen e impactan espacial y temporalmente a México. Los Nortes son masas de aire frío que se desplazan hacia los trópicos con sistemas frontales que ocurren normalmente entre los meses de octubre a mayo, son parte de ondas de escala sinóptica en latitudes medias que están asociados con altas presiones que se originan al este de las montañas Rocallosas en los Estados Unidos. Las circulaciones anticiclónicas asociadas pueden favorecer en el Golfo de México vientos de hasta 110 km/h, descensos en la temperatura desde 2° a 15° C en 24 horas, nubosidad baja y, en ocasiones, precipitación sobre las cordilleras del este de México y Centroamérica¹.

La orografía en México tiene una repercusión importante en los procesos de formación de nubes y en la precipitación²; además del relieve accidentado, la ubicación geográfica y los vientos alisios y los locales, interfieren en los patrones pluviales estacionales o anuales, inclusive interanualmente. Además, de considerar aquellos fenómenos meteorológicos como ciclones tropicales (depresiones tropicales, tormentas tropicales y huracanes) cuya frecuencia es irregular, están El Niño y La Niña; mismos que influyen no solamente en el incremento sino en el decremento de la precipitación³. Ambos fenómenos meteorológicos son diferentes en tiempo y espacio en el Pacífico Mexicano y Golfo de México, como ha sido señalado por distintos autores como Magaña *et al*⁴.

Hernández⁵ señala que en el Océano Pacífico la presencia de fenómenos ciclónicos, incrementan significativamente los niveles de precipitación en el verano; mientras que en el Golfo de México los aumentos pluviales por época, son menos perceptibles, dado el régimen anual de la lluvia que se presenta de manera habitual en esta vertiente.

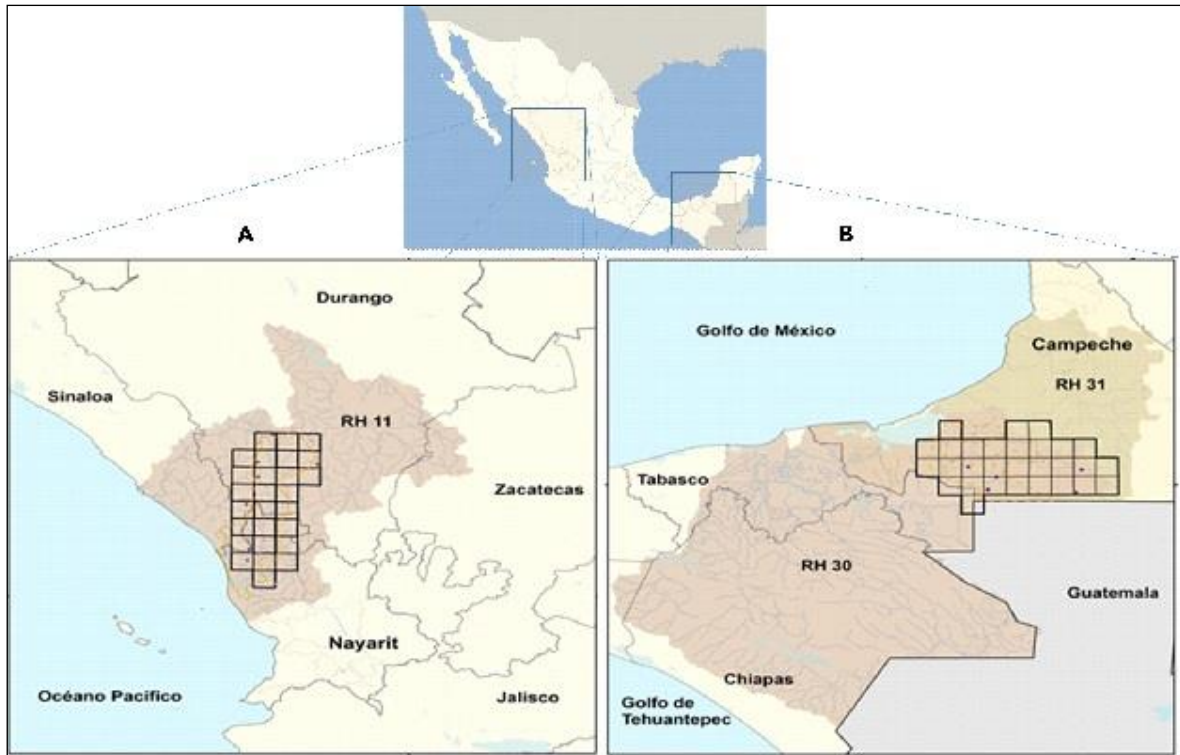
Según Magaña⁶ en el caso de fenómenos meteorológicos de ciclicidad variable como El Niño, en el noroeste de las costas del Océano Pacífico mexicano, provoca incrementos considerables en la precipitación en otoño, siendo su máximo en invierno; este autor señala también, que para el Océano Atlántico su influencia evidencia ligeros aumentos en primavera. Con respecto a La Niña en la vertiente del Pacífico, no presenta incrementos considerables y en el Atlántico tanto en verano como en invierno, su presencia se percibe como precipitaciones cercanas a lo normal; razón a comprobar en el presente estudio tomando en cuenta las citadas cuencas.

Actualmente existen metodologías que pronostican la ocurrencia e influencia de los fenómenos meteorológicos normales y cíclicos, así como sus posibles trayectorias e impactos en las costas del país. Entre ellas están los análisis estadísticos de bases de datos, donde se emplean cálculos de varianza, desviación estándar, frecuencias, coeficientes de variación y modelos de distribución normal, por mencionar algunos de los más usados, además de métodos como el Teorema de Chebyshev, Cálculo de probabilidades, Regla de Laplace, entre otros⁷. Sin embargo, la elaboración de gráficos simples a partir de bases de datos históricos pluviales, permite identificar y analizar la alteración de los regímenes de precipitación por ambos fenómenos cíclicos, en diferentes cuencas como las empleadas en el presente estudio. Considerando lo anterior, en el presente estudio se analiza comparativamente la variabilidad anual de la precipitación en dos cuencas: río Acaponeta de la vertiente del Océano Pacífico mexicano y del río Candelaria de la vertiente del Golfo de México y su posible correspondencia con El Niño, La Niña y las denominadas Fases Neutras en un periodo de 50 años.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

El río Acaponeta forma parte de la región hidrológica Presidio-San Pedro (RH 11); se considera como una corriente de agua perenne, la cual alberga al 68.85% del agua de la región. Las principales corrientes descienden del flanco oeste de la Sierra Madre Occidental y desembocan indirectamente al Océano Pacífico. Presenta una llanura fluvio-deltaica en donde drena el río Acaponeta y Cañas que desembocan en la cuenca de la laguna de Agua Brava, Nayarit⁸. La cuenca del río Acaponeta colinda al norte con el estado de Sinaloa, Durango y Zacatecas⁹ y en el estado de Nayarit se llama Acaponeta, de la localidad del mismo nombre (Figura1-A).

FIGURA 1
LOCALIZACIÓN DE LAS CUENCAS ANALIZADAS EN EL ESTUDIO A) CUENCA DEL RÍO ACAPONETA EN EL LITORAL DEL OCEANO PACIFICO (COSTA OESTE DE MEXICO). B) CUENCA DEL RÍO CANDELARIA EN EL LITORAL DEL GOLFO DE MEXICO (COSTA ESTE DE MEXICO)



La cuenca del río Acaponeta es la segunda en importancia dentro del área de Marismas Nacionales la cual es considerada como Sitio RAMSAR, Área Natural Protegida y Reserva de la Biósfera¹⁰, después del río San Pedro. Cuenta con una superficie aproximada de 8.425 km² desde su nacimiento en el estado de Durango hasta el Océano Pacífico¹¹ y se inicia a partir de una elevación de 1.600 msnm. Cuenta con un escurrimiento medio anual de 1.337 Mm³. En los últimos 40 km presenta una pendiente escasa y forma parte del conjunto de cuencas que desembocan en una serie de canales, lagunas costeras, manglares, marismas y pantanos que pertenecen a la región costera de las Marismas Nacionales, constituida por los sistemas lagunares y estuarinos de: Agua Brava, El Valle y Las Garzas, así como los esteros: El Salado, El Indio y El Gavilán¹².

El río Acaponeta forma parte de la Región Climática 3, Pacífico Central¹³ y por la trayectoria que recorre, atraviesa varias zonas climáticas de México (seco, semi-seco, templado, subhúmedo, húmedo). El régimen pluvial en la región es de verano, extendiéndose hacia principios del otoño, siendo julio el mes más lluvioso en las laderas de la sierra y para la zona costera es en agosto y septiembre; con un intervalo de precipitación de 900 a 1.600 mm, con un promedio de 1.328 mm; correspondiéndole un cálido subhúmedo¹⁴.

El río Candelaria es parte de la región hidrológica Grijalva-Usumacinta (RH 30) y la región hidrológica Yucatán Oeste (RH 31). Es considerada como una corriente de agua perenne, y constituye

el 22.18% del total de la región. La cuenca del río Candelaria colinda al sur con Guatemala y el estado de Tabasco, al oeste con Tabasco y el municipio de Carmen. El río Candelaria recorre desde Guatemala (carácter de cuenca binacional) hacia la llanura costera sur del Golfo de México, desembocando a la laguna de Términos¹⁵ (Figura 1-B). Es considerado como una corriente importante que se encuentra en una región integrada al sistema hidrológico Grijalva-Usumacinta. Abarca una superficie total de 11.494 km², de los cuales 1.558 km² corresponden a Guatemala y 9.936 km² a México. Cabe señalar que la cuenca del río Candelaria se divide en dos; alto río Candelaria, comprendida desde los límites del territorio mexicano con Guatemala, hasta su desembocadura con la laguna de Términos y ésta colinda con el Golfo de México¹⁶.

Es una cuenca de aproximadamente 400 km de longitud desde su nacimiento en Guatemala (Peten) hasta su desembocadura; cuenta con un área de drenaje de 13.713 km² buena parte le corresponde a Campeche y otra a Tabasco; aunque es una cuenca importante, su escurrimiento solamente se ha estimado en 1.692 mm³ promedio anual¹⁷. Asimismo, forma parte de la Región Climática 11 situada en la Península de Yucatán, en donde por su localización, dominan durante todo el año los vientos alisios, con una fuerte componente del este. Existe una temporada lluviosa que abarca de mayo a octubre, una gran parte de la lluvia que se presenta sobre esta región es de tipo convectivo, es decir, provocada por el ascenso del aire que se calienta por estar en contacto con la superficie terrestre caliente, alcanzando sus máximos en los meses de mayo y junio¹⁸; con un intervalo de precipitación de 1.200 a 2.000 mm, promedio anual de 1.439 mm, originado por la trayectoria que recorre el río, misma que atraviesa varias zonas climáticas, de cálido subhúmedo con lluvias en verano, de humedad media y cálido subhúmedo con lluvias en verano de mayor humedad¹⁹.

Desde el punto de vista técnico, los registros diarios de precipitación de las cuencas de los ríos Acajoneta y Candelaria, fueron originados a partir de la interpolación de la malla regular "MAYA" elaborada por Rosengaus²⁰ con la base de datos CLICOM del Servicio Meteorológico Nacional. Con este sistema, se obtuvo para cada cuenca una serie de nodos con valores de lluvia diaria; a partir de la cual se generó una base de datos de 50 años, desde el 1° de enero de 1961 al 31 de diciembre de 2010.

Los nodos obtenidos a partir de MAYA; para la cuenca del río Acajoneta constituyeron 27 celdas (Figura 1-A) de información de lluvia precipitada diaria en milímetros; mientras que para el río Candelaria se obtuvieron 29 celdas (Figura 1-B); Generándose un total de 56 celdas.

Para organizar y procesar esta base de datos, se empleó una planilla de cálculo; en su análisis se aplicó el método gráfico, el cual es una de las herramientas más utilizadas en el estudio de fenómenos tanto sociales como físicos, donde se manejen grandes cantidades de datos²¹. Se realizó un análisis de series de tiempo en el dominio del tiempo, la frecuencia y el tiempo-frecuencia, con ayuda del software PAST²² versión 3.14.

Para verificar si existe una tendencia lineal en las series mensuales de 50 años de precipitaciones, se calculó un año típico, promediando todos los meses correspondientes al mismo estadio de la serie. Este año típico se utilizó para encontrar la serie de anomalías mensuales, a las cuales se le ajustó la tendencia lineal. Para calcular las tendencias se usó el método de mínimos

cuadrados y la incertidumbre de la pendiente se calculó al 95% de confianza. La pendiente de la tendencia lineal se calculó mediante la ecuación:

$$Mm = \frac{\sum_{i=1}^N [(t_i - \bar{t})(y_i - \bar{y})]}{\sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t})^2}$$

Donde t_i es el instante donde se registró la observación y_i . La incertidumbre en la pendiente se calculó como el producto del error estándar (SE) y el valor crítico (VC) que se obtiene de la distribución t-Student con N-2 grados de libertad, donde N es el número de observaciones:

$$\text{Incertidumbre} = SE \times VC.$$

El error estándar se calculó utilizando la ecuación:

$$SE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \hat{y}_i)^2}{(N - 2) \sum_{i=1}^N (t_i - \bar{t})^2}}$$

Donde \hat{y}_i son los valores estimados a partir del ajuste de la recta por el método de mínimos cuadrados.

El análisis de series de tiempo, permitió justificar un análisis simple basado en la media aritmética como estimador de la tendencia central, con el fin de comparar los patrones de precipitación de las citadas cuencas, promediando los valores de lluvia diaria por meses y años. Se elaboraron figuras en Barras, cuya altura representó el nivel de precipitación registrado en milímetros para cada cuenca de estudio, junto con un Diagrama de Línea, la cual significó el nivel medio mensual y estacional para la serie de 50 años.

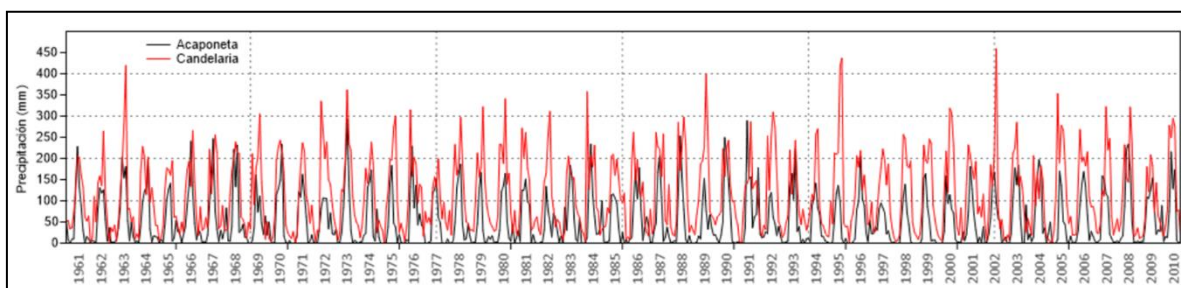
La utilización del método gráfico permitió apreciar de forma simple y sintética las diferencias entre la precipitación y sus posibles correspondencias con los fenómenos cíclicos como El Niño y La Niña. Los gráficos representados en barras fueron homogeneizados en sus escalas, según el valor de precipitación máximo, para determinar y comparar la variabilidad en cada una de las cuencas; el valor que se utilizó como límite fue de 16 mm, nivel que se registró en la cuenca del río Candelaria. En cada gráfico se estimó el valor de la media mensual de la precipitación.

Para determinar la coincidencia o asociación de los incrementos o decrementos en la precipitación por la presencia, intensidad o categoría de fenómenos El Niño y La Niña, se basó en el índice MEI (Multivariate ENSO Index, por sus siglas en inglés) que incluyen observaciones oceanográficas y atmosféricas, elaborado por la NOAA²³. Es importante señalar que las Fases Neutras, fueron aquellas representadas en letras negras y por su MEI bajo, según la NOAA.

3. RESULTADOS

En la Figura 2 se aprecia la comparación en el dominio del tiempo de ambas series de precipitaciones, suavizadas con una media móvil de longitud 3 para apreciarlas mejor. Ambas series se encuentran coordinadas y muestran una marcada estacionalidad. La serie de Candelaria tiene una estacionalidad más regular que la de Acaponeta (variaciones cíclicas regulares). Candelaria presenta fluctuaciones extremas en rango que no se condicen con las variaciones en Acaponeta.

FIGURA 2
REPRESENTACIÓN TIEMPO DEPENDIENTE DE LAS SERIES DE PRECIPITACIONES DE LA CUENCA DEL RÍO ACAPONETA (NEGRO) Y LA DEL RÍO CANDELARIA (ROJO), ENTRE ENERO DE 1961 Y DICIEMBRE DE 2010 (600 MESES)



En análisis en el dominio de la frecuencia revela la diferencia en el comportamiento de la estacionalidad entre ambas series (Figura 3): Mientras la serie de precipitaciones de la cuenca del Río Candelaria presenta sólo una cresta de energía en la frecuencia de 0.083333 ciclos por mes (que corresponde a ciclos con periodicidad de 12 meses, es decir el ciclo anual de las estaciones), Acaponeta, presenta una segunda cresta en la frecuencia de 0,16667 ciclos por mes (periodicidad de 6 meses). Este ciclo es de menor energía y revela que en algunos años, existen dos periodos de incremento en las precipitaciones, lo que también se puede apreciar en la representación tiempo dependiente (Figura 2).

TABLA 1
ESTADÍSTICA BÁSICA SERIE DE TIEMPO PROMEDIOS MENSUALES DE LAS PRECIPITACIONES EN LAS CUENCAS RÍO ACAPONETA Y RÍO CANDELARIA

PARÁMETRO	RÍO ACAPONETA	RÍO CANDELARIA
Mínimo	0	0.09
Máximo	294.26	459.48
Medía	53.71	115.04
Desviación Estándar	62.85	90.07
Percentil 25	4.19	38.99
Mediana	23.64	89.41
Percentil 75	90.89	183.25
Oblicuidad	1.26	0.84
Curtosis	0.80	0.16
Coefficiente de Variación	117.02	78.29

En la Tabla 1 se muestra la estadística básica de los promedios mensuales de precipitaciones. Se puede observar que en los 600 meses de análisis (desde enero de 1961 a diciembre de 2010), en el río Candelaria siempre hubo precipitaciones (mínimo mayor a cero). Todos los parámetros indican que en esta cuenca las precipitaciones mayores que el Río Acaponeta: En promedio las precipitaciones mensuales se duplican en el Río Candelaria al igual que el percentil 75; mientras que el máximo mensual es un 60% que en el Río Acaponeta. La diferencia entre la mediana y la media, revela que la distribución de precipitaciones mensuales en ambos casos no es simétrica. La curtosis, oblicuidad y coeficiente de variación, revelan que hay una mayor dispersión de los datos en río Acaponeta, con respecto al río Candelaria, pero como el rango es menor, esto se interpreta con un mayor número de casos extremos (existencia precipitaciones nulas y varias cercanas al máximo).

FIGURA 3
REPRESENTACIÓN ESPECTRAL (DOMINIO DE LA FRECUENCIA) DE LAS SERIES DE PRECIPITACIONES DE LA CUENCA DEL RÍO ACAPONETA Y LA DEL RÍO CANDELARIA, ENTRE ENERO DE 1961 Y DICIEMBRE DE 2010 (600 MESES)

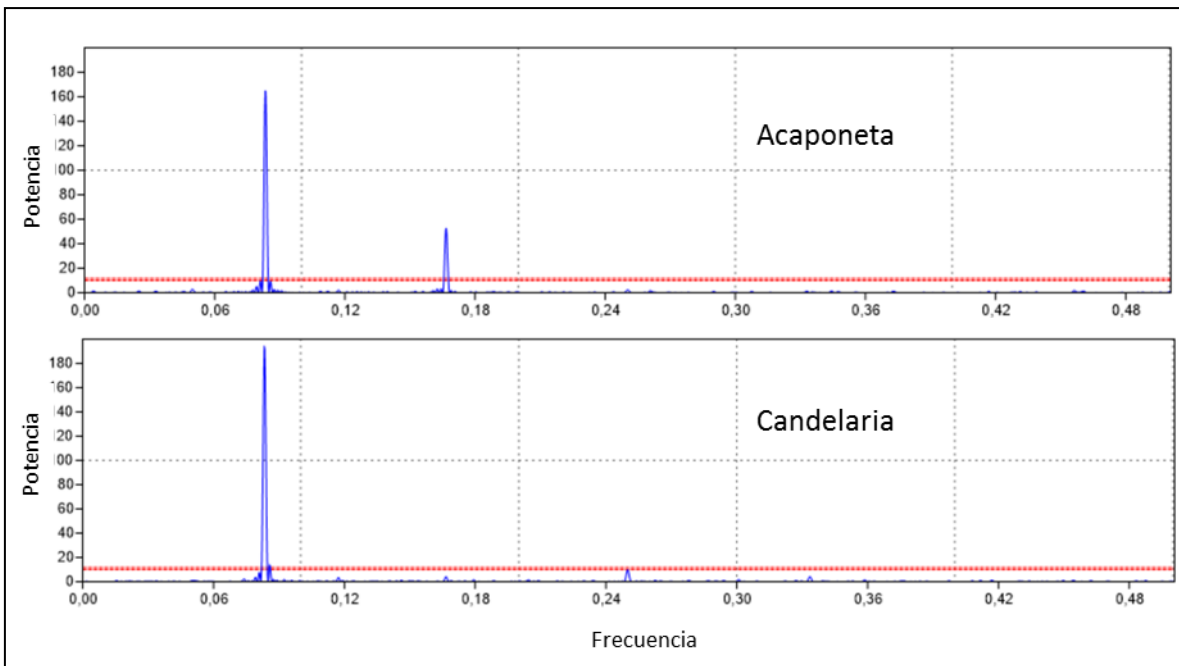
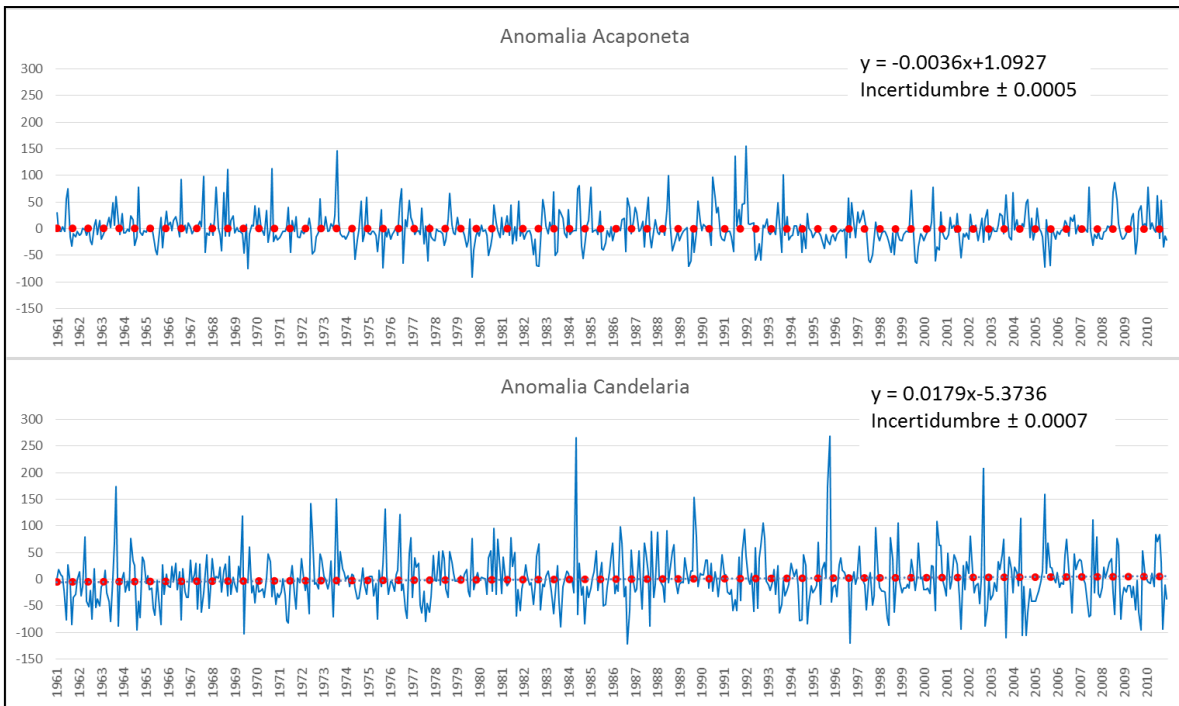


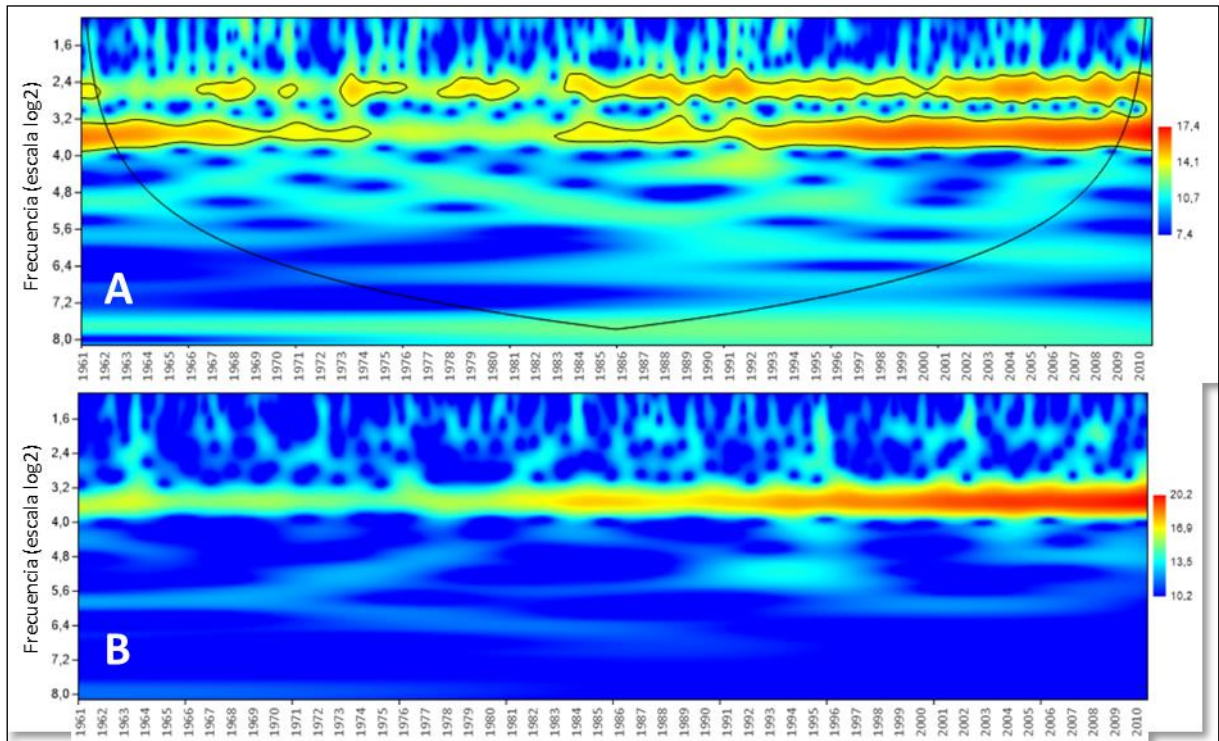
FIGURA 4
REPRESENTACIÓN TIEMPO DEPENDIENTE DE LAS SERIES DE ANOMALÍAS DE LAS PRECIPITACIONES DE LA CUENCA DEL RÍO ACAPONETA Y LA DEL RÍO CANDELARIA, ENTRE ENERO DE 1961 Y DICIEMBRE DE 2010 (600 MESES). SE MUESTRA EN CADA CASO LA TENDENCIA LINEAL AJUSTADA



El ajuste por mínimos cuadrados de una tendencia lineal a las series de anomalía sobre la estacionalidad, revela que las precipitaciones en el río Acaponeta tienen una pendiente negativa con una incertidumbre al 95% de confianza que la hace oscilar entre -0.0041 y -0.0031, equivalente a una tasa anual de disminución del orden de 0.4%. Mientras que la cuenca del río Candelaria presenta una pendiente positiva, que puede oscilar entre 0.0172 y 0.0186 (al 95% de confianza). Esto representa un incremento del orden de 1.8% (Figura 4), lo que indica que no existen cambios sustantivos en el comportamiento principal de las señales y por lo tanto se puede aplicar una técnica independiente del tiempo, como el cálculo de las medias aritméticas para analizar las series.

El análisis en el dominio del tiempo-frecuencia (Figura 5) muestra diferencias entre ambas series. La serie de Acaponeta muestra dos ciclos (lo que es coherente con el análisis espectral). El ciclo anual es interrumpido entre los años 1974 y 1983. Mientras que el ciclo semestral, se presenta con intermitencias antes del año 1983. Posteriormente ambos ciclos se desarrollan en forma ininterrumpida, incrementando su energía paulatinamente. Algunas importantes anomalías en la escala mensual en la serie del Río Candelaria pueden estar asociadas al paso de tormentas tropicales y huracanes. Tal como se esperaría, la serie de Candelaria presenta solo el ciclo anual, el cuál incrementa su energía a partir del año 1983.

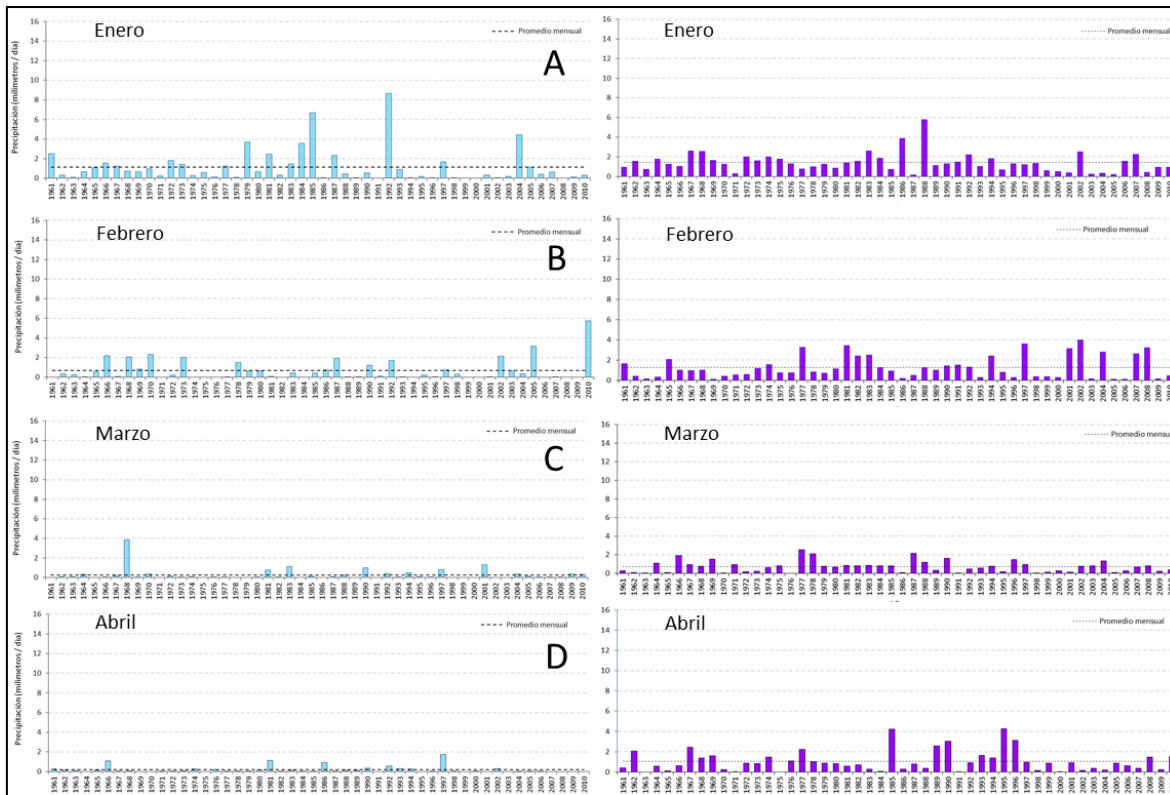
FIGURA 5
REPRESENTACIÓN ANÁLISIS EN EL DOMINIO DEL TIEMPO-FRECUENCIA (WAVELET) DE LAS SERIES DE ANOMALÍAS DE LAS PRECIPITACIONES DE: A) LA CUENCA DEL RÍO ACAPONETA Y B) RÍO CANDELARIA, ENTRE ENERO DE 1961 Y DICIEMBRE DE 2010 (600 MESES)



La presentación de los registros fluviométricos de las dos cuencas se expondrá por mes, dado que los fenómenos climáticos El Niño, La Niña y las Fases Neutras se pueden desarrollar en forma predominante durante todo un año cada uno, o intercalados en un ciclo anual.

En la cuenca del río Acaponeta, el comportamiento pluvial en el análisis de los 50 años, mostró que en enero generalmente la precipitación fue por debajo del promedio mensual de 0.74 mm incluso imperceptible en ciertos años (por ejemplo, 1963, 1968, 1991, por mencionar algunos); sin embargo, se observaron niveles máximos por encima del promedio en los años de 1961 (1.68 mm), 1984 (1.87 mm) y 1985 (3.24 mm) coincidentes con una Fase Neutra (año intermedio entre El Niño y La Niña), pero en 1987 (2.02 mm) y 1992 (5.76 mm) coincidentes con El Niño de un MEI entre 0.6 a 2.27 cubriendo aproximadamente todo el año, incluso 1992, se observó un máximo relevante de precipitación de aproximadamente ocho veces más de lo normal (778%) (Figura 6-A, Izquierda). En 2004 hubo El Niño de un MEI bajo, pero con precipitaciones que rebasaron en promedio en 247%. En esta cuenca no se registraron ciclones tropicales.

FIGURA 6
PATRONES DE PRECIPITACIÓN PARA LOS RÍOS ACAPONETA (IZQUIERDA) Y CANDELARIA (DERECHA) EN LOS MESES DE A) ENERO, B) FEBRERO, C) MARZO Y D) ABRIL



En la cuenca del río Candelaria el patrón de precipitación en enero tuvo niveles semejantes o menores al promedio mensual (1.64 mm); en cinco ocasiones sobrepasó la media, destacando los años de 1986 (con Fase Neutra) y 1988 (El Niño MEI 1.387), los que presentaron registros más altos de precipitación, que rebasaron en promedio el 253% de la media anual. Tanto en 1971 como en el 2003 se registraron precipitaciones escasas por debajo del promedio anual; sin embargo, en el primer año fue La Niña y en el segundo El Niño pero entre marzo-abril siendo el resto Fase Neutra (Figura 6-A, derecha). Para esta cuenca no hubo ciclones tropicales.

En febrero la precipitación en la cuenca del río Acaponeta, el promedio mensual fue de 0.42 mm, con excepción de cinco casos, correspondiendo a los años de 1970 (1.78 mm), 1987 (1.46 mm) coincidentes con El Niño, 2002 (1.39 mm) y 2005 (1.79 mm) de Fase Neutra, en los cuales se excedió en promedio 382% el medio anual. En 2010 las precipitaciones fueron por arriba del 757% (3.18 mm) del medio anual, en donde se registró El Niño de un MEI alto (1.524) (Figura 6-B, izquierda). No se registraron de ciclones tropicales.

El comportamiento pluvial en febrero de la cuenca del río Candelaria mostró una disminución respecto al mes anterior; solamente se destacó un aumento significativo en la precipitación (por arriba del promedio mensual de 1.27 mm); para 1997 correspondiente a una Fase Neutra (3.47 mm), 2001

(3.00 mm) con La Niña y 2002 (4.12 mm) coincidente con Fase Neutra de una pluviosidad promedio de 278% por arriba de la media anual (Figura 6-B, derecha). Para este mes no hubo ciclones tropicales.

En marzo la cuenca del río Acaponeta la pluviosidad tendió a la baja (0.18 mm), a excepción de un máximo en 1968 donde se registró un nivel 15 veces por encima del promedio mensual 2.69 mm (alrededor de 1 500%), en coincidencia con La Niña de un MEI bajo. La mayoría de los años la precipitación estuvo por debajo de la media (Figura 6-C, izquierda). No se registraron ciclones tropicales.

En marzo la cuenca del río Candelaria la precipitación también presentó una disminución (0.85 mm de promedio mensual). Destacaron tres años donde se registraron incrementos por encima del promedio: 1978 (2.50 mm), 1987 (2.58 mm) y 1990 (2.01 mm) coincidiendo con El Niño de un MEI medio a alto, con 278% promedio de lluvia por encima de la media. Destacaron los años 1972 (Fase Neutra) y 1976 (La Niña) de una escasa precipitación (Figura 6-C, derecha). Ausencia de ciclones tropicales.

Para abril la cuenca del río Acaponeta los niveles de precipitación se mantuvieron imperceptibles (0.19 mm); sin embargo, escasamente se observaron tres casos con incrementos con influencia heterogénea de fenómenos: 1966 (0.67 mm) El Niño, 1981 (1.00 mm) Fase Neutra y 1997 (1.31 mm) El Niño (Figura 6-D, izquierda), que rebasaron en promedio en 523% la media mensual. No se registraron ciclones tropicales.

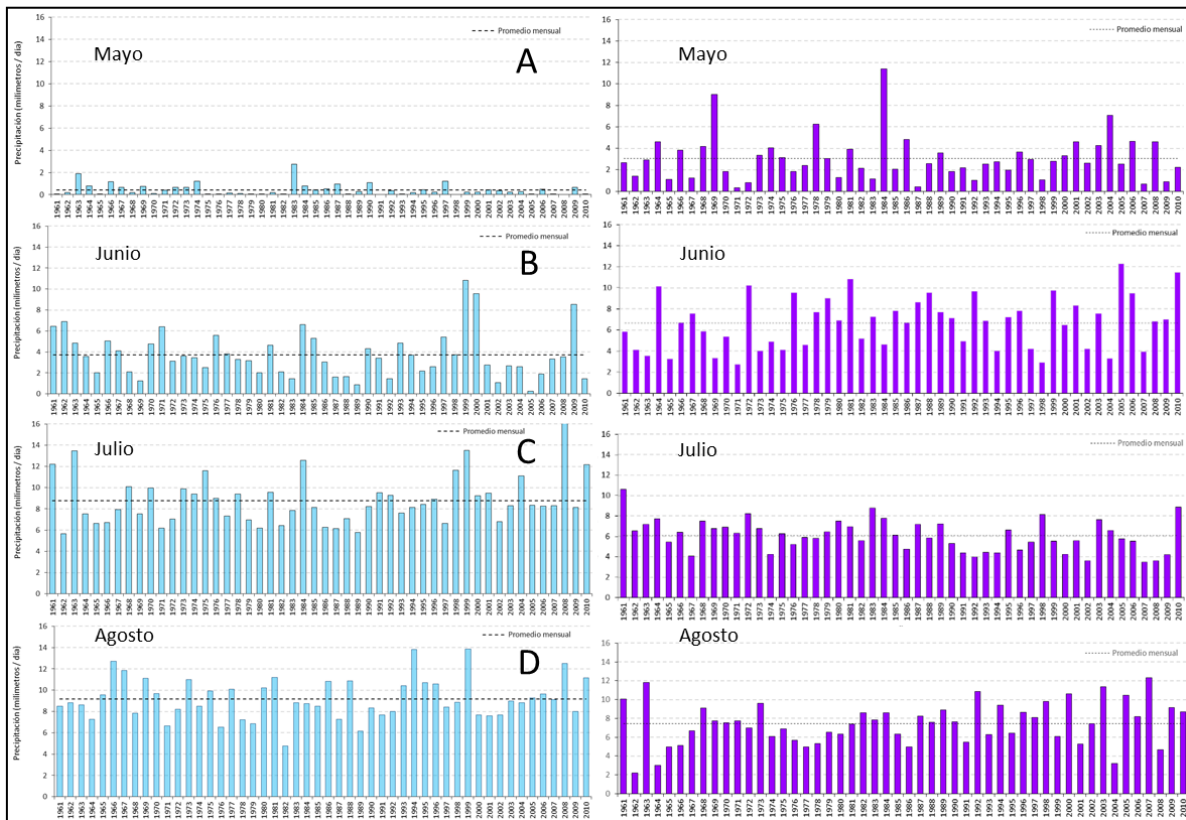
En la cuenca del río Candelaria, en abril se presentó un ligero incremento en la precipitación de un promedio mensual de 1.05 mm, e incluso con una mayor variabilidad mensual; observándose mayores precipitaciones: 1962 (3.69 mm) en Fase Neutra, 1985 (2.80 mm) en Fase Neutra, 1989 (2.36 mm) en La Niña, 1990 (2.22 mm) El Niño, 1995 (3.33 mm) El Niño; en promedio con 255% de lluvia por arriba de la media mensual (Figura 6-D, derecha). Ausencia de ciclones tropicales.

Para mayo se incrementó la precipitación en el río Acaponeta, (0.51 mm de promedio mensual) con un régimen pluvial variable. Se observaron máximos de pluviosidad en 1983 (2.74 mm), donde se rebasó el promedio mensual en 537% (Figura 7-A, izquierda), año en el que se registró El Niño máximo de esa década, con un MEI que cubrió aproximadamente todo el año, oscilando entre .430 a 3.038. A pesar de ser el inicio de la época de lluvias no hubo coincidencia con el nivel del MEI. Se registraron años muy secos desde enero hasta el presente mes, particularmente en la década de los 70s. Ausencia de ciclones tropicales.

En mayo (inicio de la época de lluvias normales anuales) la cuenca el río Candelaria la precipitación en general rebasó la media de 3.00 mm; los años que destacaron por lluvias significativas fueron 1969 (6.81mm) El Niño: 1984 (11.55 mm) Fase Neutra, 1986 (6.18 mm) Fase Neutra y 2004 (6.67mm) Fase Neutra, rebasando en promedio con 260% de lluvia por arriba de lo normal. Cabe destacar que 1984 presentó el nivel más alto, con precipitaciones extraordinarias de 385% por encima de la media (Figura 7-A, derecha). En dichos años se presentó tanto El Niño como la Fase Neutra que no coincidió con las intensas lluvias. Aún no se registraban ciclones tropicales.

Para junio se presentaron las lluvias estacionales normales con un incremento de la precipitación en la cuenca del río Acajoneta, con promedio mensual de 2.71 mm; en ciertos años hubo casos extremos; es decir algunos con niveles menores a la media y otros de máximos de lluvia que rebasaron en promedio 193% de la media. Se identificaron tres casos donde hubo altos niveles pluviales, como en 1984 (5.23 mm) Fase Neutra, 1999 (5.13 mm) La Niña, 2000 (5.32 mm) La Niña y 2007 (5.31 mm) Fase Neutra, entre los más sobresalientes (Figura 7-B, izquierda). Contrariamente hubo casos extremos de baja precipitación: 1974 y 1989 de predominancia anual de La Niña de un MEI alto en los dos (-1.944 y -1.165 máximos, respectivamente). Presencia en 1967 de un huracán categoría 1.

FIGURA 7
PATRONES DE PRECIPITACIÓN PARA LOS RÍOS ACAPONETA (IZQUIERDA) Y CANDELARIA (DERECHA) EN LOS MESES DE A) MAYO, B) JUNIO, C) JULIO Y D) AGOSTO



En junio en la cuenca del río Candelaria el incremento de la precipitación estacional con promedio mensual de 6.47 mm; también se registraron condiciones pluviales extremas y opuestas. Se presentaron tres años donde se observaron máximos fluviales importantes, 1972 (11.18 mm) El Niño, 1976 (10.50 mm) Fase Neutra y 2005 (11.78 mm) El Niño, rebasando en promedio la media mensual en 172%; entre los más importantes (Figura 7-B, derecha). Se destacó en 1981 incrementos pluviales asociados a la presencia de una depresión tropical.

En la cuenca del río Acaponeta la precipitación incrementó en julio, con un patrón pluvial regular (4.96 mm de promedio mensual), con presencia de algunos máximos de lluvia, que sobrepasaron la media mensual con 161%; éstos fueron 1961 (7.37 mm), 1976 (7.39 mm), 1984 (7.56 mm), 1988 (8.18 mm) coincidentes con La Niña de un MEI alto anual en los tres años; 1990 (8.05 mm) con un huracán categoría 1 y 1991 (9.34 mm), por mencionar algunos (Figura 7-C, izquierda). Solamente los dos últimos años correspondieron a El Niño en todo el año con un MEI alto en 1991 y en los otros años se presentaron indistintamente El Niño y La Niña. Además, hubo una depresión tropical y tormenta tropical en 1993 asociados a un ligero incremento en precipitación.

Para julio en la cuenca del río Candelaria, se registró una disminución en la media mensual de precipitación (5.79 mm), con algunos casos excepcionales que mostraron un aumento, como por ejemplo 1972 (8.66 mm), 1998 (8.30 mm) y 2010 (8.05 mm); en 1972 hubo preponderancia de El Niño de un MEI alto de 1.896, sobrepasando en promedio la media mensual en 144%; y los otros dos años de enero a junio un MEI de 2.78 y de enero a mayo con 1.517 máximos, respectivamente (Figura 7-C, derecha). Cabe señalar que la incidencia de ese evento reflejada en incremento de lluvias durante. Para la serie de 50 años en la cuenca del río Candelaria, para este mes en específico no se registraron ciclones tropicales.

En agosto la precipitación en la cuenca del río Acaponeta se mantuvo en niveles de semejantes al mes anterior (media mensual de 4.78 mm); pero se registraron precipitaciones significativas, destacando los años de: 1966 (7.78 mm); 1967 (7.96 mm) con la coincidencia de un huracán categoría 1; 1973 (9.49 mm) con predominancia de La Niña a partir de mayo a diciembre y un nivel máximo de MEI de -1.743; 2008 (7.56 mm) coincidente con el Niño de un MEI de 1.403 entre enero y febrero, entre otros. En promedio la lluvia fue 176% por arriba de la media mensual (Figura 7-D, izquierda). Se registraron depresiones tropicales y tormentas tropicales los años de 1981 y 1990 respectivamente.

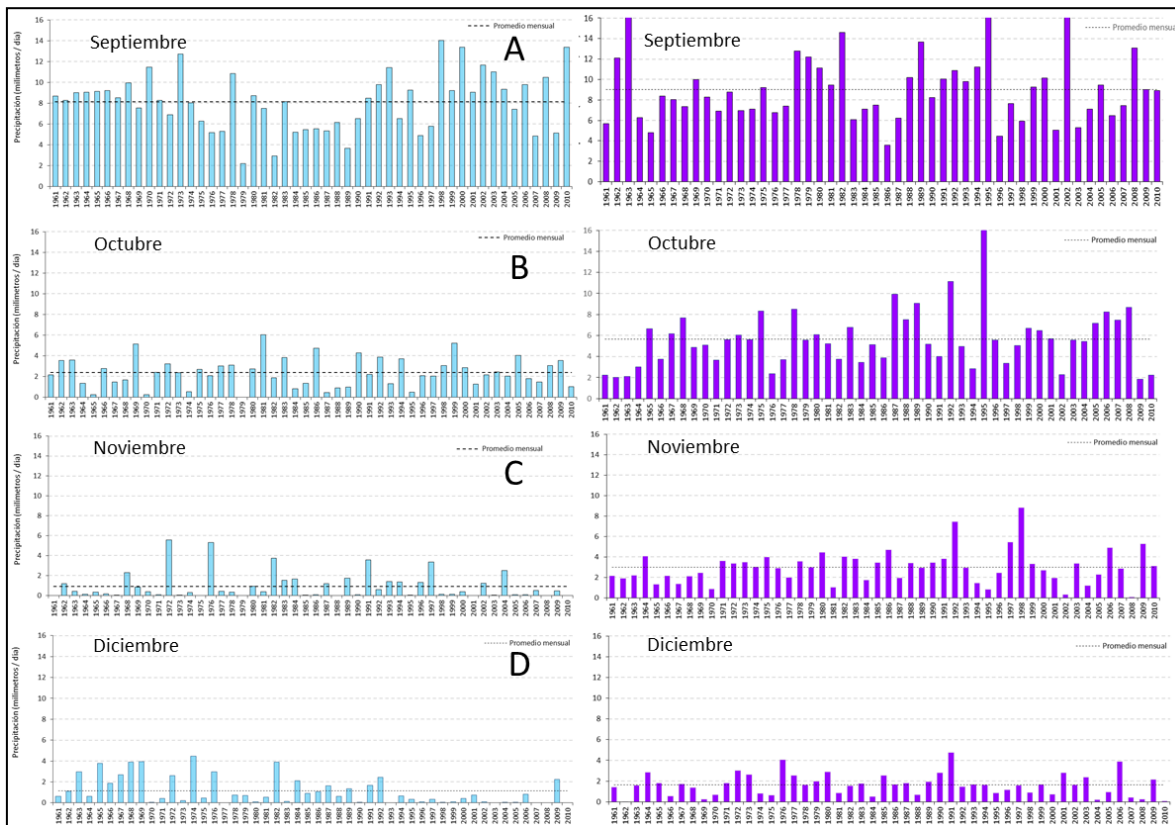
En agosto la precipitación en la cuenca del río Candelaria tuvo un promedio mensual de 6.81 mm. Se observaron años con niveles máximos de lluvia: en 1973 (11.68 mm) coincidente con El Niño; 2000 (10.29 mm) con coincidencia de La Niña; 2007 (10.40 mm) y 2010 (9.51 mm), en donde se registró El Niño de medio a fuerte el primer semestre y La Niña el resto del año de un MEI hasta de -2.029; siendo en promedio 158% de pluviosidad por arriba de lo normal, entre otros (Figura 7-D, derecha). Cabe mencionar años con niveles por debajo de la media como en 1964, 1977, 1985, 1991, 2004; por mencionar algunos. En los años de 1981 y 1990 se presentaron una depresión tropical y una tormenta tropical.

En septiembre el río Acaponeta registró descensos en la precipitación variable con un promedio mensual de 4.03 mm, donde se evidenciaron niveles significativamente altos de precipitación por arriba del promedio (189%), como en: 1968 (7.73 mm) coincidente con La Niña y 1970 (7.78 mm) con predominancia de La Niña de un MEI hasta de -1.248; 1993 (7.40 mm) con El Niño y una depresión tropical y huracán categoría 2; en 2003 (6.14 mm) con un El Niño de alto a bajo, 2008 (5.86 mm) La Niña de un MEI de bajo a alto pero anual y 2010 (5.79 mm) en donde coincidió con El Niño de un MEI alto (1.517) los cuatro primeros meses siendo el resto La Niña de un MEI máximo de -2.019 (Figura 8-A, izquierda). En cuanto a bajas precipitaciones destacaron principalmente dos años: 1975 (1.58 mm) con La Niña de un MEI de -1.874 y 1979 (1.01 mm) con la predominancia de El Niño de un MEI bajo (de hasta 384); lo cual manifiesta la diversidad y variabilidad de respuesta ante estos dos fenómenos

o a la influencia mayor de los meteorológicos ordinarios como lo son los ciclones tropicales o de otros factores atmosféricos de mayor escala. Es decir, de la lluvia de tipo orográfico que para esta región es de las cuales se obtienen mayores registros²⁴.

El río Candelaria en septiembre mostró las máximas precipitaciones, con promedio mensual de 8.19 mm, de una variabilidad significativa. Destacaron máximos en: 1963 (13.99 mm) con predominancia indistinta entre los dos fenómenos; 1989 (13.30 mm) con predominancia de La Niña; 1995 (13.98 mm) con predominancia indistinta y 2002 (15.32 mm) con predominancia de El Niño, este último con 187% de precipitación por encima de la media (Figura 8-A, derecha). Destacaron para este mes la presencia de depresiones tropicales, tormentas tropicales y de huracanes categoría 1 y 2 en los años de 1967, 1979 y 1980.

FIGURA 8
PATRONES DE PRECIPITACIÓN PARA LOS RÍOS ACAPONETA (IZQUIERDA) Y CANDELARIA (DERECHA) EN LOS MESES DE A) SEPTIEMBRE, B) OCTUBRE, C) NOVIEMBRE Y D) DICIEMBRE



En octubre la cuenca del río Acaponeta registró una marcada disminución en la precipitación con 1.31 mm promedio mensual; algunos años tuvieron lluvias imperceptibles como en los siguientes: 1965 (0.16 mm) coincidente en los tres primeros meses con La Niña débil, sin embargo, en el resto del año fue El Niño alto con un MEI de 1.477; en 1979 (0.02 mm) coincidió con El Niño de MEI bajo todo el año; en 1987 (0.15 mm) se presentó El Niño de un nivel alto anual de un MEI de 2.131 máximo y en 1999 (0.19 mm) La Niña anual alta con un MEI máximo de -1.246. A pesar de lo anterior se

observaron algunos años con niveles por arriba de la media en ocasiones coincidentes con los dos fenómenos, como: 1981 (2.96 mm) con la presencia intercalada de El Niño y La Niña de un MEI bajo, así como una tormenta tropical y huracanes categorías 1 y 2; en 1986 (2.55 mm) se registró El Niño con una preponderancia anual aunque solamente de un MEI alto a finales del año de septiembre a diciembre (1.157 a 872); en 1990 (2.61 mm) con El Niño anual bajo y una tormenta tropical; en 1996 (2.89 mm) coincidió con La Niña anual de MEI bajo y 2009 (2.69 mm) coincidiendo con El Niño de un MEI alto especialmente de mayo a diciembre observándose en promedio 209% de lluvia por arriba de la media mensual (Figura 8-B, izquierda). Se destacaron tres años con depresiones tropical, tormentas tropicales y huracán categoría 1 (1980, 1990 y 1962 respectivamente).

Para octubre el río Candelaria también registró una disminución en la precipitación, con 5.45 mm de promedio mensual; pero los máximos de lluvia correspondieron a los siguientes años: 1975 (9.69 mm) coincidentemente con La Niña de permanencia anual y un MEI alto; de 1987 a 1989 (8.86 mm promedio) sobrepaso el nivel medio por tres años consecutivos en donde en el primero año coincidió con El Niño alto, pero en 1989 coincidió con La Niña anual de un MEI intermedio con una Fase Neutra de agosto a diciembre; y en 1995 (14.11mm) que sobrepasó en 259% el promedio mensual siendo este año el más relevante con la coincidencia en los siete primeros meses de El Niño y el resto con la Fase Neutra (Figura 8-B, derecha). Destaca también lluvias que sobrepasaron el nivel medio por cuatro años consecutivos (2005-2008) en los que indistintamente se registraron El Niño; la Fase Neutra y La Niña, situación que sugiere la escasa asociación de la precipitación con las tres condiciones. Es necesario resaltar la heterogeneidad de coincidencias entre la precipitación con los dos fenómenos y la Fase Neutra; por ejemplo, años con baja precipitación como de 1961 se registró una condición de Fase Neutra pero también en 1964 se registraron las tres condiciones aunque con predominancia de La Niña, es decir no hubo coincidencias; sin embargo en 2008 se registró La Niña interrumpida por La Fase Neutra en la mitad del año y una coincidencia con incremento en la precipitación. En este mes de octubre se observaron eventos de depresiones tropicales, tormentas tropicales y huracán categoría 4 (1967 y 2001); los cuales se asociaron a ligeros aumentos de las precipitaciones.

En noviembre la precipitación fue escasa e incluso poco perceptible en ciertos años en el río Acafoneta (0.55 mm de promedio mensual); con una pluviosidad variable. Sin embargo, se observaron máximos en 1972 (2.39 mm), en 1976 (2.32 mm), en 1982 (2.37 mm), en 1991 (2.09 mm) y 1997 con 415% de precipitación promedio por encima de la media, pero con la presencia indistinta de El Niño, La Niña y la Fase Neutra, aunque con mayor coincidencia con El Niño (Figura 8-C, izquierda). Para esta cuenca en este mes se dejaron de percibir ciclones tropicales.

En noviembre en el río Candelaria se registró un descenso significativo en la precipitación y se mantuvo con una pluviosidad variable (3.00 mm de promedio mensual); aunque se determinaron algunos niveles máximos en 1980 (5.51 mm) con ciclones tropicales (depresión tropical, tormenta tropical y huracán categorías 1 y 2), 1986 (con evento de El Niño con MEI alto de 1.237); 1992 (5.54) coincidente con El Niño de MEI alto de 2.271; en 1997 (6.24 mm) coincidente con El Niño de un MEI hasta de 3.003 y 1998 (6.49 mm) también de El Niño alto de 2.748 (Figura 8-C, derecha), con 198% de precipitación en promedio por encima de la media. Cabe señalar que en 1992 y 1997 fueron de los Niños anuales más altos.

El río Acaponeta en diciembre registró un comportamiento pluvial variable (0.69 mm de promedio mensual ligeramente mayor que el mes anterior). Se presentaron algunos máximos, como: en 1963 (1.62 mm) con la presencia tanto de La Niña como de El Niño; en 1969 (2.08 mm) coincidente con El Niño de condición anual; en 1974 (2.59 mm) con La Niña anual de un MEI alto; en 1982 (1.91 mm) coincidente con El Niño (pero antecedido por una Fase Neutra) considerado como el más alto del siglo pasado y de un MEI de hasta 2.447 y en el caso de 1991 (2.21 mm) semejante al anterior, también hubo un máximo en 1992 de un MEI de 2.271; sin embargo en 1993 la base de datos no mostró incrementos en la precipitación; cabe señalar que solamente en 1974 y 1991 alcanzaron a rebasar más del 300% el promedio mensual de precipitación (Figura 8-D, izquierda). Para esta cuenca en este mes, se dejaron de percibir los ciclones tropicales, ya que la temporada terminó en el mes de noviembre.

En diciembre en el río Candelaria la disminución en la precipitación fue poco menos de la mitad del mes pasado y de comportamiento pluvial variable (1.74 mm de promedio mensual). Se identificaron niveles de lluvia por debajo de la media como en: 1969 (0.32 mm) coincidente con El Niño; 1974-1975 (0.81 mm) coincidentes con La Niña nuevamente 1984 (0.65 mm) con la Fase Neutra todo el año; 1988 (0.85 mm) con los dos fenómenos; 2004 (0.40 mm) e incluso 2010 (0.53 mm) entre otros. También hubo incrementos pluviales en: 1977 y 1976 (con evento de la Niña en los primeros cinco meses del año y con El Niño en el último semestre, éste último de un MEI de 0.731), (3.15 mm); 198 (3.10 mm) de La Niña e interrumpido por la Fase Neutra; en 1990 (3.23 mm) considerado como Fase Neutra con El Niño y 1991 (4.76 mm) que al igual que el río Acaponeta ese año formó parte de los tres años que correspondió a El Niño, con pluviosidad de 182% en promedio por encima de la media (Figura 8-D, derecha). De igual forma que para la cuenca del río Acaponeta, en esta cuenca no se registraron ciclones tropicales, dado su término en el mes de noviembre.

4. DISCUSIÓN

El río Acaponeta en la vertiente Pacífico de México, se constata una disminución paulatina en las precipitaciones, con una tasa anual de disminución del 0.4%. Esta cuenca presenta mayor variabilidad interanual, por lo que los eventos de variabilidad climática asociados al El Niño y La Niña parecen expresarse en forma más intensa. Las precipitaciones en el río Candelaria, por el contrario parecen aumentar con el tiempo (1.8% anual). Esta cuenca presenta mayor regularidad, pero con sucesos extremos importantes.

El comportamiento en 50 años de precipitación registrada en las cuencas de los ríos Acaponeta y Candelaria, señaló un patrón anual semejante, pero con diferentes volúmenes promedio de precipitación pluvial, resultado de la incidencia directa de los vientos alisios, de su ubicación geográfica, así como de la influencia heterogénea de fenómenos hidrometeorológicos denominados ciclones tropicales como depresiones o tormentas tropicales y huracanes, así como de los denominados cíclicos El Niño y La Niña.

Magaña²⁵, informa que en Golfo de México en el invierno, los sistemas frontales producen cambios en la temperatura de la superficie del mar y aunado a la interacción con la Sierra Madre Oriental, en algunas ocasiones pueden provocar fuertes precipitaciones. En la cuenca del río

Candelaria algunos incrementos pluviales en los meses de noviembre a febrero, pudieran asociarse a los frentes fríos y a los Nortes, con mayor frecuencia en el mes de enero. Para la cuenca del río Acaponeta, no se puede asegurar que los niveles registrados por encima de la media en el invierno estuvieran asociados a los sistemas frontales; sin embargo, las condiciones geográficas que comparte con el río Candelaria, hacen del Acaponeta una cuenca vulnerable a dicho fenómeno.

Aunado a la influencia de los fenómenos naturales en el incremento y decremento de la precipitación en ambas cuencas, se identificaron escasas coincidencias con el fenómeno de El Niño y de La Niña, fenómenos condicionados por la variación de la temperatura en la superficie del mar²⁶; sin embargo, algunos autores señalan que no existe asociación definida ni regular entre dichos fenómenos y la precipitación, aun cuando los MEIs hayan sido sobresalientes.

Magaña y Gay²⁷, generalizan que en los inviernos donde se manifiesta El Niño las precipitaciones en la mayor parte del país se intensifican; como ejemplo, los inviernos de 1982-83, 1986-87, 1991-92, y 1997-98, y se debilitan para los correspondientes veranos; en este estudio cabe destacar que para la vertiente del Pacífico (río Acaponeta), en estos años no se pudo constatar que las precipitaciones fueran intensas, es decir por arriba de la media anual, así mismo generalizar en decrementos en los respectivos veranos. Para la cuenca del río Candelaria; de igual forma se pudo observar que al menos en cuatro de los años mencionados con El Niño fuerte, no hubo incrementos significativos en invierno y decrementos en el verano. Sin embargo, un caso excepcional de la presencia de El Niño de cuatro años consecutivos de duración (1990-1993), en el río Acaponeta se registraron precipitaciones por arriba del promedio; de igual manera se asociaron máximas precipitaciones coincidentes con un periodo de 1966-1968, cuando se registró La Niña.

Es importante destacar que hay bibliografía que señala cierta asociación del fenómeno de El Niño más fuerte y duradero registrado en el siglo pasado, como fue el de 1997-98, con una severa sequía para los meses correspondientes al verano en Colombia, Argentina y México²⁸; que para las cuencas de los ríos Acaponeta y Candelaria se observó una marcada disminución en la precipitación solamente en el mes de diciembre de 1997, pero los meses de enero y febrero de 1998 se manifestó un importante incremento en los registros de lluvia. En Compagnucci²⁹ se menciona la asociación de que en ciertos países de Suramérica (Argentina y México) en los años de 1966-67, donde los efectos de El Niño y La Niña fueron similares.

Según Cerano-Paredes³⁰ en su análisis de la cuenca del río Nazas en el estado de Durango, y cuyas condiciones geográficas son diferentes a Acaponeta, pero dado a su proximidad con la vertiente del Pacífico, comparte ciertas características que la hace susceptible a la influencia de los fenómenos de El Niño y de La Niña (ENSO). Menciona que los periodos de decrementos en la precipitación hubo una correspondencia con La Niña (1974-75, 1984-85 y 1998-99); sin embargo, para este estudio, en el río Acaponeta en estos años en particular no se observaron decrementos significativos, no obstante, en la cuenca del río Candelaria, en los años antes mencionados se identificaron de ligeros a relevantes aumentos de precipitación en condiciones estacionales por encima de la media anual.

Así mismo, Magaña³¹ señala que no siempre el comportamiento de La Niña es opuesto a El Niño, es decir, no siempre se producen incrementos o decrementos en la precipitación³² al menos eso se ha presentado en el Noroeste de México, y como se pudo observar en la cuenca del río Candelaria

en presencia de La Niña. De igual forma Cerano-Paredes³³ confirma en el caso del río Nazas, y que concuerda con la cuenca del río Acaponeta, en el periodo de 1993-1996, en un evento de El Niño donde se presentó un decremento considerable en la precipitación; mismo que se acentuó con la presencia en los años siguientes de La Niña de 1995-1996.

Se destacó que para la cuenca del río Acaponeta, los eventos de La Niña provocan intensas sequías en ciertos años, como lo ha registrado Cerano-Paredes³⁴ en el Nazas, coincidiendo con este estudio en los años de 1974-75 y 1988-89; a pesar de esto la presencia de El Niño provocó importantes incrementos de precipitación en los años de 1987, 1992 y 1997. Sin embargo, en la cuenca del río Candelaria, en presencia de La Niña los niveles de precipitación fueron cercanos a lo normal y en ciertas ocasiones con aumentos significativos, en comparación con el resto del país³⁵, siendo en ciertas ocasiones en eventos de El Niño marcadas disminuciones en precipitación³⁶.

Los niveles de vulnerabilidad ante El Niño y La Niña, en cuanto a la incidencia de huracanes y Nortes en invierno, colocan a la cuenca del Acaponeta en un nivel de medio a bajo respectivamente; en el caso de Candelaria está considerado en nivel alto para ambos fenómenos³⁷.

Factores como la ubicación geográfica aunada a las características marinas y atmosféricas que se encuentran en la región tropical (isoterma 26°), provocan que los eventos meteorológicos (ciclones tropicales) en ambas cuencas, sean modificadores del comportamiento anual de la lluvia³⁸.

Zitácuaro³⁹ comenta que en la república mexicana en los últimos 60 años los eventos ciclónicos iguales o de categoría 1 y 2 muestran una pequeña tendencia negativa, en cuanto a los de categorías 3, 4 y 5 una tendencia positiva; sin embargo en este estudio estos últimos fueron los que se presentaron en menores ocasiones en toda la serie de años; sin embargo, las depresiones y tormentas tropicales tuvieron una mayor presencia en ambas cuencas, ligeramente en mayor número en la vertiente del Pacífico mexicano, mismas que provocaron cambios significativos en los regímenes de precipitación anual de éstas. Asimismo Zitácuaro⁴⁰, menciona que para el Pacífico como para el Atlántico los meses con el mayor número de fenómenos naturales corresponde a octubre y noviembre; en este estudio, ambas cuencas se vieron influenciadas por dichos fenómenos en los meses de agosto, septiembre, octubre y noviembre, aunque se debe destacar que para la vertiente del Golfo de México, se observó mayor frecuencia en el mes de noviembre de ciertos años, así como su mínimo al inicio del periodo de ciclones (junio y julio).

Cabe señalar que esta frecuencia, es especialmente positiva para las depresiones y tormentas tropicales, que no logran desarrollarse como huracanes para la vertiente del Pacífico como la del Atlántico, como lo menciona Díaz⁴¹, en las cuencas del presente estudio se observó una alternancia de periodos dominados por un aumento o disminución de ciclones tropicales. Además de que en las costas del Pacífico se pudo observar que, a pesar de tener más incidencia de estos fenómenos, son menos frecuentes los de categoría 3, 4 y 5, en cambio en la vertiente del Atlántico las categorías 4 y 5 suelen tener mayor frecuencia.

Se identificaron ciertas fluctuaciones en la precipitación en los meses de otoño e invierno (noviembre a febrero), provocadas por la influencia de los sistemas frontales (frentes fríos, Nortes como lo ha señalado Magaña⁴²), mismos que en este estudio no fueron considerados. Cabe mencionar

que algunos Nortes presentes en la vertiente del Golfo de México tuvieron cierta coincidencia con algunos periodos correspondientes a La Niña, provocando con ello precipitaciones extraordinarias para la cuenca de Candelaria.

5. CONCLUSIONES

El comportamiento anual del volumen precipitado entre las cuencas Acaponeta (vertiente Pacífico) y Candelaria (vertiente del Golfo de México) fue distinto, siendo menor en Acaponeta por diferencias de ubicación geográfica, orográfica, climática local, incidencia e intensidad de los vientos (alisios), frentes fríos, Nortes y en menor grado de la frecuencia de ciclones tropicales. La influencia en el aumento o decremento del volumen pluvial en ambas cuencas, fue indistinta por la presencia de El Niño, La Niña incluso de desarrollos extremos (altos MEI en ambos casos) o por Fases Neutras, que variaron desde una permanencia anual o por trimestres e incluso intercalados. Situación que dificulta inferir categóricamente (como ha sido señalado por algunos autores) cuál de los dos primeros fenómenos puede ser el responsable de sequías y grandes lluvias. En este trabajo, se encontró que durante las Fases Neutras el volumen de lluvia fue mayor, no influyendo la presencia de ciclones tropicales (según su tipo y grado de desarrollo cercano a la costa), aunque no se analizaron otros fenómenos como Frentes Fríos, Nortes, Corrientes de Chorro, entre otros.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acevedo, Federico y Antonio Luna. "Principales fenómenos meteorológicos que afectaron al estado de Veracruz en el año 2005" En: Adalberto Tejeda y Carlos Welsh (Eds.). *Inundaciones 2005 en el estado de Veracruz* (Veracruz, Universidad Veracruzana, 2006).
- Ayllón, Teresa. *Elementos de meteorología y climatología* (México: Editorial Trillas, 1996).
- Camarero, Luis, Alejandro Almazán, Amaia Arribas, Beatriz Mañas y Antonio Vallejos. *Estadística para la investigación social* (México: Editorial Alfaomega, 2013).
- Casas, M. Carmen y Marta Alarcón. *Meteorología y Clima* (Barcelona: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, 1999).
- Cerano-Paredes, Julián, José Villanueva-Díaz, Ricardo D. Valdez-Cepeda, José Guadalupe Arreola-Ávila y Vicenta Constante-García. "El Niño Oscilación del Sur y sus efectos en la precipitación en la parte alta de la cuenca del río Nazas" *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* Vol. XVII, Edición Especial (2011).
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). *Atlas digital del agua México 2012. Sistema nacional de información del agua* (México: 2012a).
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). *Norma oficial mexicana que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas. NMX-AA-159-SCFI-2012* (2012b).
- Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad del Agua (CONABIO) y Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). *Cuencas hidrológicas. Escala 1:250000* (México: 1998).
- Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP). *Programa de Manejo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales* (México, 1995).

- Compagnucci, Rosa Hilda y Eduardo Andrés Agosta. "La precipitación de verano en el centro-oeste de Argentina y los fenómenos interanual El Niño/Oscilación Sur (ENOS) e Interdecádico 'Tipo' ENOS" *GEOACTA* Vol. 33 (2008).
- De la Lanza, Guadalupe, José Luis Carbajal, Sergio Alberto Salinas y Jorge Eugenio Barrios. "Medición del caudal ecológico del río Acajoneta, Nayarit, comparando distintos intervalos de tiempo" *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* n° 78 (2012).
- Díaz, Sara. "Variabilidad de los Ciclones tropicales que afectan a México" *INTERCIENCIA* Vol. 35 n°4 (2010).
- García, Enriqueta. *Apuntes de Climatología 6ª Edición* (México: Editorial Offset Larios - Universidad Nacional Autónoma de México, 1989).
- Hammer, Øyvind, David A.T. Harper y Paul D. Ryan. "PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis" *Palaeontologia Electronica* Vol. 4 n° 1 (2001).
- Hernández, María Engracia, Germán Carrasco y Gloria Alfaro. *Mitos y Realidades de la sequía en México 1.6.3. Colección Temas Selectos de Geografía de México* (México: Instituto de Geografía, Coordinación de la Investigación Científica, 2007).
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). *Prontuario de información geográfica municipal de los estados unidos mexicanos. Acajoneta, Nayarit. Clave geoestadística 18001* (México: 2009a).
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). *Prontuario de información geográfica municipal de los estados unidos mexicanos. Candelaria, Campeche. Clave geoestadística 04011* (México: 2009b).
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). *Síntesis estadísticas municipales 2012. Acajoneta, Nayarit* (México: 2012a).
- Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). *Síntesis estadísticas municipales 2012. Candelaria, Campeche* (México: 2012b).
- Magaña, Víctor O. y Carlos Gay. "Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos" *Gaceta Ecológica, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)* n° 65 (octubre-diciembre, 2002).
- Magaña, Víctor O., Jorge L. Vázquez, José L. Pérez y Joel B. Pérez. "Impact of El Niño on precipitation in Mexico" *Geofísica Internacional* Vol. 42 n° 3 (2003).
- Magaña, Víctor (Editor). *Los impactos del niño en México* (México: Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Gobernación, 2004).
- Magaña, Víctor, José Luis Pérez, Jorge Luis Vázquez, Eliseo Carrisoza y Joel Pérez. "El Niño y el clima" En: Víctor Magaña (Ed.). *Los impactos del niño en México* (México: Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Gobernación, 2004).
- Puertas, Olga y Yesid Carvajal. "Incidencia de El Niño-Oscilación del Sur en la precipitación y la temperatura del aire en Colombia, utilizando el Climate Explorer" *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo* n° 23 (2008).
- Rosengaus, Michel. "Explotación moderna de la base de datos climatológica nacional" *Memorias del XIV Congreso Nacional de Hidráulica* Tomo I, Ponencia 61 (Acapulco: XIV Congreso Nacional de Hidráulica, 1996).
- Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. "Acuerdo por el que se dan a conocer las denominaciones y la ubicación geográfica de las dos cuencas hidrológicas localizadas en el área geográfica denominada Río

Candelaria, así como la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas que comprende dicha área geográfica” *Diario Oficial de la Federación, México* (19 enero 2006).

Tamayo, Jorge. *Geografía General de México, Geografía Física Tomo II, 2ª Edición* (México: Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas, 1962).

Vidal, Rosalía. *Las Regiones Climáticas de México I.2.2. Colección Temas Selectos de Geografía de México* (México: Instituto de Geografía, Coordinación de la Investigación Científica, 2005).

Zitácuaro, Alejandro, Juan Matías Méndez y Víctor Magaña. *Diagnóstico de las Tendencias actuales de fenómenos meteorológicos extremos y proyección de su actividad al clima futuro cercano 2030 y clima futuro lejano 2080. Considerando los efectos del cambio climático global y otros efectos locales. Informe Final* (México: SEMARNAT, INE, CCTA, 2011).

¹ Federico Acevedo y Antonio Luna. “Principales fenómenos meteorológicos que afectaron al estado de Veracruz en el año 2005”. En: Adalberto Tejeda y Carlos Welsh (Eds.). *Inundaciones 2005 en el estado de Veracruz* (Veracruz, Universidad Veracruzana, 2006), p. 53.

² M. Carmen Casas y Marta Alarcón. *Meteorología y Clima* (Barcelona: Edicions de la Universitat Politècnica de Catalunya, 1999), p. 157.

³ Víctor Magaña (Editor). *Los impactos del niño en México* (México: Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Gobernación, 2004), p. 229.

⁴ Víctor Magaña, José Luis Pérez, Jorge Luis Vázquez, Eliseo Carrisoza y Joel Pérez. “El Niño y el clima” En: Víctor Magaña (Ed.). *Los impactos del niño en México* (México: Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Gobernación, 2004), p. 23.

⁵ María Engracia Hernández, Germán Carrasco y Gloria Alfaro. *Mitos y Realidades de la sequía en México I.6.3. Colección Temas Selectos de Geografía de México* (México: Instituto de Geografía, Coordinación de la Investigación Científica, 2007), p. 148.

⁶ Magaña (2004), p. 229.

⁷ Luis Camarero, Alejandro Almazán, Amaia Arribas, Beatriz Mañas y Antonio Vallejos. *Estadística para la investigación social* (México: Editorial Alfaomega, 2013), p. 320.

⁸ Guadalupe de la Lanza, José Luis Carbajal, Sergio Alberto Salinas y Jorge Eugenio Barrios. “Medición del caudal ecológico del río Acaponeta, Nayarit, comparando distintos intervalos de tiempo” *Investigaciones Geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM* n° 78 (2012), p. 62.

⁹ Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). *Prontuario de información geográfica municipal de los estados unidos mexicanos. Acaponeta, Nayarit. Clave geoestadística 18001* (México: 2009a).

¹⁰ CONANP. *Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. Programa de Manejo. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales* (México, 1995).

¹¹ de la Lanza, et al. (2012), p. 62.

¹² de la Lanza, et al. (2012), p. 62.

¹³ Rosalía Vidal. *Las Regiones Climáticas de México I.2.2. Colección Temas Selectos de Geografía de México* (México: Instituto de Geografía, Coordinación de la Investigación Científica, 2005), p. 213.

¹⁴ INEGI (2009a).

¹⁵ Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática (INEGI). *Prontuario de información geográfica municipal de los estados unidos mexicanos. Candelaria, Campeche. Clave geoestadística 04011* (México: 2009b).

¹⁶ Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. “Acuerdo por el que se dan a conocer las denominaciones y la ubicación geográfica de las dos cuencas hidrológicas localizadas en el área geográfica denominada Río Candelaria, así como la disponibilidad media anual de las aguas superficiales en las cuencas hidrológicas que comprende dicha área geográfica” *Diario Oficial de la Federación, México* (19 enero 2006), p. 5.

¹⁷ Jorge Tamayo. *Geografía General de México, Geografía Física Tomo II, 2ª Edición* (México: Instituto Mexicano de Investigaciones Económicas, 1962), p. 583.

¹⁸ Vidal (2005), p. 213.

¹⁹ INEGI (2009b).

- ²⁰ Michel Rosengaus. "Explotación moderna de la base de datos climatológica nacional" *Memorias del XIV Congreso Nacional de Hidráulica* Tomo I, Ponencia 61 (Acapulco: XIV Congreso Nacional de Hidráulica, 1996), p. 1.
- ²¹ Camarero, *et al.* (2013), p. 320.
- ²² Øyvind Hammer, David A.T. Harper y Paul D. Ryan. "PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis" *Palaeontologia Electronica* Vol. 4 n° 1 (2001), p. 9.
- ²³ <http://www.esrl.noaa.gov/psd/enso/mei.ext/rank.ext.html>
- ²⁴ Casas y Alarcón (1999), p. 157.
- ²⁵ Víctor O. Magaña, Jorge L. Vázquez, José L. Pérez y Joel B. Pérez. "Impact of El Niño on precipitation in Mexico" *Geofísica Internacional* Vol. 42 n° 3 (2003), p. 313.
- ²⁶ Olga Puertas y Yesid Carvajal. "Incidencia de El Niño-Oscilación del Sur en la precipitación y la temperatura del aire en Colombia, utilizando el Climate Explorer" *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo* n° 23 (2008), p. 104.
- ²⁷ Víctor O. Magaña y Carlos Gay. "Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos" *Gaceta Ecológica, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)* n° 65 (octubre-diciembre, 2002), p. 7.
- ²⁸ Puertas y Carvajal (2008), p. 104.
- ²⁹ Rosa Hilda Compagnucci y Eduardo Andrés Agosta. "La precipitación de verano en el centro-oeste de Argentina y los fenómenos interanual El Niño/Oscilación Sur (ENOS) e Interdecádico 'Tipo' ENOS" *GEOACTA* Vol. 33 (2008), p. 97.
- ³⁰ Julián Cerano-Paredes, José Villanueva-Díaz, Ricardo D. Valdez-Cepeda, José Guadalupe Arreola-Ávila y Vicenta Constante-García. "El Niño Oscilación del Sur y sus efectos en la precipitación en la parte alta de la cuenca del río Nazas" *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* Vol. XVII, Edición Especial (2011), p. 207.
- ³¹ Magaña (2004), p. 229.
- ³² Magaña, *et al.* (2003), p. 313.
- ³³ Cerano-Paredes, *et al.* (2011), p. 207.
- ³⁴ Cerano-Paredes, *et al.* (2011), p. 207.
- ³⁵ Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). *Norma oficial mexicana que establece el procedimiento para la determinación del caudal ecológico en cuencas hidrológicas. NMX-AA-159-SCFI-2012* (2012b).
- ³⁶ Puertas y Carvajal (2008), p. 104.
- ³⁷ Magaña y Gay (2002), p. 7.
- ³⁸ Sara Díaz. "Variabilidad de los Ciclones tropicales que afectan a México" *INTERCIENCIA* Vol. 35 n° 4 (2010), p. 306.
- ³⁹ Alejandro Zitácuaro, Juan Matías Méndez y Víctor Magaña. *Diagnóstico de las Tendencias actuales de fenómenos meteorológicos extremos y proyección de su actividad al clima futuro cercano 2030 y clima futuro lejano 2080. Considerando los efectos del cambio climático global y otros efectos locales. Informe Final* (México: SEMARNAT, INE, CCTA, 2011), p. 85.
- ⁴⁰ Zitácuaro, *et al.* (2011), p. 85.
- ⁴¹ Díaz (2010), p. 306.
- ⁴² Magaña, *et al.* (2003), p. 313.

Las opiniones, análisis y conclusiones del autor son de su responsabilidad y no necesariamente reflejan el pensamiento de *Revista Estudios Hemisféricos y Polares*.

La reproducción parcial de este artículo se encuentra autorizada y la reproducción total debe hacerse con permiso de *Revista Estudios Hemisféricos y Polares*.

Los artículo publicado en *Revista Estudios Hemisféricos y Polares* se encuentran bajo licencia Creative Commons CC BY-NC-SA 3.0 CL.

