

INVESTIGACIÓN Y CIENCIA DE LA UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE AGUASCALIENTES

CIENCIAS AGROPECUARIAS, CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS, CIENCIAS DE LA SALUD,
INGENIERÍAS Y TECNOLOGÍAS, CIENCIAS ECONÓMICAS, CIENCIAS SOCIALES Y HUMANIDADES

AÑO 25
SEPTIEMBRE-DICIEMBRE 2017

72

EDICIÓN CUATRIMESTRAL
ISSN: 1665-4412



Parámetros de fermentación y cinética ruminal en novillos suplementados con diferentes aditivos

Uso del piso de rejilla como método físico de control de parásitos gastrointestinales en corderos recién destetados

Detección de vibrio mediante la amplificación de genes de patogenicidad en camarón *Litopenaeus vannamei* cultivado en un sistema tipo invernadero

Estudio *ab initio* de la capacidad antioxidante de una familia de alcaloides imidazólicos versus flavonoides

Efecto de los crioprotectores en la morfología y pérdida iónica en yemas axilares de vid cv. 'Flame Seedless' crioconservadas

Selección de bacterias ácido lácticas del queso artesanal de leche de cabra de Coahuila para su uso como cultivos iniciadores

Aproximación e impacto directo de ciclones tropicales a la cuenca del río Conchos, Chihuahua, México

Diagnóstico y escenarios de peligro por inundación fluvial en Ciudad Insurgentes, Baja California Sur, México

Mar de fondo: Propuesta para mitigar inundaciones en la calle Juan Serrano de la ciudad de Acapulco, Guerrero, México

Aproximación histórica al concepto de experiencia estética a propósito del diálogo entre la literatura y la enseñanza de las ciencias en la universidad

La ciudad de Aguascalientes, sus aguas termales y la higiene pública. Los baños de Los Arquitos, 1821-1994

Enfermedades transmitidas por vectores y cambio climático

Emil Behring. *In memoriam*

An Introduction to Aquatic Toxicology [Introducción a la Toxicología acuática]. Reseña



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA
DE AGUASCALIENTES

Dirección General de Investigación y Posgrado
Departamento de Apoyo a la Investigación

Aproximación e impacto directo de ciclones tropicales a la cuenca del río Conchos, Chihuahua, México

Tropical cyclones approach and direct impact on the Conchos river basin in Chihuahua, Mexico

Daniel Sayto Corona*, Humberto Silva Hidalgo*✉, Samuel Sandoval Solis**, Cornelio Álvarez Herrera*, Eduardo Herrera Peraza***

Sayto Corona, D., Silva Hidalgo, H., Sandoval Solis, S., Álvarez Herrera, C., & Herrera Peraza, E. (2017). Aproximación e impacto directo de ciclones tropicales a la cuenca del río Conchos, Chihuahua, México. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes*, 25(72), 53-61.

RESUMEN

Los ciclones tropicales contribuyen a la generación de precipitaciones en las zonas continentales. Estos fenómenos naturales pueden incidir mediante el impacto directo o mediante su aproximación a una región interior (no costera) de México. La precipitación total en las zonas áridas o semiáridas en México está modificándose; lo que pudiera asociarse con el incremento en el número de ciclones tropicales originados en los océanos Atlántico y Pacífico en los últimos años. En el periodo de análisis, comprendido desde el año 1949 hasta el año 2013, se determinó que 6.28% y 8.64% del total de ciclones tropicales originados en los océanos Atlántico y Pacífico, respectivamente, impactaron las costas mexicanas. En ese mismo periodo únicamente 10 ciclones tropicales impactaron directamente a la cuenca del río Conchos y 142 se aproximaron a menos de 500 km de la misma. El número de ciclones tropicales originados en el Océano Pacífico está incrementándose.

Palabras clave: ciclón tropical; impacto directo; aproximación; precipitación; tendencia.

Keywords: tropical cyclone; direct hit; approximation; precipitation; trend.

Recibido: 2 de febrero de 2017, aceptado: 22 de agosto de 2017

* Facultad de Ingeniería, Universidad Autónoma de Chihuahua. Circuito Universitario Campus II, C. P. 31160, Chihuahua, Chihuahua, México. Correo electrónico: danielsayto@gmail.com; silvahi@gmail.com; calvarez@uach.mx

** College of Agricultural and Environmental Sciences, University of California, Davis, 150 Mrak Hall Dr, Davis, CA, 95616, United States of America. Correo electrónico: samsandoval@ucdavis.edu

*** Centro de Investigación en Materiales Avanzados de Chihuahua. Miguel de Cervantes 120, Complejo Industrial Chihuahua, C. P. 31136, Chihuahua, Chihuahua, México. Correo electrónico: eduardo.herrera@cimav.edu.mx

✉ Autor para correspondencia

ABSTRACT

Tropical cyclones provide precipitation in continental regions. These natural events can bring rainfall due to the direct impact or close approximation to inland regions (without coast) of Mexico. In recent years, the total precipitation in arid and semi-arid regions of Mexico has been modified due to the increase in the number of hurricanes originated in the Atlantic and Pacific oceans. For the period of analysis (1949 to 2013), this study estimated the share of the total number of tropical cyclones that impacted Mexico's coast from the Atlantic and Pacific Ocean, 6.28% and 8.64, respectively. For the same period, only 10 tropical cyclones directly impacted the Conchos river basin and 142 had a close trajectory to the Conchos river basin (less than 550 kilometers). In summary, there is an increase in the frequency of tropical cyclones generated in the Pacific Ocean.

INTRODUCCIÓN

La precipitación de origen ciclónica tropical es una fuente importante de agua dulce para amplias extensiones en zonas continentales. Un ciclón tropical se define como un sistema de baja presión, de escala sinóptica, de origen no frontal; que se desarrolla sobre las aguas tropicales o subtropicales, y que se caracteriza por una convección profunda y organizada, y circulación cerrada de los vientos en la superficie alrededor de un centro bien definido (Holland, 1993). Estos sistemas climáticos llegan a tener diámetros del orden de 500 a 1,000 km y presentan rapidez de translación promedio del orden de 15 km/h.

Dichos fenómenos naturales pueden originar precipitaciones máximas diarias en el rango de 500 a

800 mm que podrían llegar a cubrir hasta 400,000 km² (Rakhecha & Singh, 2009). Los ciclones tropicales se caracterizan por presencia de intensos vientos cambiantes en dirección, que producen oleajes, mareas altas y lluvias torrenciales. Sus efectos pueden originar inundaciones, e incluso ocasionar pérdidas económicas y/o pérdidas de vidas humanas (Díaz Castro, 2010). Nueve de cada 10 muertes ocasionadas por estos fenómenos climatológicos se deben a mareas de tormenta que se presentan en las costas donde ocurre el impacto (Rakhecha & Singh, 2009). La intensidad de los ciclones tropicales se clasifica de acuerdo con la rapidez de sus vientos sostenidos y van desde depresiones tropicales, hasta huracanes que suelen ser considerados como catastróficos (tabla 1).

La precipitación pluvial producida por un ciclón tropical no tiene una alta correlación con la intensidad del mismo, ya que existen depresiones tropicales con alta producción de lluvia y huracanes de alta categoría muy pobres en producción de lluvia (Rosengaus Moshinsky, 2010). Las lluvias que traen consigo los ciclones tropicales no se restringen únicamente a las áreas costeras, sino que la humedad puede llegar a las regiones interiores de los continentes (Díaz Castro, 2010). Aunque la mayoría de los ciclones tropicales tienden a disiparse al impactar en las zonas costeras, la humedad remanente se manifiesta en forma de precipitación con duración de uno hasta tres días adicionales sobre las costas e interior del continente.

En general, la presencia de los ciclones tropicales en las costas suele traer efectos destructivos, mientras que el territorio continental suele beneficiarse de estos remanentes que dejan volúmenes

considerables de agua que escurren por los cauces y se almacenan en las presas. Los remanentes de los ciclones tropicales tienen una fuerte penetración hacia el interior de los continentes y pueden aportar desde unos cuantos centímetros hasta 80 cm de lluvia en el transcurso de dos a tres días (Rakhecha & Singh, 2009). En el caso de México se observa que las trayectorias típicas de los ciclones tropicales originados en el Océano Atlántico, una vez que llegan al Golfo de México, presentan una dirección de traslación perpendicular a las costas de Veracruz y Tamaulipas, lo que provoca lluvias abundantes, de larga duración y gran extensión en estados interiores (sin costa). En el Océano Pacífico se presentan direcciones de traslación preferentemente paralelas al litoral mexicano con casos de penetración a estados en el interior, como Sonora. En ambos casos las trayectorias típicas de los ciclones tropicales tienen una incidencia hacia las zonas interiores de la República Mexicana (Rosengaus Moshinsky, Jiménez Espinosa, & Vázquez Conde, 2002).

México es uno de los países en el mundo con mayor incidencia de ciclones tropicales originados en los océanos Atlántico y Pacífico (Rosengaus Moshinsky, 2010). Méndez González, Nívar Cháidez y González Ontiveros (2008) indican que durante un periodo de análisis comprendido desde 1920 hasta 2004, los regímenes pluviométricos de las zonas áridas y semiáridas de México (figura 1) están siendo modificados substancialmente. La lluvia que se presentó en estas regiones tuvo tendencia a incrementarse en 1.8% en promedio. Esto pudiera atribuirse a que cada vez más ciclones tropicales han ingresado a territorio mexicano por ambos litorales a partir de la década de los ochenta (Jáuregui, 2003).

Tabla 1
Clasificación de ciclones tropicales según la rapidez del viento Saffir-Simpson

Clasificación	Rapidez de vientos sostenidos	Características
Depresión tropical	≤ 62 km/hr	Localmente destructivo
Tormenta tropical	62.1 – 118 km/hr	Tiene efectos destructivos
Huracán categoría 1	118 – 154 km/hr	Potencial mínimo
Huracán categoría 2	154 – 178 km/hr	Potencial moderado
Huracán categoría 3	178 – 210 km/hr	Potencial extensivo
Huracán categoría 4	210 – 250 km/hr	Potencial extremo
Huracán categoría 5	≥ 250 km/hr	Potencial catastrófico

Nota: Elaboración propia con datos de Rosengaus Moshinsky et al. (2002).

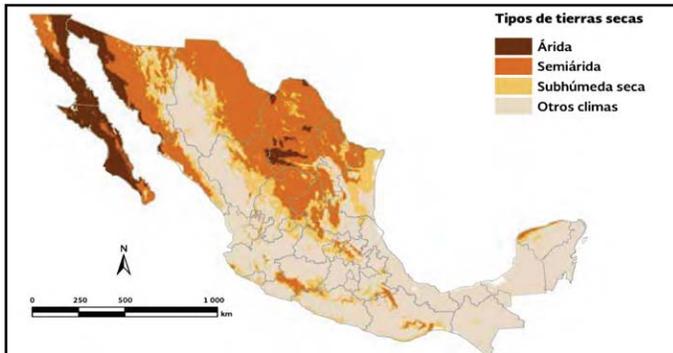


Figura 1. Distribución de las tierras secas de México. Imagen tomada de SEMARNAT (2013).

El clima del estado de Chihuahua es considerado como árido y semiárido; la precipitación promedio anual para regiones de la República Mexicana que presentan este tipo de climas es de 445.54 mm anuales, siendo que 78.48% de esta precipitación anual ocurre durante los meses de junio a noviembre (Méndez González et al., 2008). Este lapso coincide con la temporada de ciclones tropicales que comienza el 15 de mayo en el Océano Pacífico y el 1 de junio en el Atlántico, mientras que el término de esta es el 30 de noviembre en ambos océanos (Rosengaus Moshinsky et al., 2002).

Se considera necesario conocer con mayor detalle el grado de exposición del estado de Chihuahua a la influencia de los ciclones tropicales y sus efectos, especialmente para fines de administración de los recursos hídricos, así como para la prevención de inundaciones. Para fines de esta investigación se tomó como zona de estudio la cuenca del río Conchos (figura 2), que se localiza casi en su totalidad en el estado de Chihuahua y que es



Figura 2. Río Conchos en el Cañón del Pegüis, Ojinaga, Chihuahua. Fotografía de Daniel Sayto Corona.

identificado como uno de los sistemas ribereños más importantes de todo el norte de México (Kelly, 2001).

Este trabajo tiene el objetivo de conocer la frecuencia con la que los ciclones tropicales han incidido en la cuenca del río Conchos, ya sea por impacto directo o por su aproximación. Por su ubicación geográfica (figura 3), en una zona semidesértica interior del país resguardada por las Sierras Madre Occidental y Oriental, se podría asumir que la cuenca de dicho río exhibe una frecuencia de impacto de ciclones tropicales considerablemente menor, comparado con otras zonas del país.

MATERIALES Y MÉTODOS

Las trayectorias de los ciclones tropicales se obtuvieron del Centro Nacional de Huracanes de los Estados Unidos (NHC, por sus siglas en inglés). La base de datos HURDAT2 (National Hurricane Center [NHC], 2016) contiene información de ciclones tropicales originados en los océanos Atlántico (1851 al año 2015) y Pacífico (1949 al año 2015). Para homogeneizar el análisis se determinó analizar todas las trayectorias de ciclones tropicales originados en los océanos Atlántico y Pacífico desde el año 1949 hasta el

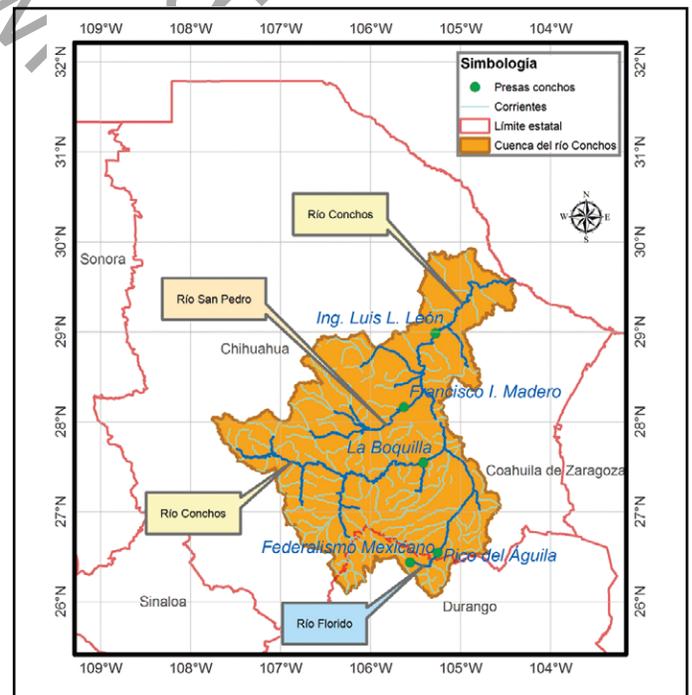


Figura 3. Localización de la cuenca del río Conchos en el estado de Chihuahua, México. Elaboración propia.

año 2013. La información del HURDAT2 presenta limitaciones con respecto a la exactitud de las trayectorias y clasificación de los ciclones tropicales según el año que fueron registrados. Antes de la era del reconocimiento aéreo y satélites climatológicos, la detección de estos fenómenos dependía de encuentros fortuitos con embarcaciones o con su impacto en áreas pobladas. Los primeros vuelos de reconocimiento se realizaron en el Océano Pacífico en 1956, la información satelital estuvo disponible a partir de 1961; sin embargo, no fue hasta 1970 que la calidad de las imágenes satelitales permitió determinar la ubicación y clasificación de los ciclones tropicales de una manera más confiable (Blake et al., 2009).

Las trayectorias se forman a partir de la información de ubicación e intensidad del centro de circulación de los ciclones tropicales en intervalos de seis horas, hasta que termina el tiempo de vida del mismo. Cuando la ubicación del centro del ciclón tropical llega a costas o al interior del continente, se considera como un impacto directo que viene acompañado de vientos y lluvias. Por otro lado, trabajos previos como el de Englehart y Douglas (2001) indican que la precipitación registrada en un radio de 550 km o menor; en forma general, se puede considerar como de origen ciclónica, por lo que este parámetro puede usarse para definir la posible área de incidencia de un ciclón tropical con respecto a algún punto de interés.

Se analizaron las trayectorias de los ciclones tropicales históricos mediante el uso de Sistemas de Información Geográfica (SIG) y mediante esta herramienta se definieron áreas de influencia de 550 km a partir del centro de los ciclones tropicales que permitieron identificar su aproximación a la cuenca del río Conchos. Adicionalmente, se determinó el número de veces que estos fenómenos climatológicos han incidido directamente en cada uno de los estados de la República Mexicana.

Para definir la frecuencia y tendencia de los ciclones tropicales que se han originado en ambos océanos, que han incidido directamente en México o que se han aproximado a la cuenca del río Conchos, se realizó un análisis estadístico. Las tendencias se evaluaron mediante una correlación lineal y significancia con el fin de valorar y confirmar los datos obtenidos. La correlación de Pearson tiene dos propiedades importantes que son los coeficientes de determinación (r^2) y el coeficiente de correlación

(r). El coeficiente de correlación puede tener valores de -1 hasta 1, cuando el valor es 1 se dice que existe grado de correlación positivo perfecto. Para evaluar la confiabilidad de los datos obtenidos mediante correlación se obtuvo su significancia estadística (α) de dos colas ($N-2$).

RESULTADOS

En el periodo de análisis se registraron 1,990 ciclones tropicales, de los cuales 993 se originaron en el Océano Atlántico y 997 en el Pacífico. Considerando el total de los ciclones tropicales registrados, se pudo determinar que el litoral mexicano del Atlántico ha sido impactado directamente en 125 ocasiones (6.28%), mientras que en el litoral del Pacífico han sido 172 (8.64%). En promedio, la temporada ciclónica en el Océano Atlántico es de 15.28 ciclones tropicales por año, de los cuales aproximadamente dos impactan directamente la República Mexicana. En el caso del Océano Pacífico, el promedio anual es de 15.34 ciclones tropicales, de los cuales un promedio de tres impacta las costas del Pacífico mexicano. Las entidades federativas más afectadas en el Atlántico son Quintana Roo, Veracruz y Tamaulipas; mientras que en el Pacífico son Baja California Sur, Sinaloa y Colima. El estado de Chihuahua ha sido impactado directamente por 16 ciclones tropicales durante el periodo analizado (figura 4).

Con referencia a la cuenca del río Conchos, un total de 142 (7.14%) ciclones tropicales se han aproximado a un radio igual o menor de 550 km. En este análisis se observa que únicamente 33 ciclones tropicales se han aproximado por el litoral

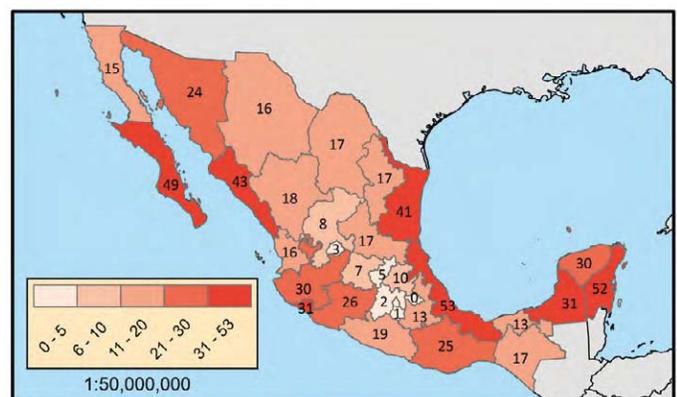


Figura 4. Número de trayectorias de ciclones tropicales que han impactado directamente en los estados de la República Mexicana. Elaboración propia.

Tabla 2
Ciclones tropicales que han impactado directamente la cuenca del río Conchos durante el periodo de análisis del año 1949 al año 2013

Nombre	Océano	Mes	Año	Intensidad máxima	Duración (h)	Distancia recorrida (km)	Rapidez promedio de traslación (km/h)
Unnamed	Pacífico	Octubre	1957	Huracán 1	48	1,360	28.33
Doreen	Pacífico	Octubre	1962	Huracán 1	96	1,895	19.74
Helga	Pacífico	Septiembre	1966	Huracán 1	192	2,904	15.13
Naomi	Pacífico	Septiembre	1968	Huracán 1	108	2,428	22.48
Orlene	Pacífico	Septiembre	1974	Huracán 2	84	1,973	23.49
Rachel	Pacífico	Septiembre	1990	T. Tropical	144	3,193	22.17
Lidia	Pacífico	Septiembre	1993	Huracán 4	138	3,634	26.33
Fausto	Pacífico	Septiembre	1996	Huracán 3	114	2,121	18.61
Norbert	Pacífico	Octubre	2008	Huracán 4	204	3,053	14.97
Dolly	Atlántico	Julio	2008	Huracán 2	156	3,027	19.40

Nota: Elaboración propia.

del Atlántico, mientras que 109 lo han hecho por el Pacífico. En cuanto a los ciclones tropicales que han impactado directamente a la cuenca, se han registrado nueve por el océano Pacífico y uno por el Atlántico (figura 5 y tabla 2). Se observa que las trayectorias originadas en el Océano Pacífico tienden a desplazarse paralelamente al territorio mexicano para luego introducirse por los estados de Baja California Sur y Sinaloa. En el caso del Atlántico sólo se presentó el huracán Dolly en 2008. En la tabla 2 se muestra una relación de estos ciclones tropicales. Se observa que los últimos cuatro ciclones tropicales que han impactado la cuenca han tenido una intensidad mayor o igual al nivel 2 según la escala Saffir-Simpson (tabla 1). El promedio de duración de

los ciclones tropicales es de alrededor de cinco días y la distancia recorrida promedio es de 2,500 km.

Méndez González et al. (2008) señalan que es necesario analizar los cambios graduales de las variables climáticas, con la finalidad de evidenciar la existencia de un posible cambio climático. Las figuras 6 a 8 muestran gráficas que ayudan a visualizar las tendencias que se están presentando en relación con el total de ciclones tropicales originados en los océanos Atlántico y Pacífico y sus trayectorias. En la figura 6 se muestran el número de ciclones tropicales que se originaron en ambos océanos durante el periodo de análisis. En la figura 7 se muestra el número de ciclones que impactaron directamente a la República Mexicana. Por último, en la figura 8 se muestran el número de ciclones tropicales que se aproximaron a la cuenca del río Conchos.

En las figuras 6 a la 8, se observa visualmente un incremento en la línea de tendencia en el número de ciclones tropicales que se generan en ambos océanos, ocurre lo mismo con el número de ciclones que impactan de forma directa al territorio mexicano, así como los que se aproximan a menos de 550 km a la cuenca del Conchos. En la tabla 3 se muestran los resultados obtenidos en el análisis de correlación y significancia estadística que ayudaron a valorar los datos observados en las líneas de tendencia.

Adicionalmente, se analizaron las precipitaciones máximas acumuladas durante el tiempo de vida

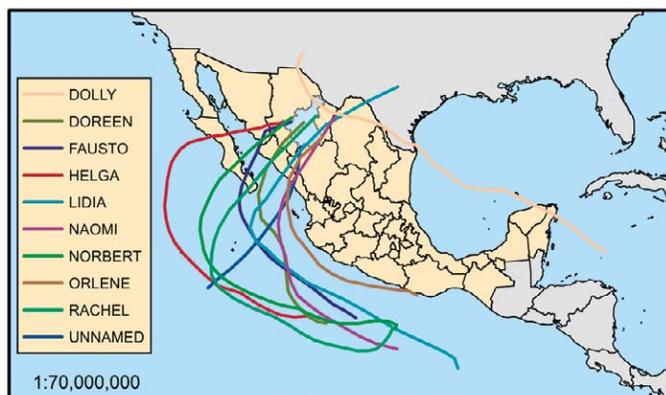


Figura 5. Trayectorias de ciclones tropicales que han impactado directamente la cuenca del río Conchos. Elaboración propia.

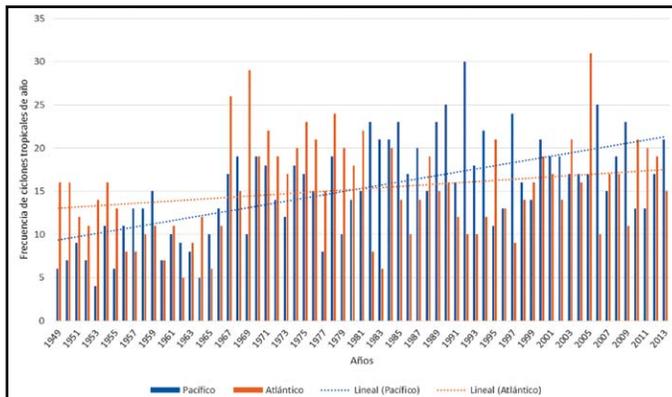


Figura 6. Total de ciclones tropicales originados en los océanos Pacífico y Atlántico y su línea de tendencia durante el periodo comprendido de 1949 a 2013. Elaboración propia.

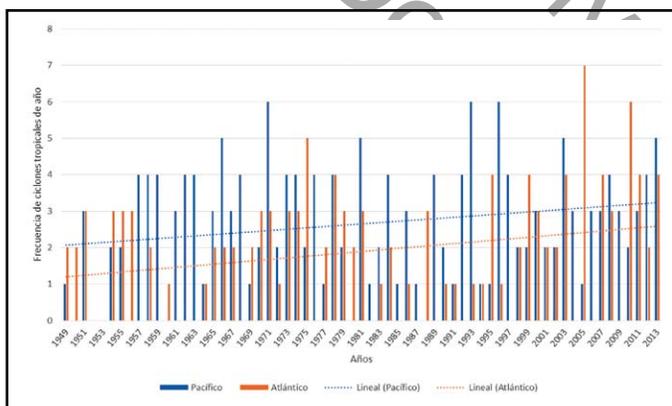


Figura 7. Número de ciclones tropicales originados en los océanos Pacífico y Atlántico que impactaron directamente al territorio nacional y su línea de tendencia en el periodo comprendido de 1949 a 2013. Elaboración propia.

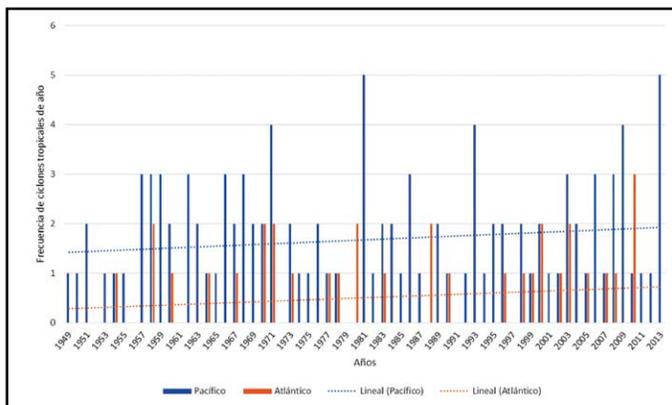


Figura 8. Número de ciclones tropicales originados en los océanos Pacífico y Atlántico en el lapso de 1949 a 2013 que se aproximaron a menos de 550 km de la cuenca del río Conchos. Elaboración propia.

de cada ciclón tropical que incidió directamente en la cuenca del río Conchos. La finalidad fue comparar las precipitaciones registradas en las zonas costeras y las observadas en la cuenca del río Conchos, considerando que el fenómeno natural ingresó hasta el área de estudio. Para ello se recurrió a datos de precipitación en forma de gráficas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) a través de la plataforma web del CICESE (Servicio Meteorológico Nacional [SMN], 2017). En la tabla 4 se muestran los rangos de precipitación máxima acumulada en zonas costeras del territorio nacional y en algún punto dentro de la cuenca del río Conchos con fines de comparación.

DISCUSIÓN

Durante el periodo de análisis se observó que el número de ciclones tropicales que se han originado en el Océano Atlántico es similar a los originados en el Pacífico. Las líneas de tendencia indican de forma visual que el número de ciclones tropicales está aumentando; sin embargo, este crecimiento puede estar asociado a la falta de tecnología para detectar los ciclones tropicales anteriores a 1970. De acuerdo con el análisis de correlación se puede establecer que únicamente el número de ciclones tropicales originados en el Océano Pacífico podría estar incrementando al tener una correlación de 62% con una significancia estadística alta ($\alpha = 0.005$ para $N-2$). Debido a los valores obtenidos de los coeficientes de correlación y significancia no es posible asegurar que los ciclones tropicales que impactan al territorio nacional y se aproximan a la cuenca del río Conchos estén incrementando. En el caso de los ciclones que se originan en el Atlántico no fue posible determinar estadísticamente que hay un incremento en el número de eventos por año.

La incidencia directa de los ciclones tropicales al territorio nacional y su aproximación a la cuenca del río Conchos se da en mayor medida por el Océano Pacífico, siendo los estados de Baja California Sur y Sinaloa los más afectados en este litoral. Sin embargo, en el total de impactos directos es el estado de Quintana Roo, ubicado en el litoral del océano Atlántico, el que ha sido más veces afectado por algún ciclón tropical. Es importante apuntar que existen eventos que indican una mayor incidencia sobre el territorio nacional de los ciclones tropicales originados en el Océano Atlántico en las últimas décadas. Por ejemplo, en la temporada de ciclones del año 2005 se tuvieron hasta siete impactos por el

Océano Atlántico, cuando el promedio del periodo de análisis es cercano a dos. Hasta el año 2011 se aproximaron por primera vez (en el registro histórico) tres ciclones tropicales a menos de 550 km de la

cuenca del río Conchos por el litoral del Atlántico. En 2008 se presenta Dolly, el primer huracán en impactar directamente la cuenca de este cuerpo de agua por el litoral Atlántico.

Tabla 3

Valores obtenidos mediante el análisis estadístico de regresión lineal de Pearson para evaluar la confiabilidad de las líneas de tendencia

Océano	Condición de aproximación	Análisis de correlación			Análisis de la tendencia de los ciclones tropicales con base en la correlación y significancia estadística.
		r^2	r	α (N-2)	
Pacífico	Total de CT originados en el océano	0.39	0.62	0.005	Correlación positiva de moderada a alta, 62% con significancia estadística muy alta. Se están incrementando el número de ciclones.
	Incidencia directa de CT en México	0.04	0.21	0.055	Correlación positiva débil, 21%, con significancia estadística alta. El aparente incremento en el número de ciclones puede ser aleatorio.
	Incidencia de CT a menos de 550 km de la cuenca del río Conchos	0.01	0.12	0.34	Correlación positiva muy débil, 12% con significancia estadística muy baja. El aparente incremento en el número de ciclones puede ser aleatorio.
Atlántico	Total de CT originados en el océano	0.06	0.24	0.055	Correlación positiva débil, 24% con significancia estadística alta. El aparente incremento en el número de ciclones puede ser aleatorio.
	Incidencia directa de CT en México	0.06	0.25	0.045	Correlación positiva débil, 25% con significancia estadística alta. El aparente incremento en el número de ciclones puede ser aleatorio.
	Incidencia de CT a menos de 550 km de la cuenca del río Conchos	0.03	0.17	0.17	Correlación positiva muy débil, 17% con significancia estadística baja. El aparente incremento en el número de ciclones puede ser aleatorio.

Nota: Elaboración propia.

Tabla 4

Rangos de precipitación máxima acumulada en zonas costeras del territorio nacional y cuenca del río Conchos durante la duración de los ciclones tropicales que impactaron directamente el área de estudio

Nombre	Fecha	Rango de precipitación máxima acumulada en territorio nacional (mm)	Rango de precipitación máxima acumulada en la cuenca del río Conchos (mm)
Doreen	01 - 05 oct 1962	300 a 350	0 a 50
Helga	9 - 17 sep 1966	300 a 350	100 a 150
Naomi	9 - 13 sep 1968	560 a 640	0 a 80
Orlene	21 - 24 sep 1974	560 a 640	80 a 160
Rachel	27 sep-3 oct 1990	210 a 240	90 a 120
Lidia	8 - 14 sep 1993	240 a 280	80 a 120
Fausto	10 - 14 sep 1996	360 a 420	0 a 60
Norbert	4 - 12 oct 2008	280 a 320	0 a 40
Dolly	20 - 27 jul 2008	210 a 240	60 a 90

Nota: Elaboración propia con datos del SMN (2017).

En términos generales, las precipitaciones máximas acumuladas de origen ciclónico que se observaron en la cuenca del río Conchos representan menos de 20% de las registradas en las zonas costeras. Únicamente el caso del ciclón tropical Lidia representa cerca de 50% de la precipitación máxima acumulada que se presentó en el estado de Sinaloa del 8 al 14 de septiembre de 1993 (figura 9).

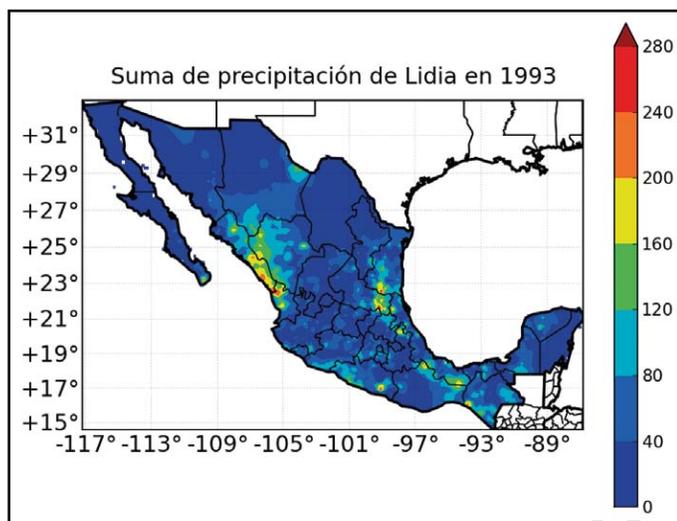


Figura 9. Precipitación acumulada durante la formación y disipación del ciclón tropical Lidia en 1993. Imagen tomada de SMN (2017).

CONCLUSIONES

El número total de ciclones que se originaron en ambos océanos durante el lapso de 1949 a 2013 presentaron cierta paridad. La tendencia de ciclones tropicales originados en el Océano Pacífico ha aumentado según el análisis estadístico efectuado.

Los ciclones tropicales que surgen en el Océano Pacífico (172 eventos) impactan directamente México con mayor frecuencia que los que se

originan en el Atlántico (125 eventos). No ha sido posible confirmar estadísticamente que los ciclones tropicales originados en ambos océanos y que han impactado directamente la República Mexicana estén incrementándose. El aparente incremento que se observa en las líneas de tendencia podría ser aleatorio y estar asociado con la variabilidad de estos fenómenos naturales o con las deficiencias en los recursos tecnológicos de seguimiento que se tenían antes del año 1970.

La cuenca del río Conchos no está exenta de la incidencia directa de algún ciclón tropical y de los efectos de los mismos. Los ciclones tropicales que inciden directamente en la cuenca de dicho río pueden aportar hasta 160 mm de precipitación acumulada durante el tiempo de vida del ciclón tropical. Este valor podría considerarse bajo si se compara con la lluvia que generan en la costa; sin embargo, una precipitación mayor a 50 mm en un solo evento representa un aporte significativo con respecto a los 445.54 mm anuales en promedio (Méndez González et al., 2008) que se presentan en zonas áridas como la cuenca del río Conchos.

El incremento de ciclones tropicales originados en el Océano Pacífico y los eventos extraordinarios que se han presentado últimamente en el Atlántico sugieren que estos fenómenos meteorológicos podrían continuar aumentando su incidencia tanto en impacto directo como en aproximación a zonas interiores del país, como la cuenca del río mencionado. La influencia relacionada con el paso de los ciclones tropicales tiene efectos hidrometeorológicos, sociales y de seguridad de los habitantes. Esta información sirve como base para incrementar el interés de los autores del presente trabajo en la investigación de sus efectos en áreas relacionadas con meteorología, hidrología, hidráulica, planes de prevención y alertamiento a la sociedad.

REFERENCIAS

- Blake, E. S., Gibney, E. J., Brown, D. P., Mainelli, M., Franklin, J. L., & Kimberlain, T. B. (2009). *Tropical Cyclones of the Eastern North Pacific Basin, 1949-2006*. Asheville, NC: National Climatic Data Center-National Hurricane Center.
- Díaz Castro, S. C. (2010). Variabilidad de los ciclones tropicales que afectan a México. *Interciencia*, 35(4), 306-310.
- Englehart, P. J., & Douglas, A. V. (2001). The role of Eastern North Pacific tropical storms in the rainfall climatology of Western Mexico. *International Journal of Climatology*, 21(11), 1357-1370. doi:10.1002/joc.637
- Holland, G. J. (1993). Ready Reckoner. En *Global Guide to Tropical Cyclone Forecasting* (Chapter 9). WMO/TC-No. 560. Report TCP-31. Geneva: World Meteorological Organization.
- Jáuregui, E. (2003). Climatology of landfalling hurricanes and tropical storms in Mexico. *Atmósfera*, 16(4), 193-204.
- Kelly, M. E. (2001). *El río Conchos: Un informe preliminar*. Austin, TX: Texas Center for Policy Studies.
- Méndez González, J., Nívar Cháidez, J. de J., & González Ontiveros, V. (2008). Análisis de tendencias de precipitación (1920-2004) en México. *Investigaciones geográficas, Boletín del Instituto de Geografía, UNAM*, 65, 38-55.
- National Hurricane Center. (2016). *NHC Data Archive, Best Track Data (HURDAT2)* [Base de datos]. Recuperado de <http://www.nhc.noaa.gov/data/?text>
- Rakhecha, P.R., & Singh, V.P. (2009). *Applied Hydrometeorology*. New Delhi: Springer.
- Rosengaus Moshinsky, M. (2010). Impacto de los ciclones tropicales en las cuencas de México. En H. Cotler Ávalos (Coord.), *Las cuencas hidrográficas de México* (pp. 32-37). México: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales-Instituto Nacional de Ecología-Fundación Gonzalo Río Arronte.
- Rosengaus Moshinsky, M., Jiménez Espinosa, M., & Vázquez Conde, M. T. (2002). *Atlas climatológico de ciclones tropicales en México (Centro Nac)* (106 pp.). Distrito Federal, México: CENAPRED. Recuperado de <http://www.cenapred.gob.mx/es/Publicaciones/archivos/37.pdf>
- Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. (2013). *Informe de la Situación del Medio Ambiente en México. Compendio de Estadísticas Ambientales. Indicadores Clave y de Desempeño Ambiental. Edición 2012*. México: Autor.
- Servicio Meteorológico Nacional. (2017). *Datos climáticos diarios del CLICOM del SMN a través de su plataforma web del CICESE* [Base de datos]. Recuperado de <http://clicom-mex.cicese.mx>