

## EVENTOS EXTREMOS DE PRECIPITACIÓN EN VERACRUZ: IMPACTOS Y EFECTOS MEDIOAMBIENTALES.

Carolina Andrea OCHOA-MARTÍNEZ<sup>1</sup>, Ana Cecilia CONDE-ÁLVAREZ<sup>2</sup>, Carlos Manuel WELSH-RODRÍGUEZ<sup>1</sup>, Marco Aurelio MORALES-MARTÍNEZ<sup>1</sup>, Mary HAYDEN<sup>3</sup> y María Esther NAVA-BRINGAS<sup>1</sup>

<sup>1</sup> *Centro de Ciencias de la Tierra, Universidad Veracruzana, México*

<sup>2</sup> *Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, México.*

<sup>3</sup> *Centro Nacional de Investigación Atmosférica, Estados Unidos de Norteamérica.*

[caochoa@uv.mx](mailto:caochoa@uv.mx), [aconde@yahoo.com](mailto:aconde@yahoo.com), [cwelsh@uv.mx](mailto:cwelsh@uv.mx), [marcmorales@uv.mx](mailto:marcmorales@uv.mx), [mhayden@ucar.edu](mailto:mhayden@ucar.edu),  
[ttbringas@gmail.com](mailto:ttbringas@gmail.com)

### RESUMEN

En el estado de Veracruz (México) se han asociado las inundaciones de 1999, 2005 y 2010 a eventos extremos de precipitación; sin embargo, aún es necesario discernir si se trata de precipitación extrema o se trata de un cambio estructural (p. ejem. la concentración diaria de la precipitación) y discriminar la posible relación directa con los efectos de la inundación. El presente trabajo realizó un análisis preliminar para conocer la estructura temporal de la precipitación, utilizando estaciones meteorológicas en Veracruz para el período 1961-2010, para las que se estudiaron cambios en el índice de concentración, pues el efecto de los eventos extremos de precipitación debe ser analizado desde una perspectiva donde sean incluidos factores sociales y ambientales.

Palabras clave: Evento extremo, precipitación, concentración, Veracruz.

### ABSTRACT

In Veracruz state (Mexico) floods in 1999, 2005 and 2010 have been associated to extreme rainfall events; however, It is necessary found the if is related to structural changes ( for instance daily precipitation concentration index) or extreme precipitation, and discriminate the possible direct connection with the effects of flooding. An analysis of the weather stations was made in Veracruz (1961-2010), for which changes were studied in the concentration index. This information was compared with data for damage to assess whether there has been an increase in the concentration of precipitation or an increase in extreme precipitation events such as the floods in Veracruz

Key words: Extreme event, rainfall, concentration, Veracruz

## 1. INTRODUCCIÓN

De acuerdo al V Reporte del Panel Intergubernamental de Cambio Climático AR5 (IPCC, 2013), el calentamiento del sistema climático es inequívoco, fenómeno que se observa tanto en los incrementos de los promedios globales de temperatura del aire y de los océanos, como en la disminución de nieve y en la elevación del nivel del mar. La influencia humana en el sistema climático también es clara, siendo principalmente evidente por el forzamiento radiativo positivo que suponen el aumento en las concentraciones de gases de efecto invernadero en la atmósfera, (IPCC,2013).

Por otra parte en su reporte especial *Gestión de los riesgos de Eventos Extremos y Desastres para promover la adaptación al Cambio Climático* el IPCC menciona que existe evidencia suficiente de que las observaciones que se reunieron desde 1950 muestran cambios en algunos extremos, aunque la confiabilidad en los cambios observados en los extremos depende de la calidad y la cantidad de datos y pueden variar entre las distintas regiones y diferentes extremos. También menciona que existen tendencias estadísticamente significativas en el número de eventos de fuertes precipitaciones en algunas regiones (IPCC, 2012). Es por ello que ante el cambio climático global la humanidad tiene dos grandes retos: revertir las tendencias mediante la mitigación y reducir la vulnerabilidad ante los eventos extremos asociados por medio de la adaptación y prevención ante contingencias ambientales.

En México los eventos extremos han tenido un importante incremento en los últimos años. De acuerdo a las estadísticas en los últimos 20 años se presentaron 52 fenómenos naturales registrados; de estos, el 40% han ocurrido en los últimos seis años. Si se contabiliza solo a los eventos extremos, se tiene que de 28 fenómenos extremos en 20 años, el 46 % de ellos sucedieron en los últimos cinco (Zuñiga, 2007). Para el caso específico de Veracruz la incidencia de huracanes y tormentas tropicales ha aumentado su frecuencia en los últimos años: en 2000 fue el huracán *Keith* con categoría 4; en 2005 fue *Emily* con categoría 4, y *Stan* con categoría 1 a tan sólo dos meses del paso de Emily; en 2007 fue *Dean* con categoría 5 y *Lorenzo* con categoría 1; en 2008 se presentó la tormenta tropical *Marco*; mientras que en el 2010 se sufrió la presencia del huracán *Karl* con categoría 3 e, inmediatamente después, la tormenta tropical *Matthew*.

La precipitación ha sido motivo de estudio por diversos autores. Por ejemplo, Cavazos et. al., (2004) analizaron la variabilidad de los extremos de precipitación en Tijuana (México) durante el período 1950-2000; donde se menciona que la variabilidad de la precipitación está relacionada con El Niño – Oscilación del Sur (ENSO), lo que explica el 30% de las precipitaciones y el 36 % de la varianza de la precipitación extrema. Los autores encontraron que la precipitación interanual muestra un cambio grande con un periodo relativamente seco y una menor variabilidad (1950-1976) seguido por un periodo relativamente húmedo y mayor variabilidad durante la segunda parte del periodo.

El presente trabajo muestra el resultado de un análisis de 21 estaciones meteorológicas de Veracruz (más adelante se discuten los criterios de selección), para el caso específico de la precipitación para el período 1961-2010. Se puntualizan los años 1999, 2005 y 2010 pues han sido particularmente severos en inundaciones. Es importante mencionar que este trabajo forma parte del proyecto *Vulnerabilidad y Capacidad Adaptativa de los productores de Café en la región central de*

*Veracruz, México ante los desastres hidrometeorológicos*, que fue aprobado por el Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), de la Universidad Nacional Autónoma de México para el período 2012-2014.

### 1.1. Zona de estudio y clima: Veracruz

Veracruz es una angosta franja de tierra ligeramente curvada cuya extensión abarca desde el Noreste al Sureste del País, sobre la costa del Golfo de México, colindando al Norte con Tamaulipas, al este con Tabasco y Chiapas, al Sur con Chiapas y Oaxaca y al Oeste con Hidalgo, Puebla y San Luis Potosí. Representa el 3.7% de la superficie total de México, con una superficie de 71, 820.4 Km<sup>2</sup>, y una franja costera de 684 Km. Por último, el estado ocupa el tercer lugar a nivel nacional respecto al tamaño de su población (INEGI, 2012).

El escenario climático del estado de Veracruz es extraordinariamente diverso. Las condiciones climáticas para el estado de Veracruz van desde el cálido húmedo en el sur hasta el cálido semi-seco en el norte y centro del estado, pasando por las condiciones templadas y frías de la montaña. El mar, tan cercano a cualquier parte del estado, beneficia con su efecto regulador de la temperatura y aporta suficiente humedad y precipitación. El mar del Golfo de México propicia a veces condiciones ideales para el desarrollo de las múltiples actividades de los veracruzanos pero, en otras, al ser una gran fuente de recarga de humedad del aire, puede suponer un importante factor de riesgo para la ocurrencia de precipitaciones. Es decir, que el estado de Veracruz presenta características climáticas tan interesantes como complejas (Ruiz et. al., 2010).

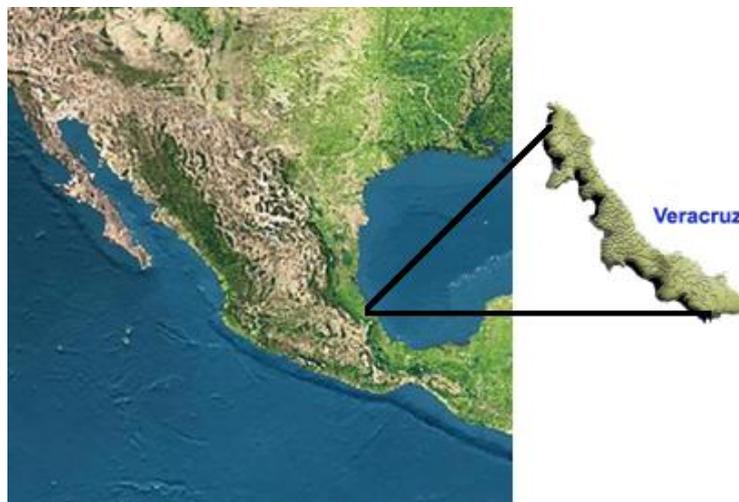


Figura 1.- Ubicación geográfica del Estado de Veracruz. Fuente: PVCC, 2008.

Casi todo el estado de Veracruz es entre lluvioso y muy lluvioso: las lluvias se originan principalmente por la llegada de las masas de aire húmedo tropical y su interacción con la orografía. Los máximos de precipitación se ubican sobre las sierras, ligeramente desplazados al NE (barlovento), y los mínimos a sotavento. Sobre la llanura costera los valores son intermedios. En

todos los casos los máximos de precipitación corresponden a sistemas montañosos, lo mismo en la Sierra de Teziutlán que en el Pico de Orizaba y la Sierra de los Tuxtlas (Ruiz et. al., 2010).

El mes más lluvioso no es el mismo para todo el estado. Septiembre lo es para el norte y el sur, donde preferentemente llegan las tormentas tropicales y las ondas del este. Para el centro del estado es julio, mes previo a la sequía intraestival o canícula que, al igual que en otras partes del país, ocurre en agosto (Mosiño, 1974 en Ruiz et. al., 2010). El periodo menos lluvioso es el invierno (diciembre, enero o febrero) en las zonas montañosas, y la primavera (marzo a mayo) en la llanura costera (Ruiz Barradas et. al., 2010).

## 1.2 Impactos de los extremos de precipitación

El estado actual del conocimiento sobre la relación entre las distintas dimensiones sociales del cambio climático y sus efectos aún no es suficiente para ofrecer un panorama del problema y sus posibles soluciones de manera integral (Oswald, 2011). Hasta ahora las estadísticas acerca de los eventos hidro-meteorológicos extremos reportan sólo datos globales acerca del número de muertos, las regiones afectadas y los daños materiales, con lo cual se soslaya el entendimiento de las vulnerabilidades sociales particulares. Un desastre es un proceso social donde un evento natural, tecnológico o antropogénico extremo se agudiza y se altera el funcionamiento normal en una comunidad junto con sus actividades productivas y sociales (Oswald, 2011).

Veracruz por su geografía y climatología recibe impactos meteorológicos que ocasionan diversos efectos en el sector social y económico:

Los años 1999, 2005 y 2010 han sido particularmente severos en inundaciones. En octubre 1999 una depresión tropical, asociada al paso de un frente polar, produjo 200 mil damnificados, 12 mil viviendas averiadas, 20 cortes carreteros, y dejó 200 muertos. En 2005 afectaron al estado cuatro tormentas tropicales, con 1.5 millones de damnificados, 130 mil viviendas dañadas y 170 cortes carreteros, pero no ocurrieron pérdidas de vidas humanas. La diferencia en decesos se debió a que en 2005 ya había un incipiente sistema de alerta meteorológica. No obstante, salvo esfuerzos aislados, el estudio y la formación sistemática de bases de datos sobre inundaciones no se han arraigado en el estado y por tanto las acciones siguen siendo empíricas y poco sustentadas en información (Tejeda, 2011). Veinte tramos carreteros y puentes se fracturaron en 1999 y 170 en 2005. Es decir, aproximadamente la relación de daños es de uno a diez. Los municipios afectados por la depresión tropical de 1999 fueron 83, y Stan alcanzó a 170 (Tejeda, 2006).

En lo concerniente a los efectos sobre la agricultura, a pocos días de haber ocurrido la contingencia meteorológica, la Confederación Nacional Campesina (CNC) hizo un primer balance y anunció que la extensión de las afectaciones se podían estimar en unas 200 mil hectáreas, con efectos desastrosos: “se perdió más del 50 por ciento de la producción de café, plátano, papaya, mango y otros productos en Chiapas, Oaxaca, Veracruz, Yucatán y Quintana Roo” dijo su dirigente nacional. Tan sólo en el estado de Veracruz, los primeros cálculos hechos por el titular de la Secretaría de Agricultura Federal (Notimex, 2005), indicaban que Stan había dañado más de 50 mil hectáreas de cultivos de plátano y unas 60 mil hectáreas de maíz, caña, frijol y pastizales (Gutiérrez et. al., 2006).

El año 2010 superó en varios aspectos a los precedentes de 1999 y 2005. Por ejemplo, la ciudad de Tlacotalpan (18.62°N, 95.66°W y 10 m sobre el nivel del mar) -en la ribera del río Papaloapan y considerada patrimonio cultural de la humanidad por su arquitectura tradicional del siglo XIX-

estuvo anegada en dos ocasiones: la primera del 28 de agosto al 21 de septiembre y la segunda del 28 de septiembre al 4 de octubre, respectivamente con 2.70 y cuatro metros sobre el nivel medio del río. Dos huracanes, Karl (17 y 18 de septiembre) y Mathew (25 y 26 del mismo mes), causaron inundaciones en diversos puntos del estado, pérdidas de cinco mil millones de dólares —el presupuesto del gobierno del estado es de aproximadamente 7 mil millones de dólares anuales— y 20 muertos, pero en todo el estado y para la temporada de lluvias 2010 se acumularon 130 decesos. En resumen, el crecimiento demográfico —el estado pasó de 6.3 millones de habitantes en 1990 a 7.6 millones en 2010—, los asentamientos humanos en zonas inundables y la carencia de una política efectiva en materia de prevención de desastres —que privilegia la atención de emergencias sobre la prevención—, hacen de este territorio un laboratorio involuntario de riesgos, potenciados por el desconocimiento de los patrones de circulación atmosférica a meso- y gran escala (Tejeda, 2011).

## 2. DATOS Y MÉTODOS

### 2.1 Índice de concentración de la precipitación

El conocimiento de la estructura diaria de las variables climáticas contribuye también al avance del conocimiento de las posibles variaciones y tendencias, que no solo han de afectar a los valores medios, mensuales o anuales. Aunque es evidente que existen mayores precipitaciones pequeñas de gran cuantía, tantas menos cuanto mayor sea el valor recogido por el pluviómetro, así pues determinar el mayor o menor porcentaje de unas y otras nos lleva a una primera aproximación de la estructura temporal de la precipitación.

La distribución de frecuencias e intensidad de precipitación diaria tiene diversos métodos de ajuste, se utiliza el método desarrollado por Martin-Vide (2004), denominado índice de concentración diaria de la precipitación (IC). Este tiene su base en el coeficiente de GINI (índice de GINI) donde el área entre la línea de perfecta igualdad y la curva de Lorenz es  $a$ , y el área por debajo de la curva de Lorenz es  $b$ , entonces el coeficiente de Gini es  $a/(a+b)$ . Esta proporción se expresa como porcentaje o como equivalente numérico de ese porcentaje, que es siempre un número entre 0 y 1.

Se aplican intervalos de precipitación diaria en clases de 1 mm, comenzando por la [0.1-0.9], en orden creciente, [1.0-1.9], [2.0-2.9], etc. La distribución de frecuencias debe tener una forma exponencial negativa. Así, la separación o distancia relativa a la recta de igualdad muestra una mayor concentración diaria, es decir mientras más próximo sea el valor a 1 se puede establecer con certeza una concentración temporal mayor.

Probablemente la problemática del método de Martin-Vide es la calidad, consistencia y disponibilidad de datos en forma de series temporales con datos diarios. Así, se realizaron pruebas de consistencia de datos con series incompletas o datos faltantes, de donde se observó que existe una relación muy sensible a los datos, que puede llevar a valores NULOS ( $IC > 0.95$ ).

El Servicio Meteorológico Nacional Mexicano cuenta con 360 estaciones meteorológicas para el estado de Veracruz para el período 1922-2010, de las cuales se encuentran operando 193. Para este estudio se realizaron tres análisis para determinar la calidad de los datos, la ubicación en función de la influencia de la estación y finalmente que la serie temporal fuera consistente con la hipótesis de sensibilidad previa; es importante destacar que para el caso de la precipitación de las 193 estaciones

en funcionamiento solo el 34% cuenta con cuentan con más de 25 años de registros diarios, de éste se tomaron aquellas estaciones que contaban con la mayor cantidad de datos, es decir, con menos de cinco años faltantes y que contaran con los años 1999,2005 y 2010, obteniendo un total de 21 estaciones para el período 1961-2010, distribuidas en un gradiente altitudinal que va de los 0 a los 3000 m.s.n.m. La figura 2 muestra la ubicación geográfica de las estaciones meteorológicas seleccionadas para el estudio.

## 2.2 Clasificación altitudinal

Se realizó una clasificación de las 21 estaciones resultantes del análisis de calidad antes descrito que fueron divididas en estratos altitudinales en cinco categorías: de 0 a 100 m.s.n.m.; 101 a 500 m.s.n.m.; 1001 a 1500 m.s.n.m.; de 1501 a 2000 m.s.n.m. y de 2001 a 3000 m.s.n.m., figura 2, es importante señalar que no se considera el estrato altitudinal de 500 a 1000 m.s.n.m. pues no se cuenta con estaciones para su análisis. A continuación se muestra un análisis climático preliminar (tabla 1).

Localidad	Altitud (m.s.n.m.)	Temperatura media anual (°C)	Precipitación total anual (mm)	Precipitación mayo-octubre (%)
Cosamaloapan	8	30.3	1647.3	86.9
El Tejar	10	30.4	1791.4	90.9
Azueta	14	32.4	1641.7	84.1
Ángel R. Cabada	19	30.8	2502.7	76.77
Isla	20	30.7	1312.8	78.5
Las perlas	22	31	255.3	78.4
Cardel	28	30.5	1248.4	92.2
Cd. Aleman	29	31.4	1226.5	92.1
El Remolino	35	29	1333.5	68.7
Puente Jula	45	31.6	1769.4	90.8
Santa Rosa	48	31.7	1006.4	92.1
Poza Rica	50	30.9	1186.8	74.2
Loma Fina	50	30.7	966	91.6
El Espinal	111	29.8	1526.6	69.5
Actopan	250	24.8	863.3	88.5
Ixhuatlán	306	26.7	1885.7	82.2
Rinconada	313	29.8	890.5	89.8
Coyame	335	28.5	4361	64.9
Naolinco	1470	22.6	1628.4	81.7
Jalacingo	1944	20.7	1711.3	77.8
Perote	2938	15.5	852.2	70

Tabla 1.- COMPRARATIVO DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN PARA LA ESTACIONES SELECCIONADAS

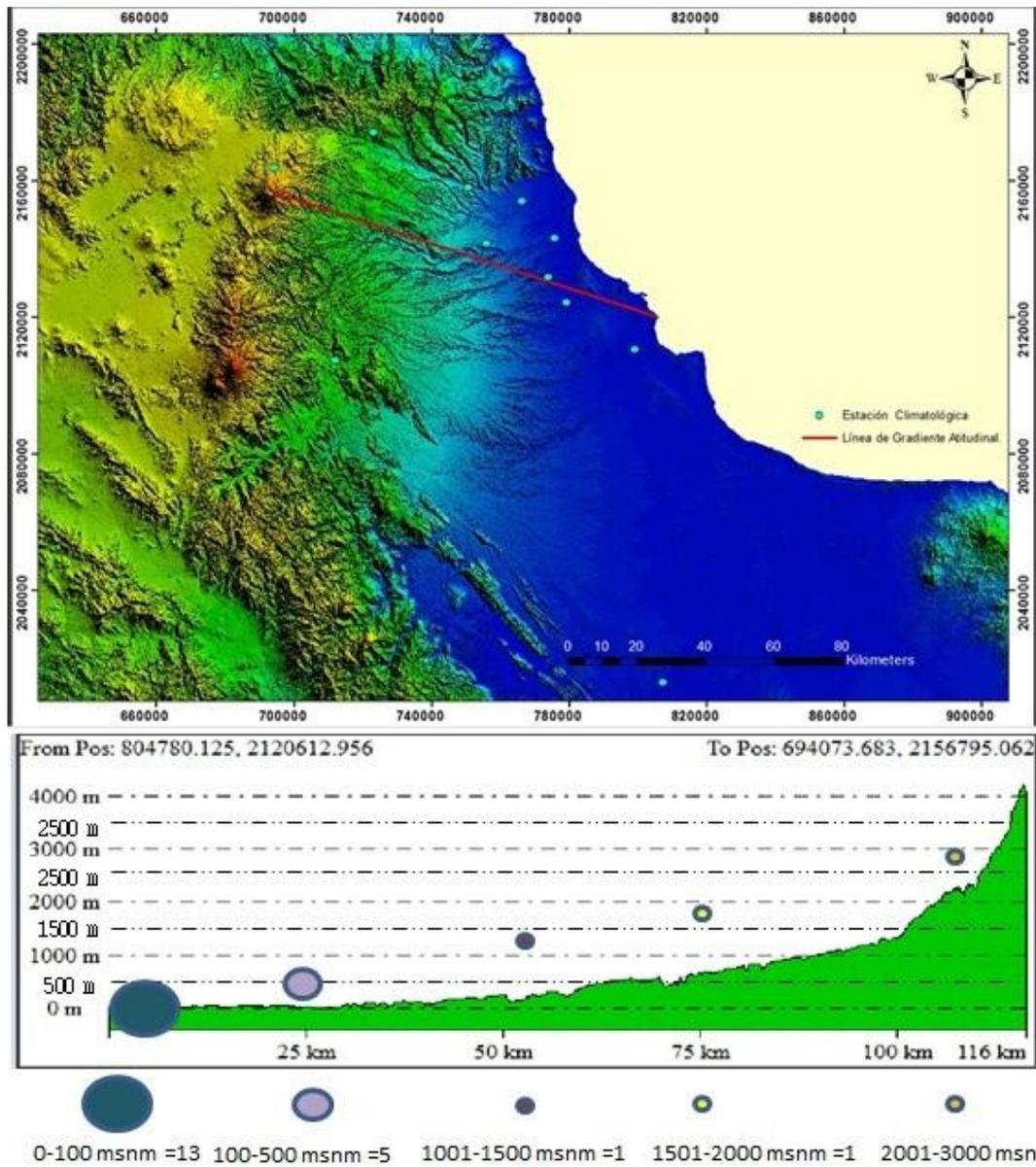


Figura 2. Ubicación geográfica de las estaciones seleccionadas. En color amarillo se muestra el Golfo de México. Elaboró: Grupo de Microzonificación Sísmica del Centro de Ciencias de la Tierra.

### 3. RESULTADOS

Se calculó el IC de precipitación para los periodos 1961-1970; 1971-1980; 1981-1990; 1991-2000; 2001-2010, de forma que, dada la climatología de Veracruz, se pudiera saber el comportamiento de la precipitación diaria en la vertiente oriental del Golfo de México (asociada a huracanes y frentes fríos que tienen máximos en los meses de verano y principalmente otoño). Asimismo, en segundo lugar, se analizó la condición geográfica montañosa de La Sierra Madre Oriental (ver figura 2).

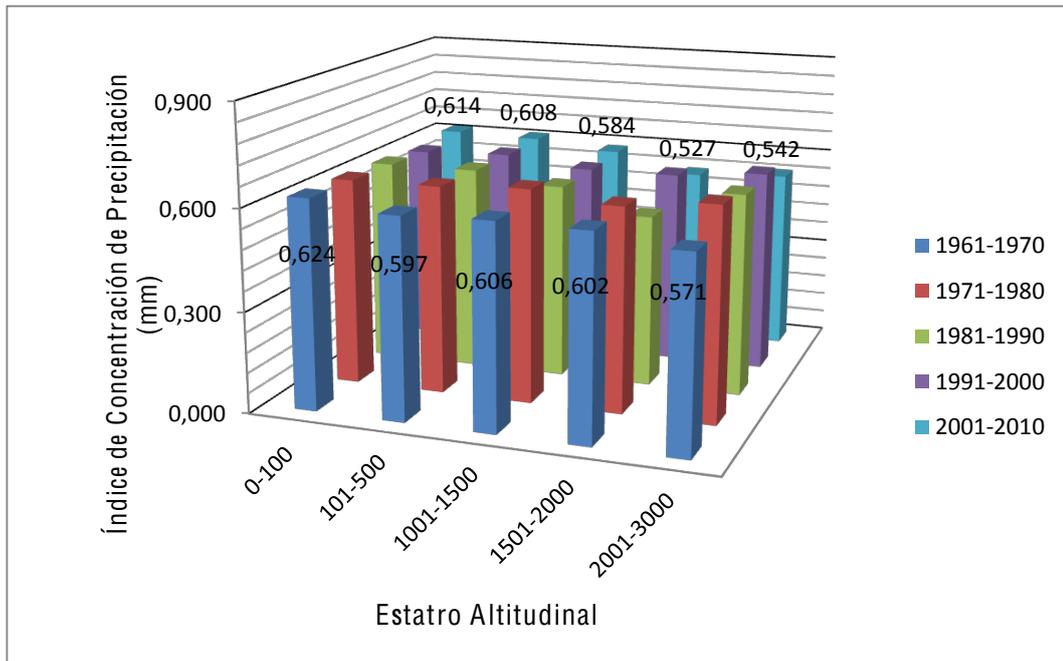


Figura 3. Índice de Concentración de Precipitación para cada década por estrato altitudinal para el estado de Veracruz (Se presentan los valores de la serie 1961-1970 y 2001-2010 para evitar efectos visuales adversos).

La figura 3 muestra los índices de concentración de precipitación para los distintos estratos altitudinales considerados, en ella se puede observar que para las estaciones por debajo de los 1500 m.s.n.m. no se detecta un cambio en la tendencia del índice, sin embargo para las estaciones ubicadas por encima de los 1501 m.s.n.m. se observa un claro punto de quiebre en de los 80s, es decir, el IC es menor en esa década que en las anteriores y posteriores. Por otra parte, Ochoa et. al. (2013), mencionan que existe un aumento potencial de intensidad y frecuencia de eventos extremos en el Estado de Veracruz de 1990 a 2010, aunque no es posible asociarlos con la concentración de la precipitación.

Además, se observa un aumento del índice de concentración en la llanura (0 a 100) en la última década (2001-2010) con respecto a las 4 anteriores, lo cual sí podría suponer un aumento de los eventos extremos –aumento de su intensidad a pesar tal vez de una menor frecuencia-.

Ruiz (2011) sugiere que el aumento de los eventos extremos de precipitación están asociados directamente a fenómenos climáticos de escala global; en este sentido al comparar el IC con la precipitación de mayo a octubre en cada década permitió observar que representa en promedio el

98% de la precipitación en la cota de 0 a 100 m.s.n.m, y pone de manifiesto que es muy probable que la hipótesis sugerida por Ruiz sea cierta; es necesario señalar que para los eventos extremos de 1999, 2005 y 2010 superó el 96 % lo que puede confirmar dicha hipótesis.

COTAS	1971-1980	1981-1990	1991-2000	2001-2010
0-100	-0.006	-0.013	-0.027	-0.010
101-500	0.023	0.015	0.010	0.011
1001-1500	0.028	-0.024	-0.026	-0.022
1501-2000	0.004	-0.089	-0.021	-0.075
2001-3000	0.063	0.031	0.034	-0.029

TABLA 2.- VARIACIÓN EN EL ÍNDICE DE CONCENTRACIÓN PARA LAS DISTINTAS COTAS USANDO COMO BASE EL PERÍODO INICIAL 1961-70.

De la tabla 2 es posible observar que la mayor diferencia en el IC entre décadas se presenta en la cota de los 1501 a 2000 m.s.n.m., como se había mencionado anteriormente. Teniendo en cuenta los efectos orográficos, los efectos de los eventos extremos no sólo afectan la zona montañosa sino dejan un efecto grave por inundaciones (escurrimientos) en la llanura costera.

El IC muestra que la zona central (Municipios de Martínez de la Torre y Actopan) reflejan valores (Fig. 3, cota de 100 a 500 m) de mayor variabilidad pero aún por debajo de los valores de la llanura costera y de la década base, son pocos días los que aportan un elevado porcentaje de precipitación. La estación que tiene un mayor índice es Cardel a una altitud de 28 m.s.n.m., en la zona centro del Estado, razón por la cual es necesario y conveniente saber si es posible observar que los años con eventos extremos de precipitación pueden reflejar un índice mayor.

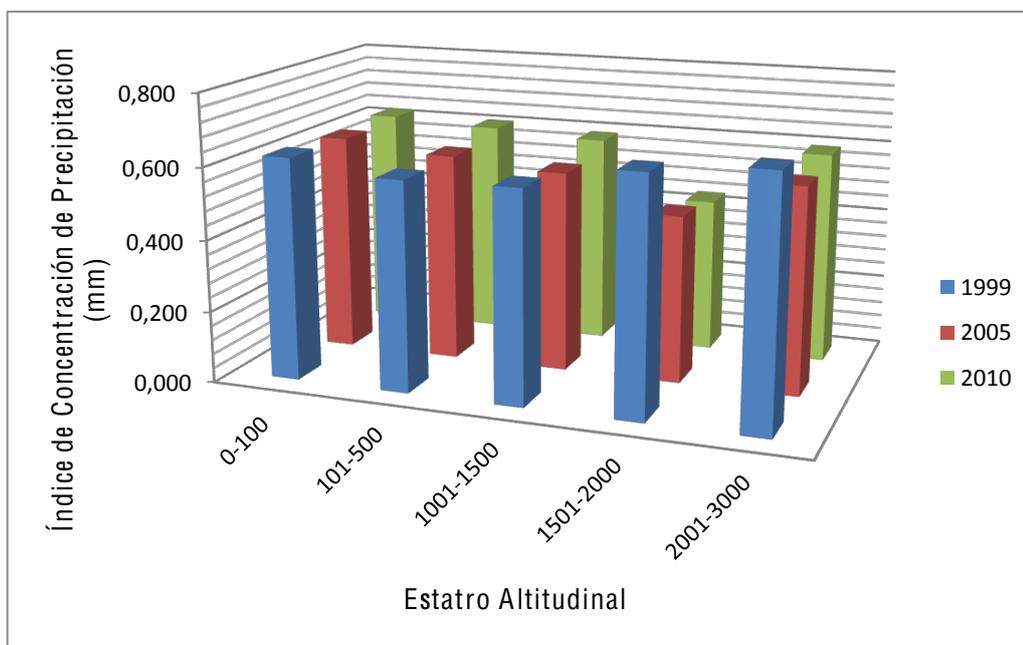


Figura 4. Índice de Concentración de Precipitación para los años 1999, 2005 y 2010 por estrato altitudinal para el estado de Veracruz.

De la figura anterior se observa que para los años con un impacto alto en Veracruz, el IC muestra valores más altos en la llanura costera, es decir que las concentraciones diarias son más altas que en valor promedio decadal. En ella se puede observar un claro descenso para el estrato altitudinal de 1501- 2000 m.s.n.m. para los eventos del 2005 con la presencia del huracán Stan, que registró precipitaciones máximas en 24 horas de 136.8 mm en A. Cabada, 190.8 mm en Martínez de la Torre, 247 mm en Veracruz y 357 mm en El Tejar (Ochoa et. al, 2006)

Para el caso del huracán Karl, algunos de los registros de precipitación fueron 355.0 mm en Misantla, 245.3 mm en Martínez de la Torre, 218.5 mm en Veracruz, 200.4 mm en Carrizal, 193.8 mm en Tomata (Tlapacoyan), 191.0 en Huatusco, 188.0 mm en Manlio F. Altamirano, 182.5 mm en Teocelo, 178.5 mm en Ídolos (actopan), 175.5 mm el Tejar (Medellin) (Luna, et. al 2011).

#### 4. COMENTARIOS FINALES

EL IC es una herramienta metodológica útil para conocer el comportamiento de la precipitación; en particular, la consistencia de los datos mínimos necesarios para construirlo ayuda a detectar la necesidad de acentuar la calidad de los registros públicos de datos climatológicos.

Es importante destacar que el cálculo del índice fue una primera aproximación a la estructura temporal de la precipitación en el estado. Sin embargo, el IC no resultó ser la mejor aproximación para la medida de los eventos de precipitación extrema; esto posiblemente puede deberse a la presencia de un elevado número de días con precipitación y una alta precipitación total (Tabla 1). Por otra parte, para años donde hubo presencia de eventos extremos (1999, 2005, 2010) se esperaban valores cercanos a 0.80 y sólo estuvieron muy cercanos a 0.70.

Se esperaba que el IC presentara un incremento sustantivo en las últimas 3 décadas asociado probablemente al incremento en intensidad y frecuencia de eventos extremos, sobre todo en la región montañosa central donde los efectos directos asociados han exacerbado daños y costos de recuperación, sin embargo sólo se pudo observar que la mayor diferencia entre décadas se presenta en la cota de los 1501-2000 m.s.n.m., donde los efectos de los eventos extremos no solo afectan la zona montañosa, sino que dejan un efecto por inundaciones (escurrimiento) en la llanura costera; queda pendiente revisar el efecto particular de los eventos extremos durante el verano y el otoño.

Se proponen estudios posteriores para el caso de Veracruz, tales como analizar el comportamiento de las precipitaciones extremas y así poder establecer si existen cambios en la precipitación acumulada, utilizando índices que analicen la cantidad de precipitación total durante eventos extremos o la intensidad máxima diaria. Aplicar el IC en diferentes regiones climáticas de México. .

#### 5. AGRADECIMIENTOS

Se agradece al Programa de Apoyo a Proyectos de Investigación e Innovación Tecnológica (PAPIIT), de la Universidad Nacional Autónoma de México por el financiamiento de parte de este trabajo en el marco del proyecto *Vulnerabilidad y Capacidad Adaptativa de los productores de Café en la región central de Veracruz, México ante los desastres hidrometeorológicos*.

Además, se agradece el apoyo en la gestión de construcción de los mapas al M.I. Jorge García Martínez, quien forma parte del grupo de Microzonificación Sísmica del centro de Ciencias de la Tierra de la Universidad Veracruzana. Por último, los autores agradecen a la comisión revisora de la Asociación Española de Climatología por el cuidado en los detalles y los comentarios que ayudaron a mejorar la calidad del presente trabajo.

## REFERENCIAS

Cavazos Perez, M. T. y D. A. Rivas Camargo (2004). Variability of extreme precipitation events in Tijuana, Mexico. *Climate Research*. 25: 229-243 p. (PA: 12999)

Gutierrez B. L. A., Montfort G. F., López F.E. (2006). Impacto económico en el sector agrícola. En Inundaciones 2005 en el estado de Veracruz(135-158). Veracruz, México: Universidad Veracruzana. Pp. 135-158

INEGI. (2012). Perspectiva estadística. Veracruz de Ignacio de la Llave. [Consultado 16 de Junio 2014]

[http://www.inegi.org.mx/prod\\_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/estd\\_perspect/ver/Pers-ver.pdf](http://www.inegi.org.mx/prod_serv/contenidos/espanol/bvinegi/productos/integracion/estd_perspect/ver/Pers-ver.pdf)

IPCC, (2013). Summary for Policymakers. En Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

IPCC, (2012). Summary for Policymakers. In: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, pp. 1-19.

Luna-DiazPeon, A., D. Rivera-Silva. (2011). Los Ciclones tropicales en el estado de Veracruz y sinopsis del Huracán Karl. Inundaciones 2010 en el estado de Veracruz. Primera edición, Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico. Impreso en México. p: 69-110, ISBN: 978-607-9090-00-5.

Martin-Vide J. 2004. Spatial distribution of a daily precipitation concentration index in peninsular Spain. *International Journal of climatology* 24:959-971.

Mosiño-Alemán, P. (1974), "Los climas de la República Mexicana". En el escenario geográfico. Instituto Nacional de Antropología e Historia, México, pp. 59-123.

Ochoa-Martínez C.A., Welsh-Rodríguez C.M., Bonilla-Jiménez E., Morales-Martínez M.A., (2013). Fuentes de información sobre eventos hidrometeorológicos extremos en Veracruz de Ignacio de la

Llave. *Realidad, datos y espacio. Revista Internacional de estadística y geografía. Vol. 4* (Núm. 3). pp. 66-73.

Ochoa-Martínez C.A., A. Utrera-Zarate y R. Pérez-Elorriaga (2006). Precipitaciones intensas en el estado de Veracruz durante el 2005. *Inundaciones 2005 en el estado de Veracruz*. Universidad Veracruzana. ISBN: 968-834-754-X. pp. 67-79.

Oswald U. (2011). Desastres Naturales: Riesgos, Vulnerabilidades y Políticas de Prevención. *Sustentabilidad y Desarrollo Ambiental*. Universidad Nacional Autónoma de México. 1ª Edición. México 267pp.

PVCC, (2008). Programa Veracruzano ante el Cambio Climático. Gobierno del Estado de Veracruz. Veracruz México. Pp. 64

Ruiz, B., A. (2011). Lluvias extremas en Veracruz y su relación con la variabilidad natural del clima. Inundaciones 2010 en el estado de Veracruz. Primera edición, Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico. Impreso en México. p: 112-134, ISBN: 978-607-9090-00-5.

Ruiz, A., A. Tejada, S. Miranda, R. Flores. (2010). *Climatología*. Editado y publicado en G. Benítez-Badillo y C. Welsh-Rodríguez, coordinadores (2010). Atlas del Patrimonio Natural, Histórico y Cultural de Veracruz. Tomo I Patrimonio natural. Gobierno del Estado de Veracruz y Universidad Veracruzana, 280 p: 65-84.

Tejada-Martínez, A. (2006). Panorámica de las Inundaciones en el Estado de Veracruz durante 2005. Editado y publicado en A. Tejada-Martínez y C.M. Welsh-Rodríguez, compiladores (2006). Inundaciones 2005 en el Estado de Veracruz. Universidad Veracruzana, ISBN: 968-834-754-X. p: 9-20

Tejada-Martínez A. (2011). Apuntes Corográficos de las inundaciones en el estado de Veracruz. Editado y publicado en Tejada-Martínez A. coordinador (2011). Inundaciones 2010 en el estado de Veracruz. Primera edición, Consejo Veracruzano de Investigación Científica y Desarrollo Tecnológico. Impreso en México. p: 23-42, ISBN: 978-607-9090-00-5.

Zuñiga, P. (2007). Protección civil y desastres naturales. En: Seminarios de protección civil y desastres inducidos por fenómenos naturales. Memorias. Foro Consultivo científico y Tecnológico, A. C. México. pp: 25-33.