

INDICES DE CAMBIO CLIMÁTICO Y ANÁLISIS DE VARIABILIDAD EN EL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO.

José Abraham TORRES ALAVEZ¹, Adalberto TEJEDA MARTÍNEZ¹, Jorge Luis VÁZQUEZ AGUIRRE², Manola BRUNET INDIA^{3,2}, Pablo HERNÁNDEZ ÁVILA¹, Alfredo RUIZ BARRADAS⁴

¹ *Grupo de Climatología Aplicada, Universidad Veracruzana, México*

² *Cimatic Research Unit, University of East Anglia, Norwich, UK*

³ *Centre for Climate Change, Universitat Rovira i Virgili, España*

⁴ *The Department of Atmospheric and Oceanic Science, University of Maryland, USA.*
torresalavez@gmail.com, atejeda@uv.mx, j.vazquez-aguirre@uea.ac.uk, manola.brunet@urv.cat, pavlo.havila@gmail.com, alfredo@atmos.umd.edu

RESUMEN

Se presenta un análisis de la señal del cambio climático y la variabilidad climática en el estado de Veracruz, México. El estudio de variabilidad natural se centra en detectar las variaciones de la precipitación debidas a teleconexiones con oscilaciones atmosféricas, como El Niño-Oscilación del Sur, (ENSO) Oscilación Decadal del Pacífico (PDO), Oscilación del Ártico (AO) y la Oscilación del Atlántico Norte (NAO). Para detectar la señal del cambio climático se utilizaron los índices del Grupo de Expertos en Detección e Índices de Cambio Climático (ETCCDI). Los resultados muestran evidencia de condiciones más cálidas en años recientes, aumento en la frecuencia de días calurosos y disminución de los días frescos. En la precipitación no se perciben cambios significativos en los registros anuales o en la ocurrencia de episodios extremos, sin embargo, en la mayor parte del estado la lluvia tiende a concentrarse en un menor período.

Palabras clave: Variabilidad climática, Cambio climático, Veracruz.

ABSTRACT

An analysis on climate variability and change over the state of Veracruz, Mexico is presented. The study of natural variability is focused on detecting relationship with atmospheric oscillations. Thus, for this purpose, we analyze El Niño-Southern Oscillation (ENSO), Pacific Decadal Oscillation (PDO), Arctic Oscillation (AO) and North Atlantic Oscillation (NAO), finding almost no significant relationship. Regional climate change signals were evaluated using the methodology proposed by the Expert Team on Climate Change Detection and Indices (ETCCDI). The results show evidence pointing to warmer conditions in recent years, with an increased frequency of hot days and a decrease on cool days. For precipitation extreme indices no significant changes were estimated on annual basis, although a tendency to temporal concentration of rainfall was found.

Key words: Climate variability, Climate change, Veracruz

1. INTRODUCCIÓN

En el proceso de entender el clima en la escala regional resulta favorable estudiar por separado la señal en el clima de la variabilidad natural y del cambio climático antropógeno. En el presente estudio se analizan bajo una primera aproximación, susceptible de mejorarse en futuros estudios, los efectos de la variabilidad natural y el cambio climático global en la lluvia y temperatura en el estado de Veracruz, México.

A las variaciones temporales observadas en las condiciones atmosféricas se las denomina variabilidad climática, la cual es el resultante de las interacciones océano-atmósfera-litosfera-biosfera-criosfera. La variabilidad climática está relacionada, entre otros factores, con el comportamiento de diversas oscilaciones atmosféricas que pueden afectar amplias y lejanas regiones del planeta vía teleconexiones.

El cambio climático, por su parte, tiene una persistencia mayor, del orden de décadas, como el llamado cambio climático global que, de acuerdo al cuarto informe del IPCC (2007), se refleja en el aumento inequívoco de la temperatura del sistema climático. Dicho aumento de temperatura del aire se ha estimado en 0,74°C en 100 años, atribuido en mayor parte al aumento en las concentraciones antropógenas de Gases de Efecto Invernadero (GEI).

El presente trabajo está dividido como sigue. La sección 2 hace referencia a análisis previos del clima en la región; las secciones 3 y 4 describen los datos utilizados y los métodos de análisis, mientras que la sección 5 muestra los resultados y, la sección 6, las conclusiones.

2. ANTECEDENTES

La climatología de Veracruz y sus alrededores ha sido documentada en lo referente a sus principales variaciones, pero aspectos como la sequía intraestival y fenómenos de gran escala con impactos en la región, aun necesitan ser entendidos y estudiados con mayor profundidad. 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. Fenómenos de gran escala como El Niño- Oscilación del Sur (ENSO por sus siglas en inglés) y otros cuyo impacto en el clima regional no ha sido explorado, hacen que el clima en la región no sea el mismo año con año.

La sequía intraestival, conocida también como sequía de medio verano o canícula, no es más que una disminución de la precipitación localizada a la mitad de la época lluviosa y que ocurre primordialmente en las porciones oriental y sur del país (MOSIÑO y GARCÍA, 1966). Sin embargo la manera en que se establece y su modulación por fenómenos como El Niño siguen siendo temas de estudio. MAGAÑA (2004) no encuentra clara relación entre la canícula y El Niño en México, mientras que PEREYRA *et al* (1994), encuentra que la sequía de medio verano desaparece en Veracruz en condiciones El Niño.

Variaciones del clima en la escala global originados en el Pacífico tienen el potencial de alterar el clima regional. Mientras que el papel de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO, siglas en inglés) sobre el clima de México ha sido reportada como no clara (PAVIA *et al.* 2006), se sabe que la variabilidad de la precipitación está en buena medida modulada por el fenómeno de ENSO (SEAGER *et al.*, 2009). En la fase positiva de El Niño se observan condiciones húmedas durante el invierno en todo el territorio mexicano, mientras que durante el verano las condiciones son secas en el norte y prevalecen húmedas en el sur. Según

MAGAÑA *et al.* (1998), las lluvias de invierno se intensifican durante años El Niño en el noroeste y noreste de México, mientras que disminuyen en la parte sur. Los inviernos El Niño son más fríos en casi todo el país mientras que los veranos son más cálidos.

La interacción entre el océano y la atmósfera en el Océano Pacífico no es el único fenómeno con potencial de alterar el clima regional a escalas interanuales o mayores. Fenómenos de gran escala tanto de la atmósfera como del océano pueden alterar la circulación y los flujos de humedad y temperatura regionales. En el Atlántico por ejemplo SUTTON y HODSON (2005) señalan las fases recientes observadas en la Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO por sus siglas en inglés), una cálida (1931 a 1960) y una fría (de 1961 a 1990), encontrando que las anomalías de la temperatura superficial del Océano Atlántico tropical tienen más influencia en el clima de los Estados Unidos y México, que aquéllas del área extra-tropical, las que ejercen mayor influencia sobre el oeste de Europa.

Con respecto a los cambios en los extremos del clima en el estado de Veracruz, VÁZQUEZ-AGUIRRE *et al.*, (2008) calcularon 12 índices de cambio climático (un subconjunto de los índices definidos por el ETCCDI) para 45 estaciones pluviométricas y 26 termométricas en el período 1963-2004. Los índices permitieron caracterizar los extremos de temperatura máxima, mínima y precipitación, encontrando aumento en la frecuencia de días calurosos, disminución de los días frescos y ningún cambio significativo en la cantidad de lluvia.

3. DATOS

Para analizar las teleconexiones y su impacto en la precipitación se utilizaron índices tales como el de la PDO, y de la Oscilación del Artico (AO por sus siglas en inglés) disponibles en la Universidad de Washington (<http://jisao.washington.edu/pdo/PDO.latest> y <http://jisao.washington.edu/data/ao>), y obtenidos a partir de los datos de temperatura superficial del mar interpoladas óptimamente por Reynold's y de la presión en superficie respectivamente. El índice de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO por sus siglas en inglés) se obtuvo de la Unidad de Investigación del Clima del Reino Unido (<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/nao.htm>). Para describir ENSO, se usaron temperaturas del Centro Hadley del Reino Unido (<http://badc.nerc.ac.uk/data/hadisst/>) para generar el índice NIÑO 3.4. Los índices se definieron para el periodo de enero 1950 a diciembre 2001.

Los datos diarios de temperatura máxima, mínima y precipitación para el análisis de cambios en los extremos climáticos fueron proporcionados por el Servicio Meteorológico Nacional (2008) de México durante el “Taller de Detección e Índices de Cambio Climático en la República Mexicana”, celebrado en marzo del 2009, en Puebla, México. Algunas series de datos fueron actualizadas con datos proporcionados por el Organismo Cuenca Centro de la Comisión Nacional del Agua y se incluyeron datos del observatorio de la ciudad de Veracruz.

4. MÉTODOS

A las series de tiempo seleccionadas para identificar cambios climáticos se les aplicó la metodología propuesta por el ETCCDI para su control de calidad, comprobación de homogeneidad y cálculo de indicadores climáticos extremos (<http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDI/>), utilizando el software RCLimDex como auxiliar en el proceso de control de calidad de los datos y aplicando el conocimiento del clima local para

evaluar aquellos valores marcados como sospechosos en la serie tras la aplicación de los diferentes controles de calidad. Las fuentes consultadas para la revisión de los *outliers* y otros errores etiquetados fueron los boletines meteorológicos impresos, las fechas principales de frentes fríos, registros históricos de tormentas tropicales, las observaciones registradas directamente en papel o bien los registros de la estación en días previos y posteriores a la fecha analizada.

Para cada serie de tiempo se realizó una prueba de homogeneidad con el software RHtestV2 desarrollado por WANG y YANG (2007). Dicha prueba utiliza una regresión de dos fases para identificar cambios de media en los datos de temperatura de la serie de tiempo de cada estación.

Del proceso de control de calidad y comprobación de homogeneidad resultaron seleccionadas 50 series de precipitación y 30 de temperatura, las cuales son razonablemente homogéneas, no contienen errores mayores, cuentan con más del 90% de los datos observados y con observaciones en el periodo 1963-2005. Las estaciones cubren geográficamente la mayor parte del estado de Veracruz con excepción de la porción noreste (21° a $22,5^\circ$ N y 97° - 98° W) y del sur del estado (17° - $17,5^\circ$ N y 94° - 95° W). Ver Figura 1.

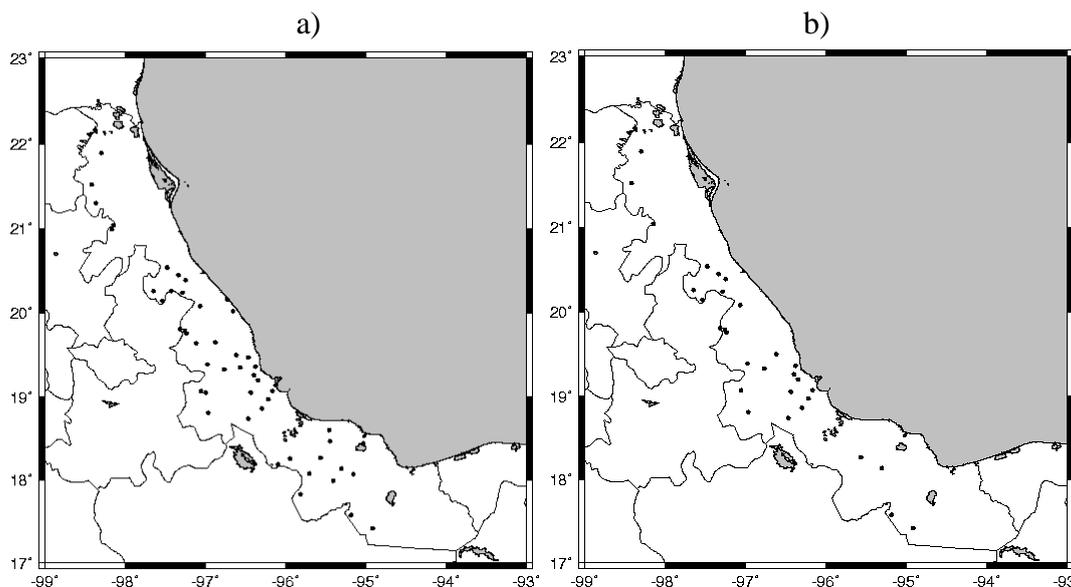


Figura 1. Ubicación geográfica de las estaciones climatológicas utilizadas en los análisis de a) precipitación y b) temperatura.

En un esfuerzo pionero para los datos climatológicos de Veracruz, las series estatales de temperatura máxima y mínima fueron homogenizadas con el método utilizado para series españolas (BRUNET *et al.*, 2008), el cual está basado en el la prueba de Homogeneidad Normal Estándar (SNHT) ALEXANDERSSON y MOBERG (1997), y que detecta puntos de cambio en los datos, establece un patrón de corrección y estima el ajuste mensual de la serie.

Las series de tiempo permitieron evaluar 24 índices de extremos climáticos propuestos por el ETCCDI mediante la utilización del software RClimDex. Los índices evalúan diversos aspectos del cambio climático tales como cambios en intensidad, frecuencia y duración de los eventos de temperatura y precipitación extremas, duración de rachas cálidas, frías, secas,

húmedas, temperatura máxima y mínima durante el año, número de días muy fríos o muy cálidos, etc. (ALEXANDER *et al.*, 2006). Las definiciones de los índices evaluados puede consultarse en la página web del ETCCDI (<http://cccma.seos.uvic.ca/ETCCDMI/>).

Dos índices adicionales a los propuestos por el ETCCDI fueron analizados en este estudio. Primero, para cuantificar las variaciones anuales en la concentración de la precipitación se utilizó el índice de Gini (MARTIN-VIDE, 2004) en 14 estaciones ubicadas en el estado de Veracruz, las cuales cuentan con datos continuos y de buena calidad en el periodo 1963-2005. Otro índice del ETCCDI utilizado para analizar los cambios en la concentración de la precipitación fue el índice simple de intensidad diaria, que resulta del cociente obtenido de dividir la precipitación total anual entre el número de días con precipitación.

Adicionalmente se analizó un índice para caracterizar la sequía intraestival o canícula, que según MOSIÑO Y GARCÍA (1966) se estima “tomando como representativa del receso al área del polígono funicular formado por los puntos extremos de las alturas medias mensuales de la lluvia entre los dos máximos de precipitación y la recta que une los puntos extremos de estos” (Figura 2).

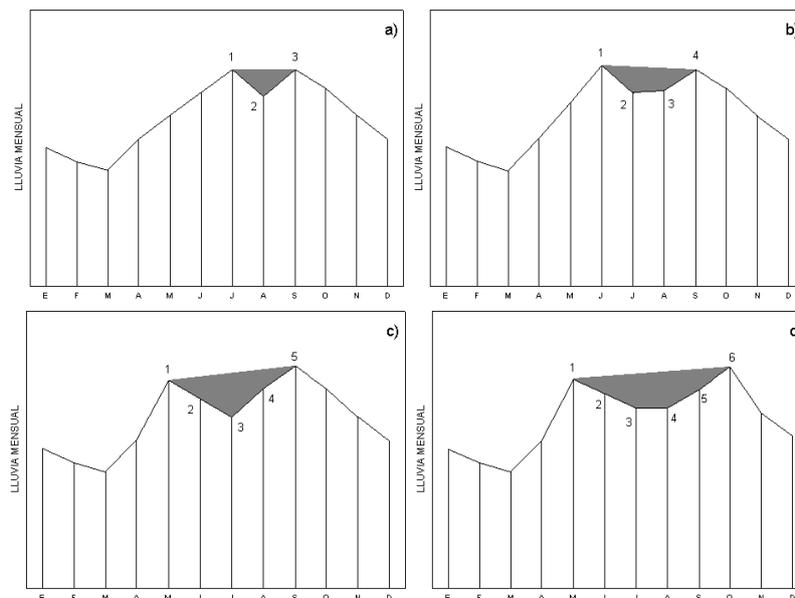


Figura 2. Diferentes casos de sequía intraestival. Para determinar el área en cada caso se utiliza las siguientes ecuaciones: **a)** $A_{123} = (1/2) y_1 - y_2 + (1/2) y_3$; **b)** $A_{1234} = y_1 - y_2 - y_3 + y_4$; **c)** $A_{12345} = (3/2) y_1 - y_2 - y_3 - y_4 + (3/2) y_5$, y **d)**: $A_{123456} = 2 y_1 - y_2 - y_3 - y_4 - y_5 + 2 y_6$, donde y es la precipitación acumulada mensual.

Una vez calculada el área, este resultado es dividido entre el total de la lluvia acumulada del periodo mayo – octubre y posteriormente multiplicado por cien, para obtener el resultado en porcentaje.

Así se tiene que,

$$\text{Sequía relativa} = \left(\frac{\text{Área del polígono funicular}}{\text{Precipitación acumulada (mayo – octubre)}} \right) 100$$

Para evaluar la variabilidad natural se hicieron correlaciones de precipitación acumulada mensual, total de días sin lluvia en el mes y máximo de días consecutivos de días sin lluvia con los índices mensuales de las oscilaciones, primero para un mes y en seguida para los meses posteriores hasta obtener un desfase de un año.

5. RESULTADOS

Al correlacionar la precipitación y los índices de oscilaciones, se encontró que la precipitación acumulada mensual alcanzó su máxima correlación (0,14) con diez meses de desfase previos de la PDO.

Al analizar las relaciones con ENSO se encontró que los años en que se presenta el Niño son más secos que aquéllos en que se presentan condiciones de La Niña, con 0,05 de significancia estadística.

Al analizar las correlaciones estacionales entre los índices y la lluvia promediada espacialmente en dos áreas del estado de Veracruz de máxima variabilidad interanual en el verano, norte (100°-97°W, 20°-24°N) y sur (97°-94°W, 17°-20°N) se encuentran mejores correlaciones. En primavera y verano ambas regiones se correlacionan significativamente con la AO y la NAO (0.3), mientras que en primavera la región sur se correlaciona inversamente con la PDO (-0.3). El índice de El Niño en invierno se correlaciona significativamente con la lluvia en verano en ambas zonas (norte 0.4 y sur 0.3), mientras que los índices de la AO y NAO en primavera se correlacionan inversamente con la lluvia de verano en la zona sur (-0.5 y -0.4 respectivamente).

Al correlacionar el índice de la sequía intraestival con la media anual de los índices de las oscilaciones se concluye que El Niño y la NAO son los más altamente correlacionados con valores de 0,31 y 0,4 respectivamente (la varianza explicada es del 9% y 16% respectivamente). En el caso de la PDO y la AO la correlación es imperceptible (Tabla 1).

Se generaron series regionales de temperatura máxima y mínima para todo el estado, en las que se muestra que para ambas variables existe una tendencia positiva a partir de 1990 (figura 3). Para la temperatura máxima el cambio en la tendencia lineal es de 1,3 °C en la década de 1996-2005 mientras que la temperatura mínima presenta un cambio de 0,4 °C en el mismo periodo.

Punto/Índice de la oscilación	Niño 3.4	PDO	AO	NAO
024°N, 100°W	0.18	0.21	0.02	-0.17
019°N, 097°W	-0.33	-0.16	0.19	0.31
018°N, 094°W	-0.02	-0.06	0.28	0.40

Tabla 1: CORRELACIÓN AL 0,05 DE SIGNIFICANCIA ESTADÍSTICA DE LA SEQUÍA INTRAESTIVAL CON LA MEDIA ANUAL DE LOS ÍNDICES DE LAS OSCILACIONES EN LOS PUNTOS 18° N, 94° W; 019°N, 097°W Y 24° N, 100° W.

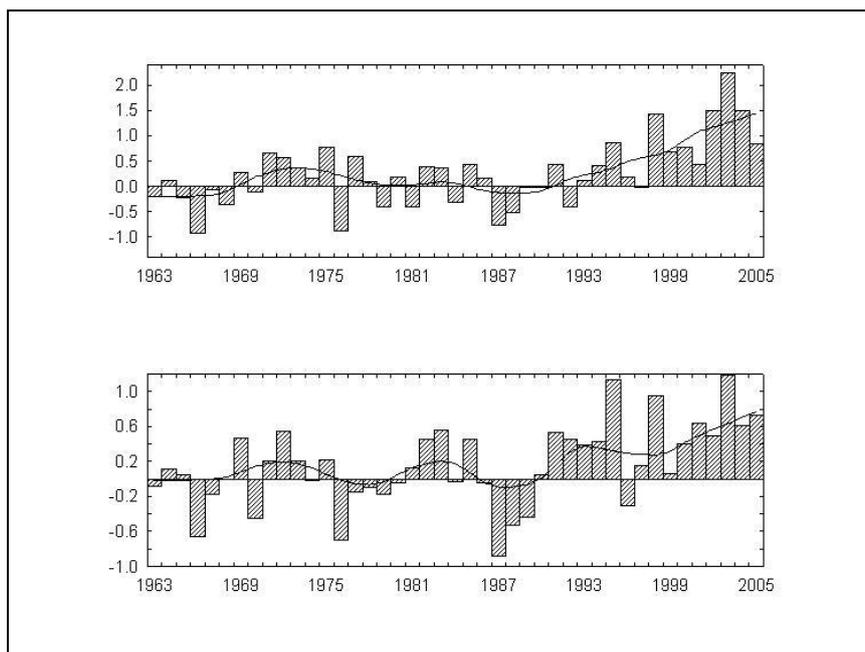


Figura 3. Anomalías anuales (1963-2005) de temperatura máxima (arriba) y temperatura mínima (abajo), del periodo base 1963-1992 en ($^{\circ}\text{C}$) suavizadas con un *lowess*.

En el caso de los índices de días frescos, días cálidos y noches frías, los resultados concuerdan con lo encontrado por VÁZQUEZ-AGUIRRE *et al.*, (2008). En muchas de las estaciones analizadas se encuentra evidencia significativa de incremento en la ocurrencia de episodios cálidos (43% de las estaciones de la figura 4a) y aumento en las temperaturas mínimas extremas (50% de las estaciones figura 4b).

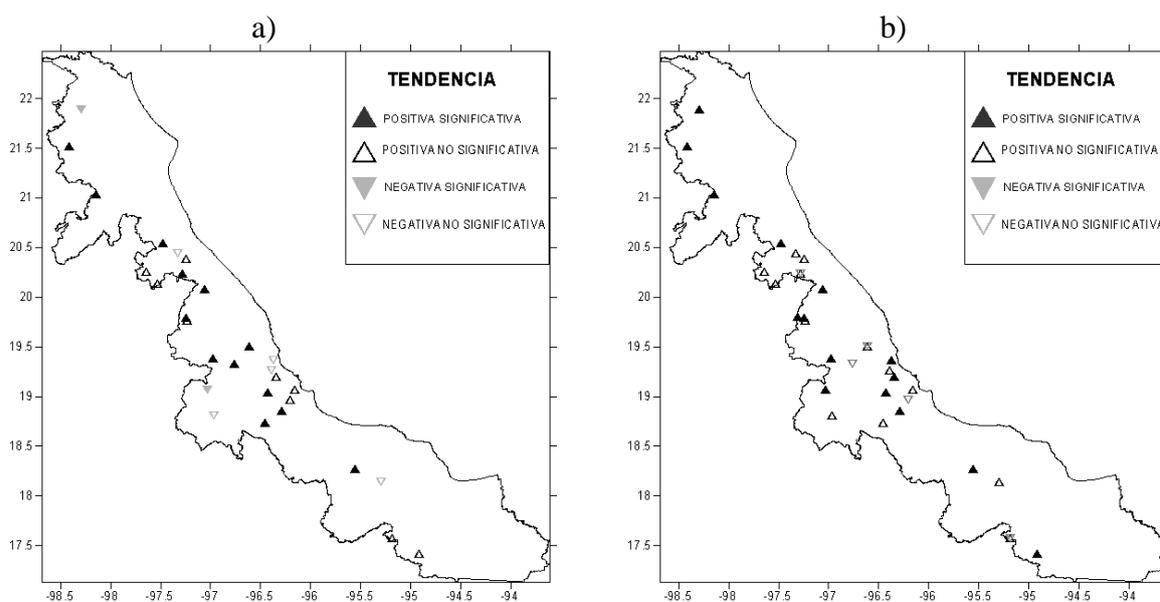


Figura 4. Tendencias en la duración de a) Rachas cálidas, b) Temperatura mínima más baja. Los triángulos en contorno negro (gris) muestran las tendencias positivas (negativas). Los triángulos llenos indican tendencia significativa.

La ocurrencia anual de rachas cálidas (definida como el caso en que la temperatura máxima supera el percentil 90 durante seis días consecutivos), al igual que la temperatura mínima más baja exhiben un incremento significativo en toda la región, si bien existen tendencias de signo opuesto entre puntos geográficamente próximos, en la mayoría de los casos los puntos con cambio negativo no son significativos estadísticamente (Figuras 4a y 4b).

Ni en la precipitación total anual ni en la lluvia intensa se observaron cambios significativos para la región, pero sí en la distribución temporal de la lluvia, en la que el número de días húmedos consecutivos se reduce, mientras que las rachas secas muestran un ligero aumento (Figura 5).

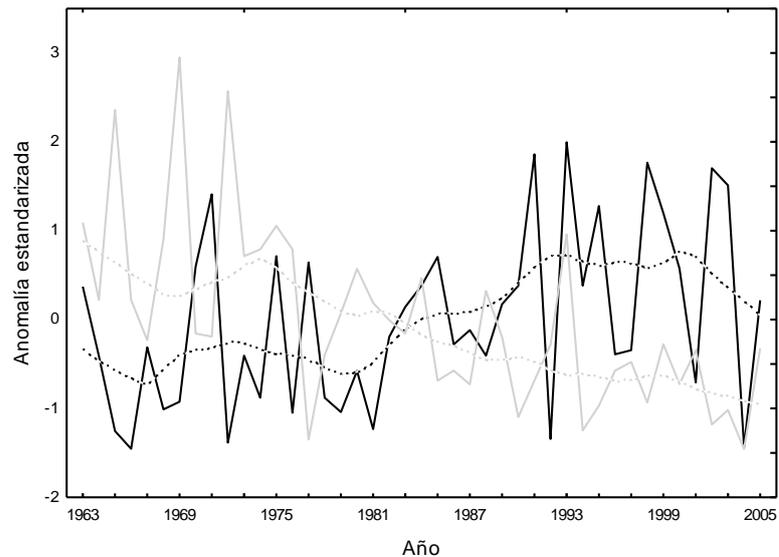


Figura 5. Anomalía estandarizada de los días húmedos consecutivos (línea gris continua) y días secos consecutivos (línea negra continua), ambas suavizadas con un *lowess* (líneas punteadas respectivas).

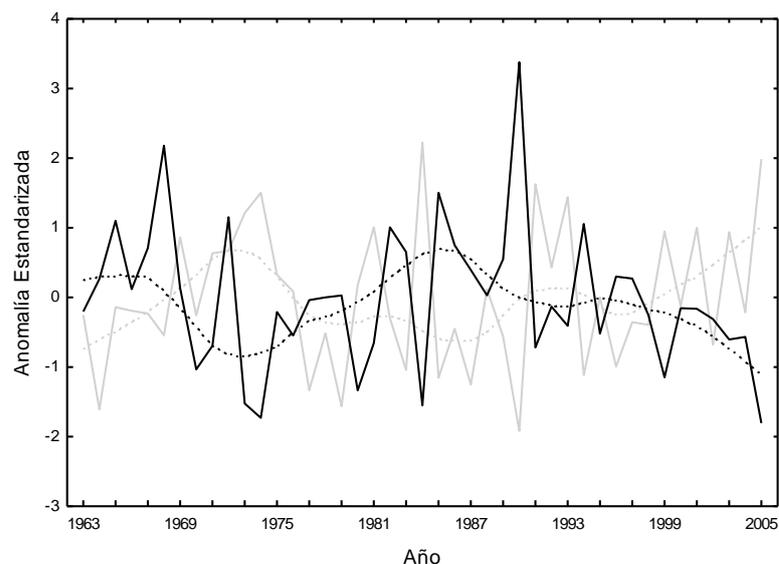


Figura 6. Anomalía estandarizada del SDII (línea gris continúa) y del índice de Gini (línea negra continúa), ambas suavizadas con un *lowess* (líneas punteadas respectivas).

El índice simple de intensidad diaria (SDII) resultó con tendencia cero, debido a que tanto la precipitación y el número de días con precipitación disminuyen, mientras que el índice de Gini mostró una ligera tendencia negativa (Figura 6).

6. CONCLUSIONES

La variabilidad de la precipitación en el estado de Veracruz está modulada de manera importante por el fenómeno de El Niño / Oscilación del Sur. Durante los años de El Niño prevalecen condiciones más secas que los años de La Niña. La influencia de la Oscilación Decadal del Pacífico se presenta con un desfase temporal de 10 meses, pero es muy pequeña con relación a la influencia del ENSO. Por su parte, las oscilaciones AO y NAO, no muestran un impacto significativo en el clima de la región. Este ejercicio muestra que el uso de datos de todo el año al tratar de encontrar conexiones de una región con fenómenos de gran escala es contraproducente pues un fenómeno dado puede actuar en distintas direcciones a través del año y así tener un efecto neto de cancelación. El uso de datos estacionales permite explorar desde el punto de vista estadístico el papel potencial en la modulación de la lluvia de Veracruz de fenómenos como la Oscilación del Ártico y la del Atlántico Norte (que se pueden ver como distintas expresiones de un mismo fenómeno).

Es de destacarse que aproximadamente un 16% de la sequía de medio verano puede explicarse como función de las variaciones en la Oscilación del Atlántico Norte, mientras un 9% se explica en función de ENSO.

Por su parte, los índices de cambio climático analizados corroboran la evidencia de tendencia a condiciones más cálidas en años recientes, aumento en la frecuencia de días calurosos y disminución de los días frescos. En la precipitación no se perciben cambios significativos tanto en la escala anual como en la ocurrencia de episodios extremos. Sin embargo, la distribución temporal de la precipitación muestra un aumento en la concentración de esta variable en mayor parte del estado.

Finalmente, debe enfatizarse que por primera vez se han estudiado tendencias climáticas en este territorio usando series homogéneas.

7. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Enric Aguilar Anfrons la instrucción y apoyo en la homogenización de las series climáticas. A Federico Acevedo Rosas por los datos del observatorio de la ciudad de Veracruz. A Maryam Nava Assad y Ana Gabriela Moguel Flores por el manejo de datos. El financiamiento fue otorgado por el Programa Universitario de Cambio Climático de la Universidad Veracruzana y con becas del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología y la Secretaría de Educación Pública (México).

REFERENCIAS

- ALEXANDER, L.V., ZHANG, X., PETERSON, T.C., CAESAR, J., GLEASON, B., KLEIN TANK, A.M.G., HAYLOCK, M., VAZQUEZ-AGUIRRE, J.L. y et al, (2006). *Global observed changes in daily climate extremes of temperature and precipitation*. Journal of Geophysical Research, 111, D05109, doi:10.1029/2005JD006290.
- ALEXANDERSSON H. y MOBERG A. (1997). *Homogenization of Swedish temperature data. Part I: homogeneity test for linear trends*. International Journal of Climatology, pp. 17: 25-34.

- BRUNET, M., O. SALADIÉ, P. JONES, J. SIGRÓ, E. AGUILAR, A. MOBERG, D.LISTER, A. WALTHER, C. ALMARZA. (2008). *A case study/guidance on the development of long-term daily adjusted temperature datasets*. WCDMP No. 66 – WMO/TD-No.1425.
- IPCC, (2007): Summary for Policymakers. En SOLOMON, S.; QIN, D.; MANNING, M.; CHEN, Z.; MARQUIS, M.; AVERYT, K.B.; TIGNOR, M.; MILLER, H.L. (Eds.). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA. <http://www.ipcc.ch/ipccreports/assessments-reports.htm>.
- MAGAÑA, V. J. L. PÉREZ Y C. CONDE. (1998) *El fenómeno de El Niño y la Oscilación del Sur y sus impactos en México*. Revista Ciencias. Julio-septiembre 51. pp. 14-18.
- MAGAÑA V., J. AMADOR Y S. MEDINA, (1999). *The Midsummer Drought over Mexico and Central America*. J. of Climate, 12, 1577-1588.
- MAGAÑA RUEDA V. (Editor) (2004). *Los impactos del niño en México*. Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, Secretaría de Gobernación. México, 229 p.
- MARTIN-VIDE, J. (2004): *Spatial distribution of daily precipitation concentration index in Peninsular Spain*. International Journal of Climatology, 24, pp. 959-971.
- MOSIÑO A. P. Y E. GARCÍA, (1966). *Evaluación de la sequía intraestival en la República Mexicana*. Conferencia Regional Latinoamericana, Unión Geográfica Internacional, 3, pp. 500 – 516. Ciudad de México, 9 – 15 de agosto.
- PAVIA, E. G., F. GRAEF Y J. REYES, (2006). *PDO-ENSO effects in the climate of Mexico*, J.Climate, 19: 6433-6438.
- PEREYRA-DÍAZ, D., Q. ANGULO-CORDOVA. Y B. E. PALMA-GRAYEB (1994), *Effect of ENSO on the mid-summer drought in Veracruz State, Mexico*. Atmósfera, Vol. 7, pp. 211-219.
- RUIZ BARRADAS, A (2008). Variabilidad climática y teleconexiones: una revisión bibliográfica. En TEJEDA-MARTÍNEZ, A., M. E. GUADARRAMA-OLIVERA Y C. WELSH RODRÍGUEZ. (Compiladores). *Estudios para un Programa Veracruzano ante el Cambio Climático*.-Embajada Británica, Instituto Nacional de Ecología, Universidad Veracruzana.
- http://portal.veracruz.gob.mx/portal/page?_pageid=1945,4436459&_dad=portal&_schema=P ORTAL.
- SEAGER,R., M. TING, M. DAVIS, M. CA NE, N. NAIK, J. NAKAMURA, C. LI, E. COOK, D. W. STAHL, (2009): *Mexican drought: an observational modeling and tree ring study of variability and climate change*. Atmósfera, Vol. 22, Núm. 1. 2009. pp. 1 – 13.
- SUTTON, R. T., AND HODSON, D. L. R., (2005). *Atlantic Ocean forcing of North American and European summer climate*. Science, 309, pp. 115-118.
- VÁZQUEZ-AGUIRRE, J.L., BRUNET M., JONES P. D. (2008). Cambios observados en los extremos climáticos de temperatura y precipitación en el estado de Veracruz, México a partir de datos diarios. En *Cambio climático regional y sus impactos*. J. SIGRÓ-RODRÍGUEZ, M. BRUNET-INDIA y E. AGUILAR-ANFRONS (compiladores), VI Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología. 823 P.: 447-456.
- WANG, X. L.; FENG, Y. (2007). *RhstestV2. User Manual*, disponible on-line en: <http://ccma.seos.uvic.ca/ETCCDI/software.shtml>