

# INTERCONEXIÓN A NIVEL REGIONAL ENTRE LA SEQUIA Y EL ÍNDICE OCEÁNICO DEL NIÑO PARA EL NOROESTE DE MÉXICO

Jesús David GÓMEZ DÍAZ, Alejandro Ismael MONTERROSO RIVAS, Lizeth Margarita LECHUGA GAYOSSO

*Departamento de Suelos, Universidad Autónoma Chapingo, México*

[dgomez@correo.chapingo.mx](mailto:dgomez@correo.chapingo.mx) | [aimrivas@correo.chapingo.mx](mailto:aimrivas@correo.chapingo.mx) | [al08117994@chapingo.mx](mailto:al08117994@chapingo.mx)

## RESUMEN

Para las regiones de precipitación del Noroeste de México se realizó un análisis estadístico para establecer las correlaciones a nivel mensual del valor del Índice de Precipitación Estandarizada (SPI) como un indicador de la sequía, con el Índice Oceánico del Niño (ONI) y se incluyeron los efectos de este fenómeno para las fases negativas y las positivas de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y de la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) en el periodo de enero de 1960 a diciembre de 2012. Existen interacciones entre el SPI y los valores del ONI en las diferentes regiones de precipitación del Noroeste de México. Para la mayoría de las regiones en los meses de invierno se observa una tendencia de mayores precipitaciones cuando se intensifica la presencia del Niño, en cambio para los meses de verano, la precipitación tiene tendencia de disminución cuando el Niño se presenta intenso. Para los meses de invierno, los valores de correlación entre el SPI y el ONI se incrementan cuando se incluye el efecto de la PDO se encuentra en fase negativa y con fase indistinta de la NOA. Para los meses de verano se presenta un incremento en la correlación del SPI con el ONI en algunas regiones de precipitación cuando el PDO esté en fase positiva y la NAO en fase negativa.

**Palabras clave:** Interconexiones, Índice de Precipitación Estandarizada, Índice Oceánico del Niño.

## ABSTRACT

For the five precipitations regions on the Norwest of Mexico, an statistical analysis was conducted to estimate the correlations at monthly level between the Standard Precipitation Index (SPI) as an indicator of drought severity and the Oceanic Niño Index (ONI) and also were included the effects of the negative or positive phases of the Pacific Decadal Oscillation (PDO) and the North Atlantic Oscillation (NAO) for the period of January 1960 and December of 2012. Some interactions were found for the SPI and the ONI in the different precipitations regions on Mexico Northwest. In most of the precipitations regions on the winter months there is a tendency of increasing the amount of rainfall when the el Niño is more intense, instead on the summer months the amount of rainfall decrease when the Niño is intense. For the winter months, the correlation coefficients for the SPI and the ONI are higher when the PDO is in negative phase and for a indistinct phase of the NOA. For the summer months the correlations coefficients of SPI and ONI for some precipitation regions increases when the PDO is in positive phase and the NAO is in negative phase

**Key words:** Interconnectivity, Standard Precipitation Index, Oceanic Niño Index.

## 1. INTRODUCCIÓN

La sequía es un fenómeno natural que tiene impactos adversos en los humanos y en los ecosistemas (Rhee y Carbone, 2011). La sequía es un fenómeno natural que puede afectar virtualmente todos los regímenes climáticos. Generalmente se define a la sequía como una deficiencia en la precipitación relativa con respecto a la que se espera (normal), que cuando se extiende en una estación o un periodo más largo de tiempo resulta en la incapacidad de satisfacer las demandas de agua en las actividades humanas y en el medio ambiente (Hayes et al., 2001). La estimación de los índices de sequía se hace a partir de las condiciones normales y requieren de datos históricos con un periodo mayor a 30 años, el índice de sequía más comúnmente usado es el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) (Rhee y Carbone, 2011), el cual fue desarrollado por McKee et al., (1993) y estima el déficit de precipitación a diferentes tiempos y escalas. El SPI es negativo en la definición de la sequía y positivo para condiciones de humedad. Mientras los valores de lluvia registrada se hacen más extremos así el índice se hace más positivo o negativo.

Se presentan importantes interacciones entre la atmósfera y el océano especialmente en el patrón de vientos y las condiciones de presión y temperatura de los océanos, destacando entre varias, las determinadas por el Índice Oceánico del Niño (ONI), la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y la Oscilación del Atlántico Norte (NSO) (Ahrens, 2009). El Niño es un patrón climático recurrente que involucra cambios en la temperatura del Océano Pacífico Oriental y Central en periodos que van de tres a siete años, estos cambios afectan directamente la distribución de la precipitación en los trópicos y en diferentes partes del planeta (Lima et al., 2009). La Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) es un patrón de anomalías en la temperatura de la superficie del mar en el Norte del Pacífico con periodos de 20 a 30 años que influye en el tiempo invernal a lo largo de la costa de Norte América (Mantua, et al., 1997), que presenta una fase positiva, cuando el agua superficial a lo largo de la costa oeste del Pacífico Norte es más cálida que lo normal y en el Pacífico Norte Centro la temperatura del agua superficial es más fría que lo normal y una fase negativa que se caracteriza por presentarse temperaturas más frescas que el promedio en las aguas superficiales a lo largo de la costa oeste de Norte América y temperaturas más cálidas en las aguas superficiales desde Japón hasta el pacífico Norte Centro. La Oscilación del Atlántico Norte (NAO), se describe como un cambio de presión atmosférica sobre el Atlántico Norte que tiene efectos en el tiempo de Europa y a lo largo de la costa Este de Norteamérica. La fase positiva de este fenómeno se describe como el descenso de la presión atmosférica en las cercanías a la zona de baja presión de Islandia y la presión en la región de alta presión de Bermudas-Azores se eleva, por lo que la diferencia en la presión atmosférica entre estas dos regiones se hace aún más pronunciada y los vientos del Oeste se presentan más intensos. La fase negativa del NAO ocurre cuando la presión atmosférica se eleva en las cercanías de la zona de baja presión de Islandia mientras que desciende en la región de alta presión de Bermudas-Azores, este cambio en la presión conlleva a una reducción del gradiente de presión y por consiguiente en los vientos del Oeste son débiles (Ahrens, 2009). Se han realizado trabajos relacionados a las interrelaciones entre las anomalías en la precipitación y el Niño en conjunto con las fases tanto del PDO y la NAO especialmente para Estados Unidos y Canadá (Piechota y Dracup, 1996, Newman, et al., 2003) y uno general en México (Pavia et al., 2006), este último incluyó en su análisis el comportamiento de la precipitación y temperatura de estaciones meteorológicas a lo largo de todo el país.

En este trabajo se estimó la severidad de la sequía a nivel mensual a partir del cálculo del SPI para estaciones de referencia del Servicio Meteorológico Nacional para el periodo de 1960 al 2012, las cuales se agruparon de acuerdo a su ubicación en cada una de las cinco Regiones de Precipitación del Noroeste de México delimitadas por Monterroso et al., (2014), estas

regiones fueron determinadas a través del análisis de la distribución de la precipitación en las distintas épocas del año con los diferentes sistemas meteorológicos globales y/o regionales, además del efecto de diferentes factores que influyen en la cantidad de lluvia a nivel local como es el efecto modificador de los sistemas orográficos, así como la energía que pueden ganar los sistemas y que aumente la posibilidad de precipitación. Para cada una de las estaciones meteorológicas, se realizó un análisis estadístico, buscando establecer correlaciones a nivel mensual del valor del SPI con el Índice Oceánico del Niño (ONI) reportado a nivel mensual por el Climate Prediction Center de la NOAA (2013), que indica los valores promedios de la temperatura del agua en la Región 3.4 y que define la fase del Niño-Oscilación del Sur (Lima et al., 2009) esto para las fases positivas o negativas del PDO y de la NAO.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS

### 2.1. Generación de bases de datos y estimación de la sequía a nivel regional.

De las estaciones de referencia que tiene el Servicio Meteorológico Nacional para realizar el reporte de la sequía para América del Norte en conjunto con Canadá y Estados Unidos, se ubicaron aquellas que están en las regiones de precipitación del Noroeste de México, teniéndose 4 para la región de precipitación Noroeste de Baja California, 4 para la de Baja California Seca, 4 para parte sur de Baja California, 28 para la región de Monzón Mexicano en el Golfo de California y 19 para Monzón Mexicano, dando un total de 59 estaciones con información de precipitación media mensual y anual de enero de 1960 a diciembre de 2012. Los datos faltantes y observaciones incongruentes se estimaron con el procedimiento modificado de *Normal-Ratio Method* definido por Paulhus y Kohler (1952). Con los datos completos de precipitación mensual de cada una de las estaciones seleccionadas se estimaron los valores del Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) de acuerdo al procedimiento propuesto por McKee et al., (1993).

A partir de la información reportada por el Climate Prediction Center de la North America Oceanic and Atmospheric Agency (NOAA, 2013) se obtuvo la información del Oceanic Niño Index (ONI), del Pacific Decadal Oscillation (PDO) y del North Atlantic Oscillation (NAO) y se generó la base de datos mensual con estos parámetros del periodo de enero de 1960 a diciembre de 2012.

### 2.2. Estimación de interconexiones de la sequía con los sistemas oceánicos atmosféricos del Índice Oceánico del Niño, de la Oscilación Decadal del Pacífico y de la Oscilación del Atlántico Norte.

Para cada una de las estaciones meteorológicas de las cuatro regiones de precipitación del Noroeste de México, se realizó un análisis estadístico, buscando establecer correlaciones a nivel mensual del valor del SPI, del periodo de enero de 1960 a diciembre de 2012, con el Índice Oceánico del Niño (ONI) esto para las fases positivas o negativas del PDO y de la NAO, teniéndose las siguientes cinco combinaciones: SPI solo con ONI, SPI con ONI-PDO<sup>+</sup>-NAO<sup>+</sup>, ONI-PDO<sup>+</sup>-NAO<sup>-</sup>, ONI-PDO<sup>-</sup>-NAO<sup>+</sup>, ONI-PDO<sup>-</sup>-NAO<sup>-</sup>. En el presente trabajo se reportan las correlaciones para el mes de diciembre y para el mes de julio del valor del SPI y los sistemas oceánicos atmosféricos descritos.

### 3. RESULTADOS

#### 3.1. Estaciones de referencia y las interconexiones con el Índice Oceánico del Niño, Oscilación Decadal del Pacífico y Oscilación del Atlántico Norte.

En la figura 1 se muestra el mapa con las estaciones de referencia representativas de las cinco regiones de precipitación del Noroeste de México y en la Tabla 1 la descripción general de las mismas.

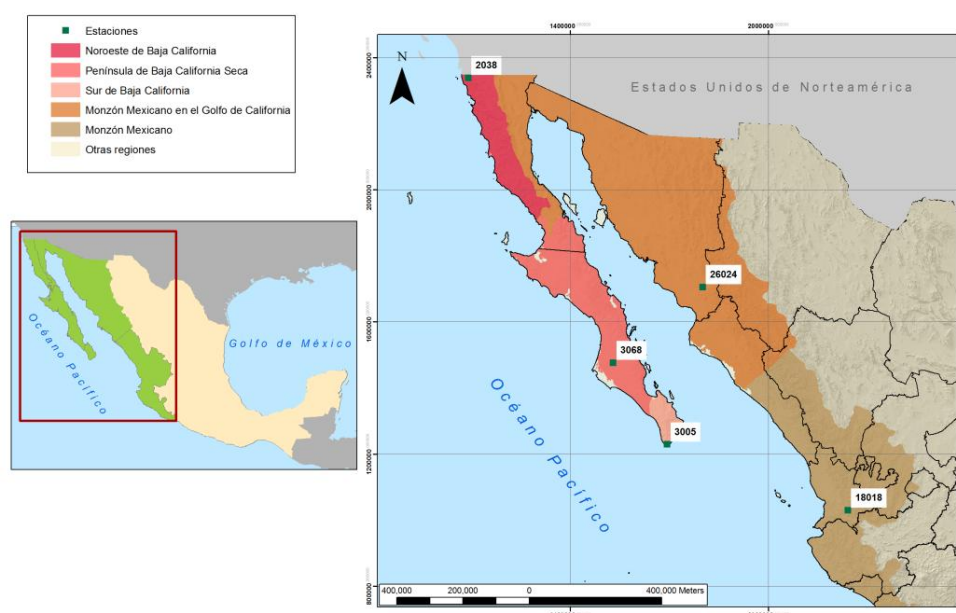


Fig. 1: Distribución de las estaciones meteorológicas de referencia en las regiones de precipitación en el Noroeste de México

Región de precipitación	Estación	Latitud Norte	Longitud Oeste	Altitud msnm	Precip. media anual (mm)
Noroeste de Baja California	2038-Tijuana, BC.	32.45	-116.91	140	244.1
Península de Baja California Seca	3068-Cd. Constitución, BCS	25.03	-111.67	45	166.3
Sur de Baja California	3005-Los Cabos, BCS	22.88	-109.91	45	218.8
Monzón Mexicano en Golfo de California	26024- Presa A. R. Cortines, Son	27.25	-109.06	144	535.1
Monzón Mexicano	18018- El Nayar, Nay.	21.25	-104.52	610	822.6

Tabla 1. ESTACIONES METEOROLÓGICAS DE REFERENCIA POR REGION DE PRECIPITACIÓN

La región de precipitación del Noroeste de Baja California presenta un régimen de lluvias en invierno, concentrándose en el periodo de noviembre a marzo, principalmente y con prácticamente nula precipitación en los meses de junio, julio y agosto. La Península de Baja California Seca, presenta precipitaciones en la mitad fría del año, aunque la mayor proporción

de la misma se concentra en los meses de agosto y septiembre. En el Sur de Baja California, el régimen de precipitaciones se asocia principalmente con perturbaciones tropicales que van desde depresiones, tormentas y huracanes, que se presentan principalmente en agosto, septiembre y octubre. El Monzón Mexicano en el Golfo de California, tiene régimen de lluvias en verano y los meses con las precipitaciones mayores son julio, agosto y septiembre. La región de Monzón Mexicano tiene régimen de lluvias en verano y los meses con mayores precipitaciones son al igual que la anterior en julio, agosto y septiembre.

En la Tabla 2 se presentan los modelos de regresión lineal simple entre el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) y el Índice Oceánico del Niño (ONI) para el mes de enero en cada una de las estaciones meteorológicas de las cinco regiones de precipitación del Noroeste de México. La primera interacción evaluada con el SPI es para el periodo de 1960 al 2012 en donde se incluye solamente los valores del ONI. La segunda interacción que se evaluó para el SPI es la del ONI para los años en que se presenta una fase negativa del PDO, tanto para fase negativa como positiva de NAO. La tercera interacción evaluada del SPI es la del ONI para fase positiva del PDO tanto para fase negativa como positiva de NAO.

Para la estación de la región del Noroeste de Baja California se incrementa considerablemente el coeficiente de regresión ( $R^2$ ) en la condición de fase negativa del PDO tanto para NAO en fase negativa como positiva. Lo mismo se presenta en la región de Monzón Mexicano en donde también se incrementa el coeficiente de determinación ( $R^2$ ) en la fase negativa de PDO asociada a NAO fase negativa. Para las otras regiones de precipitación es menos notorio el efecto del ONI con el SPI particularmente con alguna fase del PDO o del NAO.

Estación	SPI - ONI solamente		SPI - ONI							
	Modelo	$R^2$	PDO <sup>-</sup>				PDO <sup>+</sup>			
			NAO <sup>-</sup>		NAO <sup>+</sup>		NAO <sup>-</sup>		NAO <sup>+</sup>	
			Modelo	$R^2$	Modelo	$R^2$	Modelo	$R^2$	Modelo	$R^2$
2038	SPI=0.007+ 0.342(ONI)	0.14	SPI=-0.234 + 0.704(ONI)	0.36	SPI=0.503+ 0.474(ONI)	0.31	SPI=0.107+ 0.019(ONI)	0.00	SPI=-0.022+ 0.506(ONI)	0.19
3068	SPI= -0.429 + 0.008(ONI)	0.00	SPI=-0.589 + 0.119(ONI)	0.01	SPI=-0.475 + 0.056(ONI)	0.00	SPI=-0.146 - 0.387(ONI)	0.07	SPI=-0.651 + 0.193(ONI)	0.01
3005	SPI= -0.012 + 0.157(ONI)	0.01	SPI=-1.027 + 0.179(ONI)	0.02	SPI=-1.046 +0.335(ONI)	0.06	SPI=- 0.103 - 0.549(ONI)	0.09	SPI=-0.651 + 0.313(ONI)	0.04
26024	SPI= -0.240 + 0.250(ONI)	0.04	SPI=-0.656 + 0.520(ONI)	0.17	SPI=-0.049+ 0.3726(ONI)	0.09	SPI=0.277- 0.376(ONI)	0.08	SPI=-0.220 + 0.5074(ONI)	0.14
18018	SPI=-0.382 + 0.423(ONI)	0.10	SPI=-0.342 + 0.910(ONI)	0.39	SPI=-0.5480 +0.428(ONI)	0.13	SPI=-0.043 - 0.056(ONI)	0.00	SPI=-0.299+ 0.103(ONI)	0.00

Dónde: SPI= Índice de precipitación estandarizado; ONI= Índice Oceánico del Niño; PDO<sup>-</sup>= Oscilación Decadal del Pacífico fase negativa; PDO<sup>+</sup>= Oscilación Decadal del Pacífico fase positiva; NAO<sup>-</sup>= Oscilación del Atlántico Norte fase negativa; NAO<sup>+</sup>= Oscilación del Atlántico Norte fase positiva

Tabla 2. INTERACCIONES PARA EL MES DE ENERO ENTRE EL ÍNDICE DE PRECIPITACIÓN ESTANDARIZADO Y EL ÍNDICE OCEÁNICO DEL NIÑO SOLO Y EN CONJUNTO CON LAS FASES DE LA OSCILACIÓN DECADAL DEL PACÍFICO Y LA DEL ATLÁNTICO NORTE.

En la Tabla 3 se presentan los modelos de regresión lineal simple entre el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) y el Índice Oceánico del Niño (ONI) para el mes de julio en cada una de las estaciones meteorológicas de las cinco regiones de precipitación del Noroeste de México. Al igual que en la Tabla 2, las interacciones evaluadas son las mismas entre el SPI para el periodo de 1960 al 2012. Para la estación de la región del Noroeste de Baja California se incrementa considerablemente el coeficiente de regresión ( $R^2$ ) en la condición de fase negativa del PDO tanto para NAO en fase negativa como positiva. Lo mismo se presenta en la región de Monzón Mexicano en donde también se incrementa el coeficiente de regresión ( $R^2$ ) en la fase negativa de PDO asociada a NAO fase negativa. Para las otras regiones de precipitación es menos notorio el efecto del ONI con el SPI particularmente con alguna fase del PDO o del NAO.

Las correlaciones encontradas entre el SPI y el ONI son muy bajas y a pesar de que se incrementa en la región Noroeste de Baja California, para PDO fase negativa y NAO fase positiva y PDO fase positiva y NAO fase negativa, carece de sentido ya que la precipitación de este mes en dicha región es casi nula. Las correlaciones para el SPI y los valores del ONI en las regiones Península de Baja California Seca y la de Sur de Baja California, fueron de cero, por lo que no se tiene modelo.

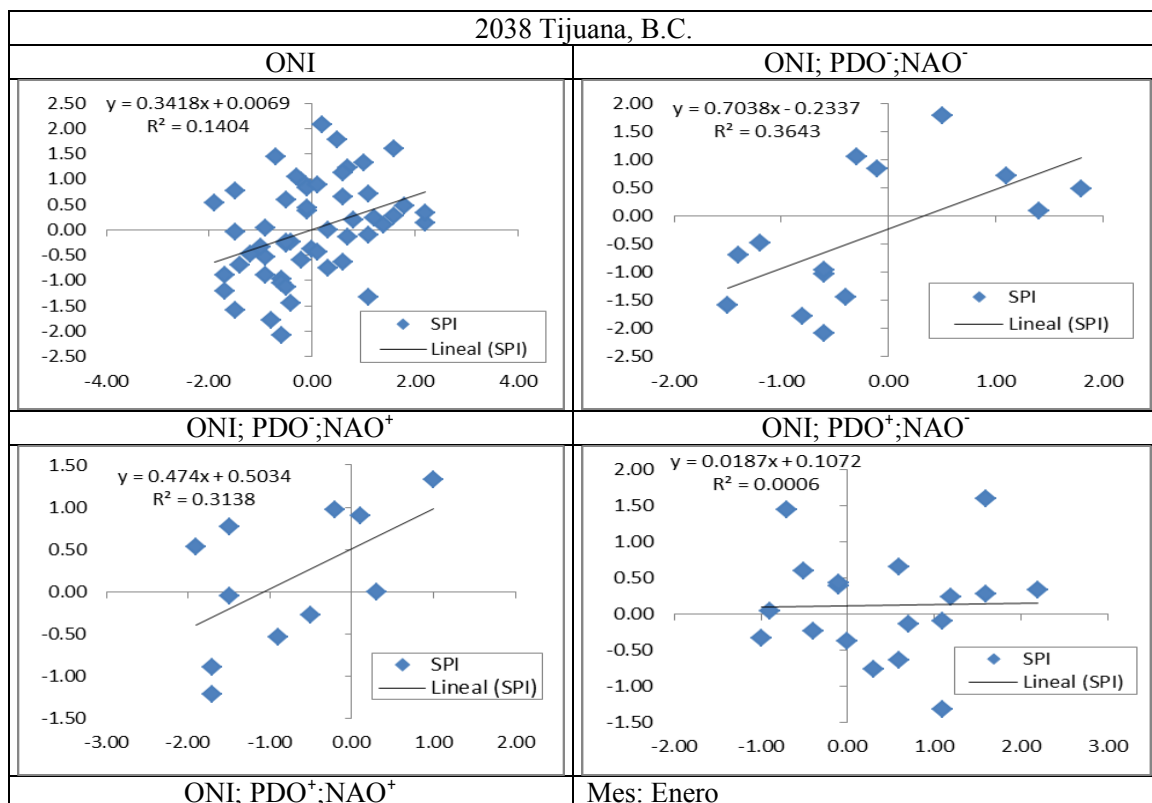
En la región de Monzón Mexicano en Golfo de California, el coeficiente de correlación es muy bajo, sin embargo para la región de Monzón Mexicano, el coeficiente de correlación se incrementa considerablemente para la condición de PDO fase positiva y la NAO fase negativa. Esta última región es la que presenta precipitaciones mayores en el mes de julio.

Estación	SPI - ONI solamente		SPI - ONI							
	Modelo	$R^2$	PDO <sup>-</sup>				PDO <sup>+</sup>			
			NAO <sup>-</sup>		NAO <sup>+</sup>		NAO <sup>-</sup>		NAO <sup>+</sup>	
		Modelo	$R^2$	Modelo	$R^2$	Modelo	$R^2$	Modelo	$R^2$	
2038	SPI=-0.827 + 0.404(ONI)	0.03	SPI=-0.988 - 0.845(ONI)	0.10	SPI= -1.026 + 1.408(ONI)	0.55	SPI=1.4986 (ONI) - 0.181	0.31	SPI=-0.851 - 0.17(ONI)	0.00
3068	SPI=-1.785 - 0.301(ONI)	0.07	SPI=-1.238 - 0.702(ONI)	0.05	N/A	--	N/A	--	N/A	--
3005	SPI=-1.872 + 0.164(ONI)	0.01	SPI=-1.889 - 0.423(ONI)	0.05	N/A	--	N/A	--	SPI=-1.921 + 0.850(ONI)	0.14
26024	SPI=-0.233 - 0.257(ONI)	0.02	SPI=0.036 - 0.374(ONI)	0.02	SPI= - 0.325 - 0.131(ONI)	0.01	SPI=-0.963 + 0.591(ONI)	0.06	SPI=0.113- 0.838(ONI)	0.13
18018	SPI=0.013 - 0.347(ONI)	0.05	SPI=0.016 - 0.340(ONI)	0.05	SPI=0.105 - 0.328(ONI)	0.06	SPI=0.134 - 1.147(ONI)	0.46	SPI=- 0.261 + 0.18(ONI)	0.01

Dónde: SPI= Índice de precipitación estandarizado; ONI= Índice Oceánico del Niño; PDO<sup>-</sup>= Oscilación Decadal del Pacifico fase negativa; PDO<sup>+</sup>= Oscilación Decadal del Pacifico fase positiva; NAO<sup>-</sup>= Oscilación del Atlántico Norte fase negativa; NAO<sup>+</sup>= Oscilación del Atlántico Norte fase positiva; NA= No se estimó.

Tabla 3. INTERACCIONES PARA EL MES DE JULIO ENTRE EL ÍNDICE DE PRECIPITACIÓN ESTANDARIZADO Y EL ÍNDICE OCEÁNICO DEL NIÑO SOLO Y EN CONJUNCIÓN CON LAS FASES DE LA OSCILACIÓN DECADAL DEL PACIFICO Y LA DEL ATLÁNTICO NORTE.

En la figura 2 se presenta para el mes de enero de la región Noroeste de Baja California, siendo uno de los meses más lluviosos de esta región, la asociación de los valores del SPI con los del ONI. En el eje vertical se presentan los valores del SPI y en el horizontal los valores del ONI, en el caso de los valores del SPI, como se indicó anteriormente, los valores negativos indican que la precipitación del mes de ese año en particular fue menor que la normal y si el valor es menor de -0.5, se define como sequía, la cual se incrementa conforme este valor del SPI disminuye. En cambio para valores de SPI positivos representan que la precipitación del mes de ese año en particular fue mayor que la normal y si el valor es mayor de 0.5 se define como húmedo, lo cual aumenta al aumentar el valor del SPI. Los valores del ONI menores a -0.5 indican que se tiene la presencia de La Niña y para valores mayores a 0.5, la condición es de Niño y conforme aumenta este valor indica mayor severidad de este fenómeno. En la primera gráfica de la figura 2, se incluyen todos los valores del ONI para el periodo de 1960 al 2012, como ya se señaló para el mes de enero de la región de precipitación Noroeste de Baja California y a pesar de que el coeficiente de regresión es bajo se tiene una tendencia definida de que al incrementarse el valor del ONI, el valor del SPI aumenta lo que implica mayor precipitación cuando se tiene presencia de Niño. Como ya se señaló en el análisis de la Tabla 2, el SPI presenta mayor correlación positiva con el ONI cuando la PDO está en fase negativa y para fases indistintas de la NAO. En cambio cuando la PDO se encuentra en fase positiva, y la NAO en fase negativa no se aprecia tendencia en la variación del SPI asociado con la variación del ONI, sin embargo para esta misma fase de PDO pero con NAO en fase positiva, la relación entre el SPI y el ONI es positiva.



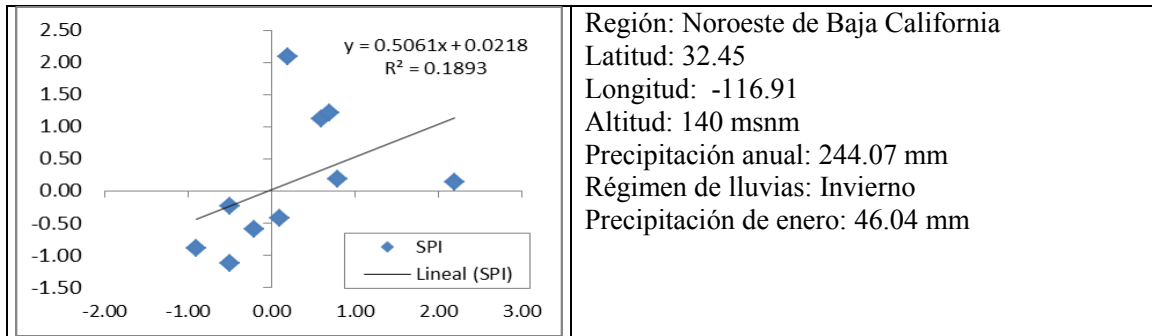
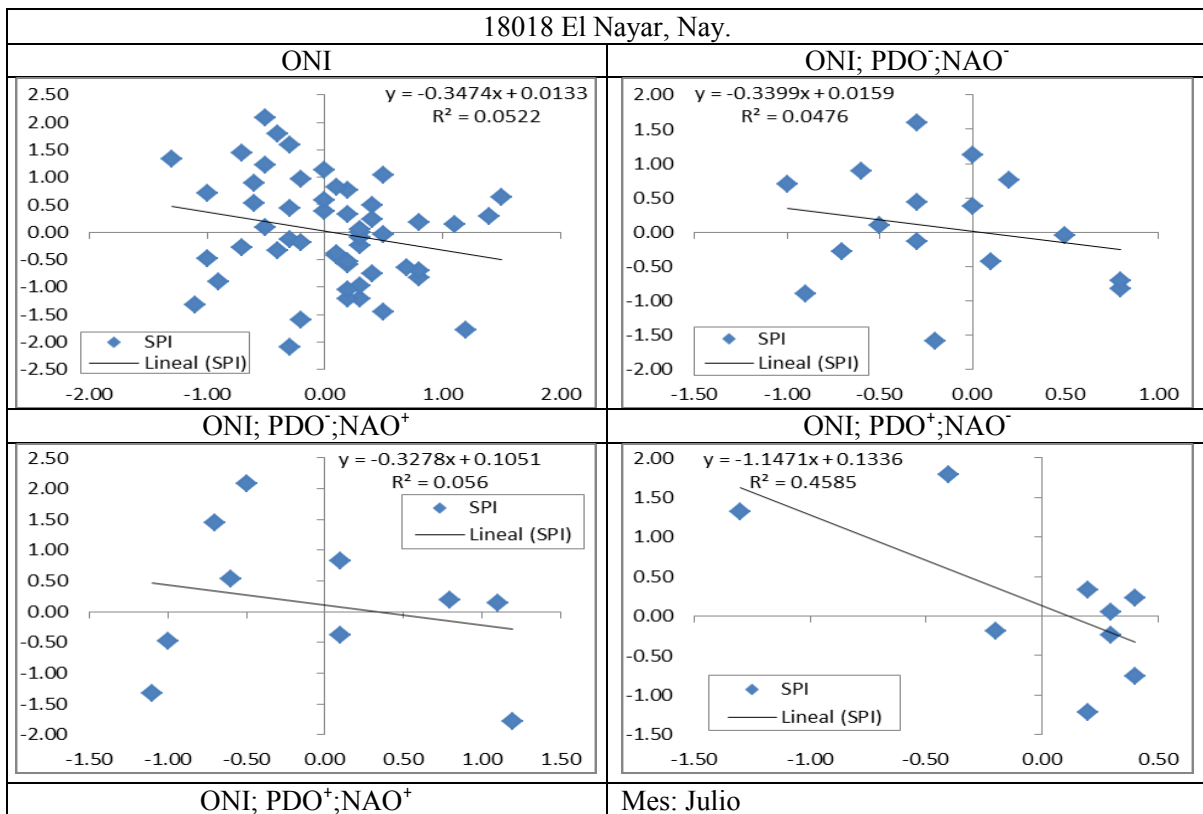


Fig. 2: Representación gráfica de las interacciones para el mes de enero en la Región de Precipitación Noroeste de Baja California entre el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) y el Índice Oceánico del Niño de manera individual y en asociación con la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y la Oscilación del Atlántico Norte (NAO)

En la figura 3 se presenta para el mes de julio de la región Monzón Mexicano la asociación de los valores del SPI con los del ONI, este mes es el más lluvioso de esta región de precipitación. Al contrario de lo que se evidenció para el mes de enero en la región Noroeste de Baja California, no hay una tendencia clara entre la interacción del SPI con el ONI, aunque es ligeramente negativa, esto es que al aumentar el valor del ONI el valor del SPI disminuye, lo que se interpreta que en años de Niño severos, la precipitación de este mes en esta región puede disminuir. Esta ligera tendencia se sigue manifestando cuando se analizan las condiciones de ONI con PDO fase negativa y con NAO en fase indistinta y para la PDO fase positiva y NAO fase negativa.





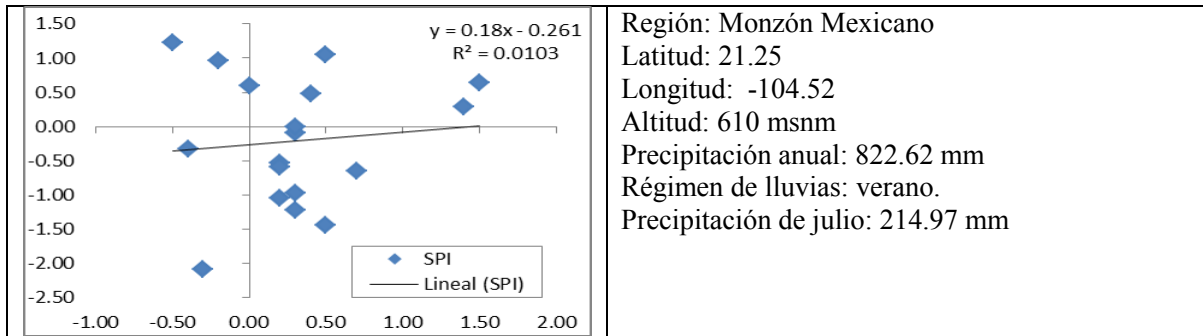


Fig. 3: Representación gráfica de las interacciones para el mes de julio en la Región de Precipitación Monzón Mexicano entre el Índice de Precipitación Estandarizado (SPI) y el Índice Oceánico del Niño de manera individual y en asociación con la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) y la Oscilación del Atlántico Norte (NAO)

#### 4. CONCLUSIONES

No se encontraron interacciones estadísticamente significativa entre el Índice de Precipitación Estandarizada (SPI) y los valores del Índice Oceánico del Niño (ONI) en las diferentes regiones de precipitación del Noroeste de México, aunque para la mayoría de las regiones en los meses de invierno se observa una tendencia de mayores precipitaciones cuando se intensifica la presencia del Niño, en cambio para los meses de verano, la precipitación tiene tendencia de disminución cuando el Niño se presenta intenso. Para los meses de invierno, los valores de correlación entre el SPI y el ONI se incrementan cuando se incluye el efecto de la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) en fase negativa y con fase indistinta de la Oscilación del Atlántico Norte aunque se reduce sustancialmente el número de datos. Para los meses de verano se presenta un incremento en la correlación del SPI con el ONI en algunas regiones de precipitación cuando el PDO esté en fase positiva y la NAO en fase negativa.

#### 5. AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Autónoma Chapingo, particularmente al Centro de Investigación de Recursos Naturales y Medio Ambiente por el apoyo financiero y logístico para la realización del Proyecto “Estimación de la severidad de la sequía temporal en diferentes regiones de México mediante el Índice Estandarizado de Precipitación”, del cual forma parte este trabajo.

#### 6. BIBLIOGRAFÍA

- Ahrens, C. D. 2009. *Meteorology today: an introduction to weather, climate, and the environment*. 9<sup>th</sup> ed. Brooks Cole. Pacific Grove, CA: USA.
- Climate Prediction Center. 2013. Consultado en línea en: [www.noaa.gov](http://www.noaa.gov)
- Hayes, M., M. Svoboda, N. C. Wall, and M. Widhalm. 2001. The Lincoln Declaration on Drought Indices: Universal Meteorological Drought Index Recommended, Reprints, International Workshop on Indices and early Warning Systems for drought. Lincoln, Nebraska December 8-11. American Meteorological Society 485-488
- McKee, T. B, N. J. Doeskin, and J. Kleist, 1993. The Relationship of Drought Frequency and Duration to Time Scales. Proc. 8<sup>th</sup> Conf. on Applied Climatology, January 17-22, 1993, American Meteorological Society, Boston, Massachusetts, pp. 179-184.

- Lima, C., V. Lall, T. Jebara, A.G. Barnston. 2009. Statistical prediction of ENSO from subsurface sea temperature using a nonlinear dimensionally reduction. *Journal of Climate* 22: 4501-4519.
- Mantua, N. J. , S.R. Hare, Y.Z. Zhang, J.M. Wallace and R.C. Francis. 1997. A Pacific interdecadal climate oscillation with impacts on salmon production. *Bull. Amer. Meteor. Soc.* 78: 1069-1079.
- Monterroso, A.I., Gómez, J.D y L.M. Lechuga. 2014. Delimitación de regiones de influencia de precipitación para México. Preliminar presentado en el 9º Congreso Internacional de la Asociación Española de Climatología (AEC). Almería, España.
- Newman, M., Compo, G. P. & Alexander, M. A., 2003. ENSO-forced variability of the Pacific decadal oscillation. *J. Climate*. 16: 3853-3857.
- Paulhus, J.L.H., and M.A. Kohler, 1952. Interpolation of missing precipitation records. *Monthly Weather review*, 80: 129-133.
- Pavia, E. G., Graef, F. & Reyes, J., 2006. PDO- ENSO Effects in the Climate in Mexico. *Journal of Climate*. 19: 6433-6438.
- Piechota, T. C. & Dracup, J. A., 1996. Drought and regional hydrologic variation in the United States: association with the El Niño-Southern Oscillation. *Water Resources Research*. 32: 1359-1373.
- Rhee, J., and G.J. Carbone. 2011. Estimating Drought Conditions for Regions with Limited Precipitation Data. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 50: 548-559.