

**Mauricio Alejandro Amaya Hernández**

**Lourdes Bello Mendoza**

## **TEMA 6**

### **MÉTODO DE ANÁLISIS DE SEQUÍAS**

La sequía es un periodo de tiempo anormalmente seco, de duración suficiente para que se presente un desequilibrio hídrico significativo que interfiera con el equilibrio ecológico y las actividades humanas de una región (Velázquez, 1997).

Un índice de sequía no es más que una variable, derivada de registros meteorológicos (precipitación, humedad, temperatura, etc.) o hidrológicos (escurrimiento, caudal, capacidad de las presas, etc.) cuyo valor refleja la severidad de la sequía y en cierta medida la disponibilidad de agua.

Existen distintos métodos para calcular la sequía, generalmente se utilizan índices de los cuales los más relevantes son el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) por sus siglas en inglés y el Índice de Severidad de Sequía de Palmer (PDSI). En México diversas instituciones manejan ambos índices como el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua (IMTA) que lo usa el PDSI en sus estudios agrícolas, también lo aplica el National Weather Service, Climatic Prediction Center y el National Drought Monitor de Estados Unidos, mientras el SPI es usado por el Centro de Investigaciones sobre la Sequía del Instituto Nacional de Ecología (Rivera *et al*, 2007).

#### **Índice Estandarizado de Precipitación (SPI).**

El índice SPI considera la lluvia como única variable, para determinar si una región o en un periodo hay déficit o exceso de precipitación respecto a las condiciones normales. Involucra ajustar registros históricos mensuales de precipitación a la función de distribución probabilística gamma. Los valores del SPI representan el

número de desviaciones estándar que cada observación mensual se aleja de su promedio histórico, que se presenta por el cero, los valores negativos representan el déficit de la precipitación con respecto al promedio histórico y los positivos el excedente. Con esto se permite analizar diversas escalas de tiempo, es decir los ajustes y transformaciones se pueden hacer con registro de precipitación acumulada en uno o más meses lo que permite identificar la frecuencia, intensidad y duración a corto, mediano y largo plazo, es más sencillo de interpretar (Núñez-López *et al*, 2007).

Su cualidad más relevante del SPI es que puede ser calculado, en forma simple, para una gran variedad de escalas temporales, lo cual lo hace apto para el estudio de sequía cortas (importantes para la agricultura) o muy prolongadas (relevantes para evaluar la disponibilidad de agua subterránea, la escorrentía y los niveles de lagos o reservorios de agua) (Nuñez et al, 2005).

Estas escalas temporales pueden ir desde uno hasta veinticuatro meses de registros de precipitación y cada cálculo tiene una aplicación diferente, como se indica a continuación:

SPI-1 refleja las condiciones a corto plazo y cuya aplicación puede estar relacionada a la humedad del suelo; SPI-3 provee una estimación estacional de la precipitación; SPI-6 y SPI-9 indican tendencias a mediano plazo en los patrones de precipitación; SPI-12 refleja los patrones de precipitación a largo plazo, usualmente relacionado a caudales de ríos, niveles de almacenamiento de presas, etc.; SPI-24 captura la variabilidad de baja frecuencia, evitando el ciclo anual explícito. (Méndez, 2007).

Es importante mencionar que el SPI no es una herramienta de predicción de la sequía, sino de monitoreo y diagnóstico del fenómeno según National Drought Mitigation Center. También se puede consultar en la página web del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) el Monitor de Sequía de América del Norte en el que cada mes se publica la narrativa y el mapa de la intensidad de sequía desde el año 2003.

## Aplicación

Como primer paso se deben obtener datos de precipitación a nivel mensual de la zona de estudio, de una estación con periodo de funcionamiento mayor a 30 años, además se recomienda la aplicación de la prueba de homogeneidad para verificar la calidad de los datos. En México dicha información puede ser obtenida a través de bases de datos meteorológicas como ERIC o CLICOM.

## Ejemplo.

En este caso la información fue obtenida de Clicom 2010 de la estación 16081 Morelia que cuenta con datos continuos desde 1948 hasta 2009.

El cálculo de SPI aquí desarrollado, hace referencia a SPI-12 de Diciembre de 2009, que comprende el periodo a Enero a Diciembre de 2009. Los datos de precipitación obtenidos de los periodos Enero-Diciembre de 1948 a 2009 son los siguientes:

1	513.5	16	692.2	31	786.6	46	895.1	61	1114.6
2	518.6	17	694.8	32	789.4	47	907	62	1151.6
3	521.8	18	700.1	33	805.7	48	914.2		
4	544.1	19	700.6	34	810.9	49	918.5		
5	545.9	20	710.2	35	811.8	50	925.5		
6	556.9	21	711.8	36	828.4	51	932		
7	557.5	22	713.2	37	838.6	52	936.6		
8	565.8	23	713.6	38	844.5	53	939.3		
9	578.3	24	720.7	39	845.3	54	961.4		
10	580.8	25	724.9	40	846.7	55	971.4		
11	581.5	26	730.8	41	848	56	988.4		
12	584	27	732.8	42	859.3	57	1020.5		
13	601.2	28	745.9	43	870.1	58	1027.9		
14	639.5	29	756.8	44	884.4	59	1053.1		
15	661	30	758.4	45	894	60	1060		

En la tabla se muestra la suma de periodos de 12 meses (enero-diciembre) que en registros de la estación equivalen a 62 años de información.

Estos datos se ordenaron de menor a mayor con dos intenciones. La primera es para establecer los rangos de precipitación que serán utilizados, este caso se establecieron intervalos de 100 mm que van desde 500mm hasta 1 200mm. La segunda responde a la necesidad de identificar el número de registros de cada periodo que están dentro de cada rango, en este caso como se muestra en la

tabla el rango 500 mm- 600 mm contiene 12 registros, y el rango 1 100mm -1 200mm incluye 2.

Todo ello con la finalidad de construir una tabla de frecuencias de los eventos de precipitación como la siguiente:

Tabla 2

Rango	F. Real	F. Relativa	Acumulada
500-600	12	0.19	0.19
600-700	5	0.08	0.27
700-800	15	0.24	0.52
800-900	14	0.23	0.74
900-1000	10	0.16	0.90
1000-1100	4	0.06	0.97
1100-1200	2	0.03	1.00
	62	1.00	100%

La tabla 2 incluye los 7 rangos de valores, la frecuencia real con la que se presentan estos; la frecuencia relativa de los mismos, es decir la proporción que cada conjunto de registros representa del valor total de los mismo la cual se calculó con la siguiente formula: Frecuencia Real/# Total de registros (Para el rango 500-6000,  $12/62 = 0.19$  ) y así para cada una de los rangos y la cuarta columna es la suma de cada frecuencia relativa más el valor anterior ( para el rango 600-700, es la suma de  $0.19 + 0.08 = 0.27$ ).

Para graficar los valores se recomienda manejar porcentajes por lo tanto se multiplica por cien cada valor del acumulado.

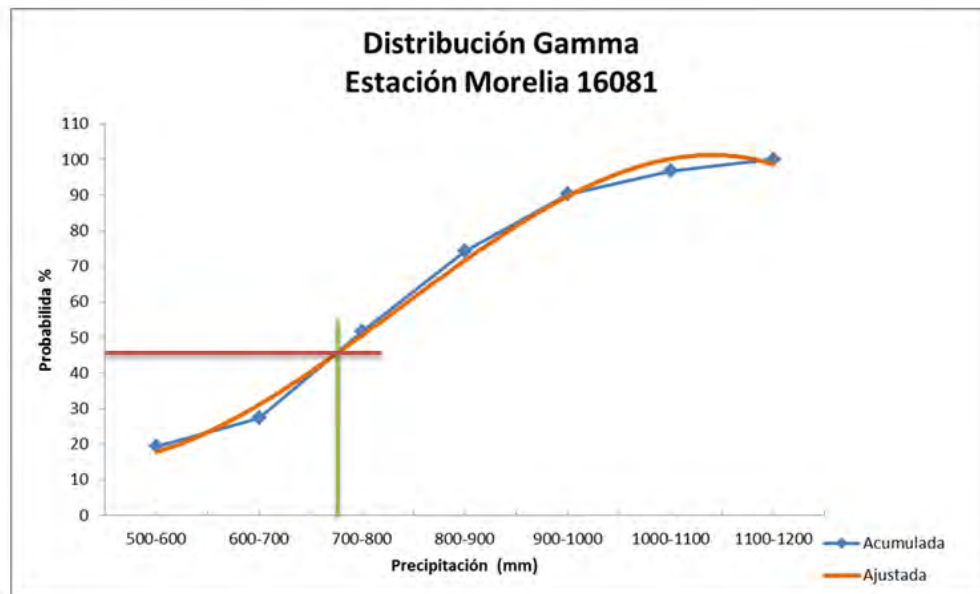
Tabla 3

Rango	Acumulada
500-600	19
600-700	27
700-800	52
800-900	74
900-1000	90
1000-1100	97
1100-1200	100

En un programa de hojas de cálculo como Microsoft Excel se procede a construir una gráfica de línea con los datos de la tabla tres, que representa la distribución tipo gamma de los datos. Es importante mencionar que posteriormente a la construcción del gráfico, se procedió a hacer un ajuste en las opciones de línea de tendencia con el tipo de tendencia polinómica de orden 3 que aparece como la ajustada.

Posteriormente con el valor del periodo de enero-diciembre de 2009, que en este caso fue de 720.7 mm se traza una línea perpendicular al eje de las abscisas y desde el punto que corta con la línea ajusta se traza una línea perpendicular al eje de las ordenadas, como se muestra en el gráfico. Y el lugar donde corta al eje de las ordenadas es el valor de probabilidad de ocurrencia del evento.

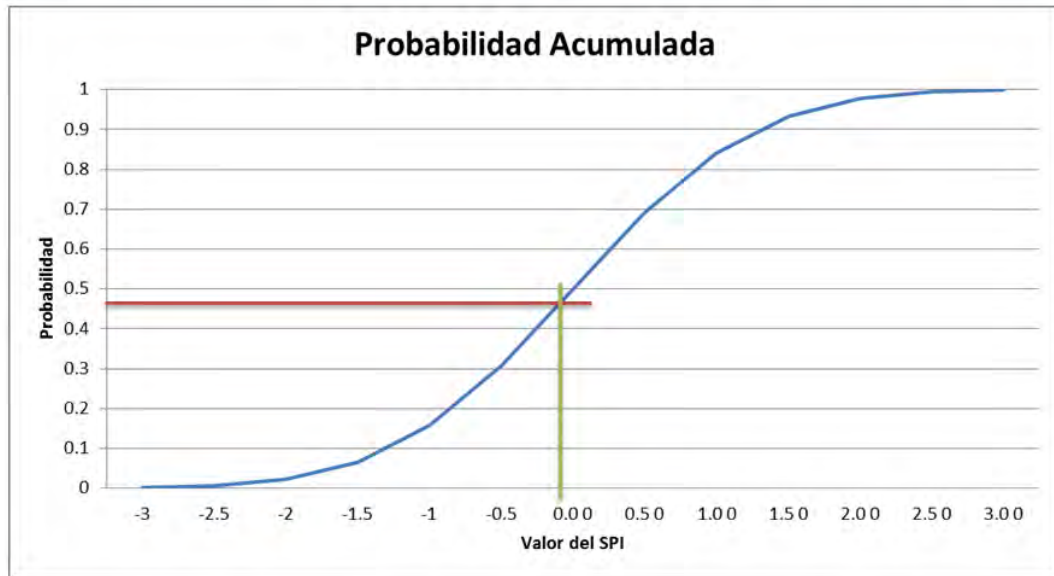
Gráfico 1



Y finalmente para conocer el SPI se ingresa el valor obtenido anteriormente de 46% que equivale a 4.6 en la tabla de probabilidad acumulada. Pero en esta ocasión se comienza con una línea perpendicular al eje de las ordenadas que en este caso parte de 4.6 y donde corta a la línea de probabilidad acumulada se traza otra línea perpendicular con dirección al eje de las abscisas y el lugar donde corta

representa el valor de SPI que en este caso fue ligeramente inferior a 0. Posteriormente se contrasta esta cifra con las tablas preestablecidas para valores de SPI.


























Gráfico 2



Este es un método manual para el cálculo del SPI, pero existen programas de PC que realizan este tipo de cálculos de forma más rápida y precisa, como el SPi-SL-6 contruido y proporcionado por The National Droughth Mitigation Center de Estados Unidos.

Se puede también realizar SPI para 1, 3, 6, 9, y 12 meses a partir de datos disponibles en internet como es la página del International Research Institute (IRI), en donde se tiene las siguientes bases de datos

<http://iridl.ldeo.columbia.edu/SOURCES/.IRI/.Analyses/.SPI/>

	SPI- CAMSOP1	SPI- CMAP0407v1	SPI- GPCPv2OP1	SPI- TS2p1	SPI- UEA
1-Month					
12- Month					
3-Month					
6-Month					
9-Month					

Se deberá seleccionar el periodo de tiempo dependiendo del objetivo, por ejemplo si se quiere analizar las sequías históricas, se puede trabajar con el acumulado anual (SPI-12) y escoger la base con una longitud de datos más amplia.

Para este ejercicio se escogerá la primera base de datos de SPI-6 que va del periodo de Enero de 1979 a la fecha, con estos años se pueden analizar sequías recientes.

Una vez seleccionada la base de datos que se requiera se puede visualizar en cualquiera de los mapas, la región o país que se necesite haciendo zoom y tomando en cuenta los seis meses del periodo acumulado.

Para seleccionar un área o un punto en específico, en Seleccionar Datos se introducen las coordenadas, en este caso fue un punto.

IRI Analyzes SPI-CAMS\_OPI\_6-Month( T | X | Y)

### Data Selection

You can interactively pick out the data you would like with the [Data Viewer](#).  
 You can reduce the amount of data by restricting the range of the grids.  
 The current settings for the grids are:

- grid: T (months since 1960-01-01) ordered (Jan-Jun 1979) to (Apr-Sep 2012) by 1.0 N=400 pts. grid
- grid: X (degree\_east) periodic (1.25E) to (1.25W) by 2.5 N=144 pts. grid
- grid: Y (degree\_north) ordered (38.75S) to (38.75N) by 2.5 N=72 pts. grid

If this is what you want, choose **Stop Selecting**.

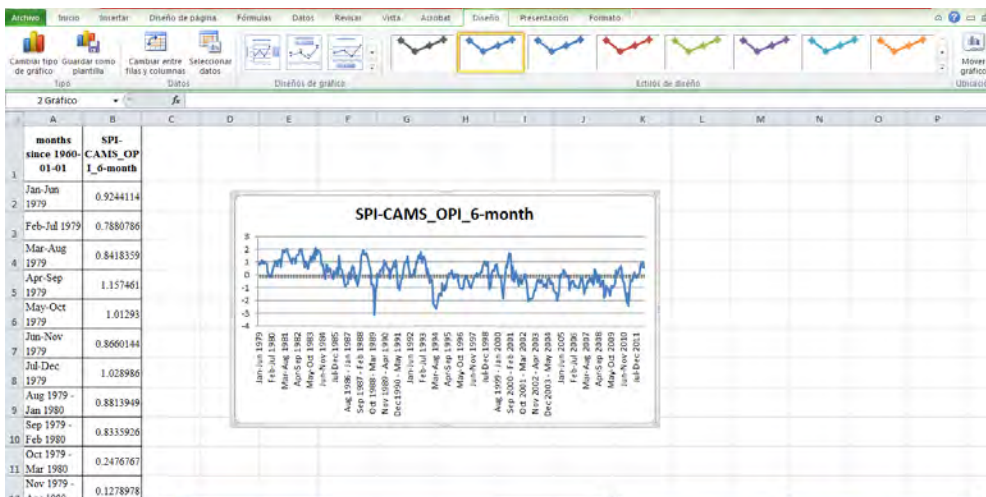
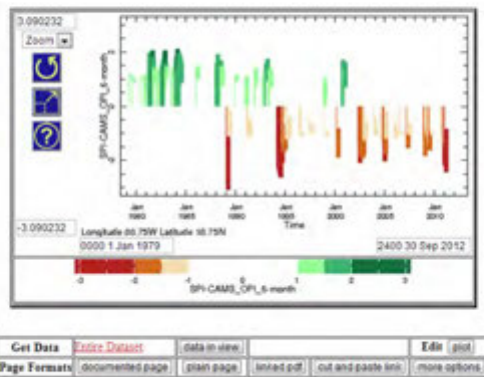
### Setting Ranges

If you want to restrict the range along a grid, choose here:

name	range
T Time	Jan-Jun 1979 to Apr-Sep 2012
X Longitude	09W
Y Latitude	20N

Restrict Ranges

Se restringen rangos e inmediatamente se para la selección y se obtiene 3 distintas gráficas. Se elige la de mayor preferencia y gusto. Estos datos se pueden exportar a Excel, una vez en la gráfica de interés podemos ver los datos en vista, le pedimos que nos muestre las tablas y posteriormente las columnas, esa tabla se copia a un libro de Excel y se le da el formato de preferencia





## Ejercicio Guiado

Calcular el SPI-12 Enero-Diciembre con los siguientes datos:

Datos de precipitación de los periodos Enero-Diciembre de la estación 16 055

1	425.7	16	626.2	31	739.8	46	935.2	61	1154.5
2	441.7	17	629.1	32	751.5	47	954	62	1201.8
3	464	18	644	33	777	48	982.1	63	1213.3
4	496.3	19	655.4	34	796.2	49	994.7	64	1218.5
5	533.1	20	670.7	35	812.2	50	999.1	65	1234.8
6	534.9	21	675.3	36	868.1	51	1008.5	66	1236.6
7	538.3	22	686.7	37	869.3	52	1018.9	67	1265.2
8	550.3	23	697.1	38	882.6	53	1023.9	68	1273.9
9	571.2	24	720.1	39	884.9	54	1070.6	69	1279.1
10	593.7	25	721.3	40	888.8	55	1078.3	70	1280.5
11	596.3	26	723.1	41	891.1	56	1081.4	71	1302.8
12	598.9	27	723.8	42	904.9	57	1093.2	72	1310.9
13	601.1	28	728.6	43	912.2	58	1100.61	73	1517.6
14	602.2	29	734.7	44	921.6	59	1115.4		
15	620.4	30	735.4	45	933.1	60	1117.3		

Jesús del Monte, Michoacán del periodo 1936-2008.

La precipitación de la estación 16 055 Jesús del Monte en el periodo enero-diciembre 2008 fue de 1280.5 mm

La precipitación de la estación 16 055 Jesús del Monte en el periodo enero-diciembre 1949 fue de 496.3 mm

La precipitación de la estación 16 055 Jesús del Monte en el periodo enero-diciembre 1986 fue de 882.6 mm

Con esta información se puede calcular el SPI-12 de los años 1949,1986 y 2008. Obtén tus resultados y compáralos entre sí.

## Bibliografía

- ✚ Carbone, M., Piccolo, M (2002). Caracterización de las Sequias en la localidad de Tres Arroyos (1930-1975). Aplicación del Método de Palmer. Papeles de Geografía. Julio-Diciembre No. 36. Murcia, España.
- ✚ Lloyd-Hughes, B. and M. A. Saunders. (2002). A drought climatology for Europe, International Journal of Climatology, 22, 1571-1592.

- ✚ Méndez Pérez, Juan Matías. (2007). Variabilidad y Espacio-Temporal de la Sequia Meteorológica en México: Aspectos Dinámicos. Tesis de Doctorado en Ciencias de la Tierra. Ciudad Universitaria.
- ✚ Núñez, Silvia; Núñez Liliana; Guillermo Podestá; Skansi, María de los Milagros. (2005) El índice estandarizado de precipitación como herramienta para la caracterización y el monitoreo de la sequía: una prueba de concepto. *CONGREGMET IX, 9<sup>th</sup> Argentine Congress of Meteorology, Buenos Aires, Argentina, 3-7 October 2005*
- ✚ Núñez-López, Daniel., Muñoz-Robles, Carlos., Reyes-Gómez, Víctor., Velasco-Velasco, Israel Gadsden-Esparza Héctor. Caracterización de la Sequia a diversas Escalas de Tiempo en Chihuahua, México. (2007) *AGROCIENCIA* Vol.41: 253-262.
- ✚ Rivera del Rio, Roberto., Crespo Pichardo, Guillermo., Arteaga Ramírez, Ramón., Quevedo Nolasco, Abel. Comportamiento Espacial y Temporal de la Sequia en el Estado de Durango, México. *Terra Latinoamericana*, vol. 24 no. 4. 2007. Pp 383-392. Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo, AC. Chapingo, México.
- ✚ Sheffield, J. Wood, E. (2011) Drought. Past Problems and future scenarios. Earthscan, Londres. 202 pp.