

TITULACIÓN INTEGRAL CON EL PRODUCTO

TESIS

ANÁLISIS DE SEQUIAS METEOROLÓGICAS EN EL ORGANISMO DE CUENCA PACIFICO NORTE

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERÍA HIDROLÓGICA

PRESENTA

SANTA CECILIA CAMARGO COTA

DIRECTOR

DRA. NORMA ALICIA MACÍAS RODRÍGUEZ

CODIRECTOR

DR. JOSÉ CARLOS DOURIET CÁRDENAS

SINALOA DE LEYVA, SIN.

JUNIO 2019

ÍNDICE GENERAL	
DEDICATORIAS	7
AGRADECIMIENTOS	8
RESUMEN	9
GLOSARIO.....	10
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	3
2.1. AGUA DULCE EN EL MUNDO	3
2.2. AGUA EN MEXICO	3
2.3. QUE ES UNA CUENCA	4
2.3.1. CARACTERÍSTICAS DE UNA CUENCA	5
2.4. CUENCAS EN MEXICO.....	6
2.4.1. PRINCIPALES CUENCAS EN MEXICO	6
2.4.2. CUENCA DEL RÍO BRAVO.....	6
2.4.3. CUENCA DEL RÍO COLORADO.....	7
2.4.4. CUENCAS DE LOS RÍOS GRIJALVA Y USUMACINTA.....	7
2.4.5. CUENCAS PENINSULARES.....	7
2.4.6. CUENCAS CERRADAS.....	7
2.5. CUENCAS DEL ORGANISMO DE CUENCA PACIFICO NORTE	8
2.5.1. REGIÓN 10, (SINALOA).....	8
2.5.2. LA REGIÓN 11 (PRESIDIO-SAN PEDRO).....	13
2.6. SEQUIA.....	15
2.6.1. COMPONENTES DE UNA SEQUÍA.....	16
2.6.1.1. LA MAGNITUD	16
2.6.1.2. LA DURACIÓN	16

2.6.1.3.	LA FRECUENCIA.....	17
2.6.1.4.	LA VELOCIDAD DE IMPLANTACIÓN.....	17
2.6.1.5.	EL ESPACIAMIENTO TEMPORAL.....	17
2.6.1.6.	LA EXTENSIÓN	17
2.6.1.7.	LA DISPERSIÓN ESPACIAL	17
2.7.	CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE SEQUIAS	17
2.7.1.	SEQUIA METEOROLÓGICA.....	18
2.7.2.	SEQUIA AGRÍCOLA.....	20
2.7.3.	SEQUÍA HIDROLÓGICA	21
2.7.4.	SEQUÍA SOCIOECONÓMICA.....	24
2.7.5.	SEQUÍA ECOLÓGICA	27
2.8.	CAUSAS DE LA SEQUIA.....	27
2.8.1.	CAUSAS DE ORIGEN NATURAL	27
2.8.2.	CAUSAS DE ORIGEN ANTROPOGÉNICO	28
2.9.	EFFECTOS DE LA SEQUIA	29
2.10.	SISTEMA DE MONITOREO Y EVALUACIÓN DE SEQUIAS	30
2.10.1.	SISTEMA OPERATIVO DE SEQUIAS (SOS)	30
2.10.1.1.	ÍNDICE DE SEQUÍA DE PALMER (PDSI).....	31
2.10.1.2.	ÍNDICE ESTANDARIZADO DE PRECIPITACIÓN (SPI)	32
III.	JUSTIFICACION	34
IV.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	35
V.	HIPOTESIS.....	36
VI.	OBJETIVOS	37
6.1.	OBJETIVO GENERAL	37
6.2.	OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	37

VII. MATERIALES Y METODOS.....	38
7.1 SELECCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO.....	38
7.2. MATERIALES Y METODOS.....	39
VIII. RESULTADOS.....	40
8.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS SEQUIAS EN EL ORGANISMO DE CUENCA PACIFICO NORTE (OCPN).....	40
8.1.1 SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS CLIMATOLOGICAS.....	40
8.2. MONITOREO Y EVALUACION DE SEQUIAS METEOROLOGICAS EN EL ORGANISMO DE CUENCA PACIFICO NORTE	43
8.2.1. ÍNDICE DE PALMER MENSUAL (PSDI).	43
8.2.2. Índice Estandarizado de Precipitación (SPI).....	45
VII. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	50
VIII. CONCLUSIONES.....	52
IX. RECOMENDACIONES	53
X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	54

ÍNDICE DE FIGURA

Figura 1. Principales ríos en México	4
Figura 2. Partes de una cuenca (Ordoñez 2011).	6
Figura 3. Desfase temporal en la propagación de anomalías pluviométricas en los niveles del ciclo hidrológico.	22
Figura 4. Variabilidad natural del clima (Douriet, 2017).	26
Figura 5. Sistema Operativo de sequias (SOS).	30
Figura 6. Referencias (PDSI).	31
Figura 7. Referencias SPI	33
Figura 8. Localización del Organismo de Cuenca Pacífico Norte (OCPN) (Douriet 2017).	38
Figura 9. Índice Palmer Mensual (PDSI), enero - junio 2018.	44
Figura 10. Índice Palmer Mensual (PDSI), julio - diciembre 2018.	45
Figura 11. Índice estandarizado de precipitación (SPI3) enero – junio del Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN) 2018.	47
Figura 12. Índice estandarizado de precipitación (SPI3), julio - diciembre del Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN) 2018.	47
Figura 13. Índice estandarizado de precipitación (SPI6), enero - junio del Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN) 2018.	49
Figura 14. Índice estandarizado de precipitación (SPI6), julio – diciembre del Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN) 2018.	49

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Componentes de una cuenca (Ordoñez 2011).....	5
Tabla 4. Método de cuantificación de Sequia hidrológica (Valiente, 2001).	23
Tabla 5. Índices de sequía y programas utilizados de estimación.....	39
Tabla 6. Estaciones meteorológicas y climatológicas.	41
Tabla 7. Cuencas del Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN).....	42

DEDICATORIAS

Mi tesis la dedico con todo mi amor y cariño a ti Dios que me diste la oportunidad de vivir de regalarme una familia maravillosa, con mucho cariño principalmente a mis padres que me dieron la vida y han estado conmigo en todo momento. Gracias por todo papá y mamá por darme una carrera para mi futuro y por creer en mí, aunque hemos pasado momentos difíciles siempre han estado apoyándome y brindándome todo su amor, por todo esto les agradezco de todo de corazón el que estén conmigo a mi lado. Los quiero con todo mi corazón y este trabajo que me llevo meses en hacerlo es para ustedes, por ser su única hija mujer aquí esta lo que ustedes me brindaron, solamente les estoy devolviendo lo que ustedes me dieron de un principio.

A mis hermanos Ing. Carlos Jovani Camargo, Adbeel Armando Camargo Cota, Kevin Gael Camargo Cota, porque siempre he contado con ustedes para todo, gracias a la confianza que siempre nos hemos tenido; por el apoyo y amistad ¡Gracias!

A mis maestros, gracias por su tiempo, por su apoyo así como por la sabiduría que me transmitieron en el desarrollo de mi formación profesional, en especial: ala Dra. Norma Alicia Macías Rodríguez por haberme guiado en el desarrollo de este trabajo y llegar a la culminación del mismo, al Ing. Osvaldo Félix Beltrán por su apoyo ofrecido en los momentos difíciles en este trabajo; por su tiempo compartido y por impulsar el desarrollo de mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí y convertirme en lo que soy. Ha sido un orgullo y privilegio de ser su hija son los mejores padres.

A mis hermanos por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de mi vida.

A los docentes del Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión.

A la empresa Conagua (Organismo De Cuenca De Pacifico). Por abrirme las puertas y creer en mí, dándome la oportunidad de realizar mis prácticas profesionales.

Al Dr. José Carlos Douriet Cárdenas, gracias por darme la oportunidad de ser parte de su equipo de trabajo, sobre todo por confiar en mí, y siempre apoyarme en toda mi estancia, por guiarme y orientarme en la realización de actividades las cuales ayudan a mi formación profesional.

A la Dra. Norma Alicia Macías Rodríguez, gracias por su valiosa amistad, por cada momento dedicado para aclarar cualquier tipo de duda que me surgiera, gracias por siempre estar ahí para cuando la necesite, por darme consejos, por los regaños, gracias por haber elegido ser maestra, y más gracias por haber aceptado ser mi asesora.

A Osbaldo Félix Beltrán, por cada detalle y momento dedicado para aclarar cualquier tipo de duda que me surgiera, agradecerle por la caridad y exactitud con la que enseñó cada clase, discurso y lección. Gracias a mi maestro por haber elegido ser maestro, gracias a mi maestro por haberme enseñado tan bien y por haberme apoyado a lograr el anhelo más deseado.

RESUMEN

La sequía es un fenómeno climático recurrente que se presenta en cualquier parte del mundo, caracterizado por una reducción en la precipitación pluvial con respecto a la considerada como normal, que no presenta epicentro ni trayectorias definidas (Gausin, 2014), (Douriet, 2010), (Ravelo 2008). Las sequías afectan a la humanidad desde tiempos inmemoriales, provocando hambruna, daños ambientales, económicos y sociales y en ocasiones hasta la muerte. El Organismo de Cuenca Pacífico Norte (OCPN); Se localiza en el noroeste de la República Mexicana, comprende la totalidad del estado de Sinaloa, y parte de los estados de Sonora, Chihuahua, Durango, Nayarit y Zacatecas. Para su monitoreo, evaluación, de las sequias en coordinación con CONAGUA Central y la Organización Meteorológica Mundial (OMM), crearon In Situ el Sistema Operativo de Sequías (SOS), implementándolo para el período 2009-2018. Genera automáticamente, los índices de Sequía de Palmer (PDSI), el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI), que permiten detectar y evaluar condiciones de sequías o excesos de humedad a nivel regional, provincial y nacional (Marrone, 2017). El objetivo de analizar las sequias Meteorológicas en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN) durante el 2018. Para la estimación de los índices de sequias, se obtuvieron datos de 49 estaciones meteorológicas y climatológicas; generando mapas mensuales a diferentes escalas de tiempo, desde 1 a 24 meses. Lo anterior permitió la caracterización monitoreo y evaluación de escenarios de sequía en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN) para el año 2018; las principales características analizadas fueron: duración, severidad, intensidad y extensión. Los resultados del análisis temporal y espacial de la sequía en las cuencas, indican la presencia de sequías meteorológicas, pero con diferentes duraciones, severidades e intensidades. Y nuestra conclusión establece de acuerdo con la hipótesis que La implementación del sistema operativo de sequias (SOS) facilita el análisis de las sequías meteorológicas en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN).

GLOSARIO

Agua: sustancia líquida desprovista de olor, sabor y color, que existe en un estado más o menos puro en la naturaleza, y cubre un porcentaje importante de (71%) de la superficie del planeta tierra.

Cuenca: es un territorio en el que sus aguas llegan a un río mayor, un lago o un mar, se filtran o se evaporan. Una cuenca también es un valle o una zona hundido y rodeada de montañas.

Subcuenca: Conjunto de microcuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente.

Microcuencas: Una microcuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una Subcuenca; es decir, que una Subcuenca está dividida en varias microcuencas.

Quebradas: Es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una microcuenca.

Cuenca alta: Corresponde generalmente a las áreas montañosas o cabeceras de los cerros, limitadas en su parte superior por las divisorias de aguas.

Cuenca media: Donde se juntan las aguas recogidas en las partes altas y en donde el río principal mantiene un cauce definido.

Sequias: La sequía es un fenómeno climático recurrente que se presenta en cualquier parte del mundo, caracterizado por una reducción en la precipitación pluvial con respecto a la considerada como normal, que no presenta epicentro ni trayectorias definidas

Antropogénico: Efectos, resultados o procesos que son consecuencia de acciones humanas.

Fenómeno del Niño: Es un acontecimiento meteorológico, oceánico y atmosférica causado por el cambio en el movimiento de las corrientes marinas definido como parte de un ciclo Oscilación del sur.

Fenómeno de la Niña: se le llama así porque presenta condiciones contrarias al fenómeno del Niño.

Desforestación: es el término que designa a aquel proceso que implica una progresiva reducción de la masa forestal, es decir de los bosques y plantas que están presentes en una zona.

Huracán: Se denomina huracán a un desplazamiento de corrientes de aire de intensidad alta ocasionado por bajas presiones, y un proceso de evaporación en el mar.

Precipitación. La precipitación es cualquier producto de la condensación del vapor de agua atmosférico que se deposita en la superficie de la Tierra.

Intensidad. Es grado o nivel de una fuerza que se aplica sobre un objeto natural o sobre un dispositivo mecánico

Meteorológicos. La meteorología es la ciencia que se encarga de estudiar las propiedades y fenómenos de la atmósfera a corto plazo, en un lugar y tiempo específicos, para predecir el tiempo atmosférico y elaborar un pronóstico atmosférico no mayor de 24 o 48 horas.

Hidrológicos. Se ocupa especialmente de estudiar la distribución espacio temporal y las propiedades de las aguas subterráneas y las continentales.

Geomorfológicos. Tiene como objeto el estudio de las formas de la superficie terrestre enfocado a describir, entender su génesis y entender su actual comportamiento.

Geohidrológicos. Es la rama de la Ciencia que estudia el agua en las rocas y suelos. Su desarrollo ayuda a comprender gran parte de las formaciones acuáticas que conocemos y a identificar sus movimientos y características.

I. INTRODUCCIÓN

El agua a nivel mundial se estima una disponibilidad de agua promedio anual en 1 386 billones de hectómetros cúbicos (Hm³). De ésta, 35 billones de Hm³ son agua dulce (2.5%). Del agua dulce, el 70% no están disponibles por encontrarse en glaciares, nieve, hielo; 10.5 millones de Hm³ se encuentran como agua subterránea, solamente 0.14 billones de Hm³ se encuentran en lagos, ríos, humedad en suelo y aire, humedales y plantas (CONAGUA, 2018). La sequía es un fenómeno climático recurrente que se presenta en cualquier parte del mundo, caracterizado por una reducción en la precipitación pluvial con respecto a la considerada como normal, que no presenta epicentro ni trayectorias definidas. Tiende a extenderse de manera irregular a través del tiempo y del espacio, y provoca que el agua disponible sea insuficiente para satisfacer las distintas necesidades humanas y de los ecosistemas (Douriet, 2017), (Gausin, 2014), (Ravelo, 2012), (Velasco, 2000).

Desde tiempos inmemoriales, la sequía ha sido una amenaza para la supervivencia de la humanidad. Con frecuencia ha sido la causa de migraciones masivas, hambrunas y guerras, e incluso ha llegado a alterar el curso de la historia misma. Hoy en día, la sequía sigue afectando a la población mundial de diferentes maneras, y se considera como el fenómeno natural que afecta a más personas que cualquier otro desastre natural en el planeta. Detectaron más de 150 definiciones de este tipo, categorizándolas en cuatro grupos según la disciplina científica desde la que se ha analizado en fenómeno: sequía meteorológica, sequía hidrológica, sequía agrícola y sequía socioeconómica (Glanzt, 1954). Desde el punto de vista antropológico, que es el que determina que un evento extremo de la naturaleza de los episodios de escasez pluviométrica se convierta en riesgo natural (Rasmussen, 1987). Definen siete parámetros para caracterizar la sequía: uno independiente (magnitud), cuatro temporales (duración, frecuencia, velocidad de implantación y espaciamiento temporal) y dos espaciales (extensión

y dispersión temporal. Existen clasificaciones más simples, como la de (Sudene, 1999), que prescinde el tipo meteorológico y divide las sequías en hidrológicas, agrícolas y efectivas (estos últimos equivalentes a socioeconómicas), y más detalladas, como la de (Subrahmanyam 1967), que distingue hasta seis tipos de sequía: meteorológica, climática, atmosférica, agrícola, hidrológica y de gestión. Para su monitoreo, evaluación y pronóstico el Organismo de Cuenca Pacífico Norte (OCPN), en coordinación con CONAGUA Central y la Organización Meteorológica Mundial (OMM), crearon In Situ el Sistema Operativo de Sequías (SOS), (Ravelo 2007, 2009, 2010, 2011, 2012), implementándolo para el período 2009-2018 (boletines CONAGUA 2009-2017). El Sistema Operativo de Sequías (SOS) genera mensualmente los índices de severidad Sequía de Palmer (PDSI), el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI), que permiten detectar y evaluar condiciones de sequías o excesos de humedad a nivel regional Organismo de Cuenca Pacífico Norte (OCPN), provincial y nacional (Ravelo 2009). El motivo de este trabajo es la implementación y operación del Sistema Operativo de Sequías (SOS) para el monitoreo, evaluación y pronóstico sequías, así como el análisis de resultados para el año 2018. Para la estimación de los índices de sequías, se obtuvieron datos de 49 estaciones meteorológicas y climatológicas del Organismo de Cuenca Pacífico Norte (OCPN), generando mediante mapas mensuales de los índices de sequía a diferentes escalas de tiempo, desde 1 mes hasta 24 meses en el caso del SPI. Lo anterior, permitió la caracterización, monitoreo, evaluación y pronóstico de escenarios por sequía en el año 2018; las principales características analizadas fueron: duración, severidad, intensidad y extensión. Los resultados del análisis temporal y espacial de la sequía en las cuencas del Organismo de Cuenca Pacífico Norte (OCPN), correspondientes al período analizado, indican la presencia de sequías meteorológicas, pero con diferentes duraciones, severidades e intensidades.

II. MARCO TEÓRICO

2.1. AGUA DULCE EN EL MUNDO

El agua a nivel mundial se estima una disponibilidad de agua promedio anual en 1 386 billones de hectómetros cúbicos (Hm³). De ésta, 35 billones de Hm³ son agua dulce (2.5%). Del agua dulce, el 70% no están disponibles por encontrarse en glaciares, nieve, hielo; 10.5 millones de Hm³ se encuentran como agua subterránea, solamente 0.14 billones de Hm³ se encuentran en lagos, ríos, humedad en suelo y aire, humedales y plantas (CONAGUA, 2018)

2.2. AGUA EN MEXICO

México cuenta con 39 ríos y dispone aproximadamente del 0.1% del total de agua dulce disponible a nivel mundial, correspondiente a las aguas superficiales, lo que determina que un porcentaje importante del territorio esté catalogado como zona semidesértica (CONAGUA, 2015).

En los ríos del país escurren aproximadamente 400 km³ de agua anualmente, incluyendo las importaciones de otros países y excluyendo las exportaciones. Aproximadamente, el 87% de este escurrimiento se presenta en los 39 ríos principales que se indican a continuación y cuyas cuencas ocupan el 58% de la extensión territorial continental; En la figura 1 se muestra los ríos principales en México y el orden que llevan. (CONAGUA-SEMARNAT, 2014)



Figura 1. Principales ríos en México. (CONAGUA-SEMARNAT, 2014)

2.3. QUE ES UNA CUENCA

Las cuencas son espacios territoriales delimitados por un parteaguas (partes más altas de un espacio definido) donde se concentran todos los escurrimientos (arroyos y/o ríos) que confluyen y desembocan en un punto común llamado también punto de salida de la cuenca, que puede ser un lago (formando una cuenca denominada endorreica) o el mar (llamada cuenca exorreica). En estos territorios hay una interrelación e interdependencia espacial y temporal entre el medio biofísico (suelo, ecosistemas acuáticos y terrestres, cultivos, agua, biodiversidad, estructura geomorfológica y geológica), los modos de apropiación (tecnología y/o mercados) y las instituciones (organización social, cultura, reglas y/o leyes), (SEMARNAT, 2013).

2.3.1. CARACTERÍSTICAS DE UNA CUENCA

Cuenca es un Sistema integrado por varias subcuencas o microcuencas, quebradas, cuenca alta, cuenca media, y cuenca baja.

La tabla 1 y figura 2, describe a la subcuencas, como un conjunto de microcuencas que drenan a un solo caudal fluctuante, pero permanente; una microcuenca; es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una subcuenca, por lo tanto la subcuenca está dividida en varias microcuencas; una quebrada; Es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una microcuenca; Cuenca alta; Corresponde generalmente a las áreas montañosas o cabeceras de los cerros, limitadas en su parte superior por las divisorias de aguas; Cuenca media; Donde se juntan las aguas recogidas en las partes altas y en donde el río principal mantiene un cauce definido; Cuenca baja o zonas transicionales; Donde el río desemboca a ríos mayores o a zonas bajas tales como estuarios y humedales (Ordoñez 2011).

Tabla 1. Componentes de una cuenca (Ordoñez 2011).

Componentes de una cuenca	Definición
subcuenca	Conjunto de microcuencas que drenan a un solo cauce con caudal fluctuante pero permanente.
Microcuencas	Una micro cuenca es toda área en la que su drenaje va a dar al cauce principal de una Subcuenca; es decir, que una Subcuenca está dividida en varias microcuencas.
Quebradas	Es toda área que desarrolla su drenaje directamente a la corriente principal de una microcuenca.
Cuenca alta	Corresponde generalmente a las áreas montañosas o cabeceras de los cerros, limitadas en su parte superior por las divisorias de aguas.
Cuenca media	Donde se juntan las aguas recogidas en las partes altas y en donde el río principal mantiene un cauce definido
Cuenca baja o zonas transicionales	Donde el río desemboca a ríos mayores o a zonas bajas tales como estuarios y humedales.



Figura 2. Partes de una cuenca (Ordoñez 2011).

2.4. CUENCAS EN MEXICO

2.4.1. PRINCIPALES CUENCAS EN MEXICO

Las principales cuencas hidrográficas de México son las descritas a continuación:

2.4.2. CUENCA DEL RÍO BRAVO.

Cuenta con más de 457 mil km² y 51% de su territorio se encuentra en Estados Unidos de Norteamérica y 49% en territorio mexicano. El cauce principal sirve de límite fronterizo entre México y Estados Unidos, que abarca más de 2 000 km. En la parte mexicana de la cuenca residen poco más de 8 millones de personas y es una zona de gran crecimiento demográfico (7% anual), por lo que la administración eficaz de los recursos hídricos constituye uno de los grandes desafíos. En los últimos 10 años se ha presentado una prolongada sequía que ha dificultado cumplir compromisos establecidos desde 1944 entre México y Estados Unidos, cuando se suscribió el Tratado de Límites y Aguas. Por ello, en los últimos años ha habido fuertes diferencias entre los dos países, y para resolverlas se ha buscado la eficiencia en los usos actuales del agua y la modernización y tecnificación de las áreas de riego; asimismo, se ha reglamentado la distribución de las aguas superficiales de la parte mexicana de la cuenca (Gaona, 2006).

2.4.3. CUENCA DEL RÍO COLORADO.

Se encuentra entre México y Estados Unidos: más de 99% de la cuenca está en Estados Unidos y sólo 1% en México. Esto ocasiona que México resienta los efectos del manejo del agua y de la cuenca que se hace en el vecino país. Una de las preocupaciones más importantes es la disminución de los caudales del río y su repercusión en la ecología de la zona del delta que se encuentra en el extremo norte del Golfo de California (Gaona, 2006).

2.4.4. CUENCAS DE LOS RÍOS GRIJALVA Y USUMACINTA.

En el sur, México colinda con Guatemala y Belice, y a través de estos países se vincula con la región centroamericana. En esta zona se localizan los ríos Grijalva y Usumacinta, que son los más caudalosos de México y proporcionan la mayor parte de la energía hidroeléctrica del país (Gaona, 2006).

2.4.5. CUENCAS PENINSULARES.

En las penínsulas de Baja California y de Yucatán se depende de las aguas subterráneas. En Baja California el clima es semidesértico y las precipitaciones son muy escasas la mayor parte del año, por lo que prácticamente no hay corrientes superficiales permanentes. La península de Yucatán está formada por un macro acuífero regional y por las características del suelo, los escurrimientos se infiltran rápidamente. Su clima es semitropical y el terreno es de lomeríos muy suaves (Gaona, 2006).

2.4.6. CUENCAS CERRADAS.

Una parte del territorio mexicano está ocupado por cuencas endorreicas o cerradas. La cuenca de México hasta el siglo pasado era una cuenca cerrada y en la actualidad drena artificialmente parte de sus aguas hacia el Golfo de México a través de la cuenca del río Pánuco. Para satisfacer las necesidades de agua que demanda la zona metropolitana de la ciudad de México, en la que residen 19

millones 600 mil personas según datos del censo del año 2000, la cuenca se conecta con las cuencas de los ríos Lerma y Balsas, que le transfieren parte de sus disponibilidades. En el norte centro se encuentran las cuencas de los ríos Nazas y Agua naval y las del Altiplano. Se trata de una zona semidesértica que alberga importantes ciudades como San Luis Potosí, Saltillo y Torreón, centros de desarrollo agropecuario e industrial (Gaona, 2006).

2.5. CUENCAS DEL ORGANISMO DE CUENCA PACIFICO NORTE

El Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN), se delimita en dos regiones hidrológicas; La región 10 (Sinaloa) y 11 San (Pedro), formando la vertiente occidental. Siendo la de mayor importancia para el estado Sinaloa (INEGI, 1995).

2.5.1. REGIÓN 10, (SINALOA)

Siendo la de mayor importancia para el estado Sinaloa se localizada al noroeste del país, misma que abarca los estados de Durango, Chihuahua y Sonora, que en ella queda incluidas todas las corrientes que descargan en el Océano Pacífico, desde los 23° 25' hasta 25° 48' Latitud Norte; dentro del estado de Sinaloa las corrientes principales corresponden a los ríos: Quelite, Piaxtla, Elota, San Lorenzo, Culiacán, Tamazula, Humuya, Mocerito, Sinaloa y Fuerte, entre otros. Presentan una dirección en términos generales de noreste a suroeste hasta desembocar al Océano Pacífico, o en el Golfo de California. Dichas corrientes se originan en el flanco oeste de la Sierra Madre Occidental o bien en las estribaciones de dicho flanco (INEGI, 1995).

Esta región abarca una superficie de 102,922.18 km². Por lo que se sitúa en el sexto lugar, atendiendo a la extensión de las demás regiones hidrológicas del país. En el estado de Sinaloa se encuentra su porcentaje mayoritario y corresponde al 46.17% (48079.15 km²), incluye a las cuencas descritas a continuación;

2.5.1.1. CUENCA DEL RÍO FUERTE (G)

Es la cuenca más importante de la región hidrológica 10, tanto por su extensión como por los escurrimientos que en ella se generan; abarca una área total de 33835.85 km²., de los cuales 6719.14 km²., pertenecen al estado de Sinaloa y su precipitación media anual es de 654.80 mm, Su geometría que presenta es de forma arqueada con orientación sureste-noroeste en su parte inicial y en el cierre presenta forma alargada con orientación al suroeste. La corriente superficial más importante de la cuenca es el río Fuerte. Este colector empieza a recibir su nombre, después de la confluencia de barrios San Miguel y Batopilas a 1.5 km., al norte del poblado de San Ignacio, en el estado de Chihuahua, hasta desembocar en el Golfo de California, su curso cubre una distancia de 310 km., con una pendiente media de 0.13%; sus afluentes principales son los ríos Urique, Septentrión y Chinipas, por la margen derecha teniendo la unión en la localidad de Huites, donde se desvía su curso hacia el sur y posteriormente recibir por la margen izquierda al río Choix, para aportar enseguida sus aguas a la presa Miguel Hidalgo, el río continúa su curso con dirección suroeste, sumándose otros afluentes importantes como es el caso del arroyo Baraten por la izquierda y posteriormente el arroyo Álamos por la margen derecha, en el cual se encuentra la presa Josefa Ortiz de Domínguez poco antes de su confluencia (INEGI, 1995).

2.5.1.2. CUENCA ESTERO BOCOREHUIS (H)

Se encuentra en el noroeste de Sinaloa entre los límites con Sonora y al noroeste de la región hidrológica 10, con una superficie total de 3769.36 km², dentro de la entidad esta cuenca tiene una extensión de 1897.76 km², con una precipitación total anual promedio de 346.09 mm, y una pendiente general baja. Los rasgos hidrográficos dentro del estado están constituidos por una gran cantidad de arroyos de corta trayectoria y pequeños cauces que se pierden antes de desembocar al Golfo de California (INEGI, 1995).

2.5.1.3. CUENCA BAHÍA LECHUGUILLA OHUIRA-NAVACHISTE (F)

Con una superficie de 4038.37 km² localizada al noroeste de la región hidrológica 10 y al noroeste del estado de Sinaloa, con una precipitación total anual promedio estimada de 330.136 mm y con una pendiente general baja, posee forma triangular, se encuentra limitada en la parte norte-noroeste por la cuenca del río Fuerte, hacia la parte oriental por la cuenca del río Sinaloa, de la misma región hidrológica y por la porción suroeste por el Golfo de California. En esta cuenca se originan varios escurrimientos de longitud restringida y de poca importancia que derivan su caudal hacia la cuenca Bahía Lechuguilla-Ohuira-Navachiste (F). En esta cuenca no se encuentra ninguna estación hidrométrica y la infraestructura hidráulica se restringe a la red de canales y drenes para irrigación, que en algunos casos drenan hacia cuerpos de agua interiores como la Laguna de Jupabampo. En gran parte de la cuenca se encuentran asentados los distritos de riego 075, río Fuerte y el 063, Guasave pertenecientes a los distritos de Ahorne y Guasave (INEGI, 1995).

2.5.1.4 CUENCA DEL RÍO SINALOA (E)

Posee una superficie total de 12499.74 km² de los cuales 8280.12 km², se encuentran dentro del estado de Sinaloa; existe en esta porción de la cuenca una precipitación media anual de 799.37 mm, una pendiente general que varía de alta a media a excepción de la zona de planicie donde se considera baja; la geometría de esta área asemeja una escuadra; la corriente superficial de mayor importancia es el río Sinaloa, que tiene su origen en la Sierra Madre Occidental dentro del estado de Chihuahua. Su curso es sinuoso y después de atravesar el estado de Sinaloa desemboca en el Golfo de California con el nombre de río Sinaloa; este río nace al sur de la población de Guadalupe y Calvo (INEGI, 1995).

2.5.1.5. CUENCA DEL RÍO MOCORITO (D)

Se localiza en la parte central de la entidad, abarca un área de 7171.47 km² con una ocurrencia de precipitación media anual de 626.90 mm, y una pendiente general baja. El río Mocorito representa la corriente principal de esta cuenca, tiene su origen a 7 km, al noroeste del poblado El Terrero, en el cerro San Pedro en Sinaloa con una altura 1950 m.s.n.m., recorre 180 km., desde su inicio hasta su desembocadura, presentando una pendiente media de 1.77% con dirección preferencial noreste- suroeste. En su nacimiento se le conoce como río Évora y fluye con una dirección suroeste hasta el poblado de Mocorito, teniendo varios afluentes en este tramo, como lo es el arroyo Grande, arroyo Los Chinos y otros de menor importancia por su margen izquierda. Posteriormente cambia su rumbo hacia el oeste, teniendo conexión con el arroyo El Mezquite por la margen derecha, aguas abajo del poblado de Mocorito. Las aguas pertenecientes a esta corriente son retenidas en la presa Eustaquio Buelna; de ahí el río cambia su curso hacia el suroeste hasta su desembocadura con el Golfo de California (INEGI, 1995).

2.5.1.6. CUENCA DEL RÍO CULIACÁN (C)

Después de la cuenca del río Fuerte, esta cuenca ocupa el segundo lugar en cuanto a tamaño de área drenada, dentro de las que constituyen la región hidrológica 10, su forma asemeja un cuadrilátero irregular que colinda al norte con las cuencas de los ríos Sinaloa y Fuerte; por el este con la región hidrológica número 36 (Cuenca del río Nazas); por el sur con la cuenca del río San Lorenzo al occidente con las cuencas de varios ríos menores. Tiene un área de 19150.49 km², de los cuales 9143.49 km², pertenecen al estado de Sinaloa. En esta porción se ha determinado una precipitación media de 706.65 mm, la corriente principal de esta cuenca es el río Culiacán, el cual es conformado por dos grandes ríos que son; río Humuya y Tamazula, que se unen en la ciudad de Culiacán, hasta su desemboque en el Golfo de California con un recorrido de 82.8 km., y una pendiente media de 0.05% y una dirección general de este-oeste teniendo una

ligera desviación al sureste en el poblado de Bachimeto hasta la localidad El Realito, en donde cambia su curso al suroeste hasta desembocar en el estero del Pabellón (INEGI, 1995).

2.5.1.7. CUENCA RÍO SAN LORENZO (B)

Con una superficie de 12,012.84 km², de los cuales 4121.25 km², Pertenece al estado de Sinaloa; esta parte de la cuenca posee una precipitación media anual de 636.20 mm, y una pendiente general de media a baja. Su forma es alargada, y se encuentra limitado en la parte norte por la cuenca del Río Culiacán; al sur por los Ríos Elota y Piaxtla; en el noreste-este por la cuenca del río Nazas y hacia el oeste por el Océano Pacífico, la corriente principal es el río San Lorenzo, que tiene su origen en la unión de los ríos remedios y San Juan de Camarones, misma que se lleva a cabo entre los cerros Espinazo del Diablo y el cordón el Bledal a 5 km., aguas arriba del rancho Igualamo en el estado de Durango, presenta una dirección al suroeste a lo largo de un cauce sinuoso haciendo un recorrido total de 158 km., hasta desembocar en el Océano Pacífico con una pendiente general de 0.25%. Durante su recorrido tanto por la margen izquierda como derecha son de poca importancia, antes de su desembocadura en el Océano Pacífico sus aguas retenidas en la presa José López Portillo a 46 km (INEGI, 1995).

2.5.1.8. CUENCA RÍO PIAXTLA-RÍO ELOTA-RÍO QUELITE (A)

Se ubica en la porción sureste de Sinaloa y al suroeste de la región hidrológica 36, tiene una superficie total de 10444.10 km², de los cuales 6707.63 km², pertenecen a la entidad de Sinaloa la precipitación media anual de esta porción de la cuenca es de 815.93 mm; la pendiente fluctúa de moderada a baja; los rasgos hidrológicos más sobresalientes son los ríos Elota, Piaxtla y Quelite. Río Elota nace en el estado de Durango a 4 km. al noreste del rancho las Iglesias, donde hay una ramificación de la Sierra Madre Occidental. Inicia su recorrido con el nombre de río Habitas, en sentido oeste hasta un punto situado a 4 km., aguas abajo del poblado de Santa Ana, de ahí la corriente se interna a Sinaloa y desvía su curso hacia el sur, aguas abajo de la población de Cósala, el río tiene una

dirección hacia el sureste y recibe una afluente izquierda llamado arroyo La Boquilla, cuya unión se encuentra a 5 km., al norte del rancho Las Playitas, a partir de dicha confluencia toma el nombre de río Elota, sigue su rumbo al sur hasta llegar a la presa El Salto y de ahí sigue su curso hacia la localidad de Elota donde cambia su dirección al el suroeste hasta la desembocadura en el Océano Pacífico. Posee una pendiente media de 0.33% y una longitud total de recorrido 90.5 km. desde el sitio donde toma el nombre Elota hasta su desembocadura en el Océano Pacífico (INEGI, 1995).

2.5.2. LA REGIÓN 11 (PRESIDIO-SAN PEDRO)

Está caracterizada por corrientes que descienden de los flancos de la Sierra Madre Occidental y desembocan en el Océano Pacífico, se encuentra ubicada en el noroeste del país, incluye parte de los estados de Nayarit, Durango y Sinaloa, tiene una superficie total de 52,000 km², de los cuales 8425.26 km², pertenecen a Sinaloa, la extensión de esta región dentro de la entidad corresponde a una gran parte de las cuencas de los ríos: Acaponeta, Baluarte y Presidio (INEGI, 1995). Sobresalen en ella las siguientes cuencas:

2.5.2.1. CUENCA RÍO PRESIDIO (D)

Se ubica en la porción sureste del estado en el noroeste de la región hidrológica 11, tiene una superficie total de 7309.47 km² de los cuales 3924.09 km² ., pertenecen a Sinaloa la ocurrencia de precipitación media anual oscila alrededor de 1006.63 mm; su geometría es de forma alargada con orientación hacia el noroeste encontrándose limitada por el norte con la cuenca del río Piaxtla, al sur con la cuenca del río Baluarte, al oriente con la parte alta del río San Pedro y al suroeste con el Océano Pacífico. El río Presidio es la corriente superficial de mayor importancia tiene su inicio al unirse el río Quebrada de La Ventana con el río Altares 1.5 km., al oeste del rancho Agua Caliente en el estado de Durango, haciendo un recorrido total de 125 km. hasta desembocar al Océano Pacífico; posee una pendiente general de 0.30% con dirección preferente hacia el suroeste (INEGI, 1995).

2.5.2.2. CUENCA RÍO BALUARTE (C)

Se localiza en el sureste de Sinaloa y al oeste en la región hidrológica 11; se encuentra rodeada por la cuenca río Presidio por la porción norte y noroeste; la parte noroeste-suroeste por la cuenca del río Acaponeta y al suroeste tiene conexión con el Océano Pacífico; abarca una superficie total de 5169.13 km²., y dentro del estado se hayan 2757.63 km², con precipitación media anual de 1231.36 mm, que escurren poruña pendiente que fluctúa de alta a baja. Los rasgos hidrográficos más sobresalientes son los ríos: Baluarte, Pánuco y Matatán. El río Baluarte tiene su inicio al suroeste del estado de Durango a 22 km., al sur del poblado El Salto, con una pendiente de 1.76 % con direcciones cambiantes en su inicio de noreste a sureste, después adquiere un rumbo noroeste-sureste a 5 km., al noroeste de la localidad El Palmar en Durango hasta el rancho La Negra en Sinaloa, donde tiene ligeros cambios al suroeste hasta la unión por la margen izquierda con el río Matatán (2 km., aguas abajo del poblado de Matatán), ocurriendo una desviación al oeste hasta el enlace con el río Pánuco por la margen derecha, 5 km., aguas abajo de la localidad de Copales, modificando su curso al suroeste hasta su desembocadura en el Océano Pacífico, haciendo un recorrido total de 160 km (INEGI, 1995).

2.5.2.3. CUENCA RÍO ACAPONETA (B)

Se sitúa al sureste del estado y centro-suroeste de la región hidrológica 11, tiene una superficie de 10763.88 km², de los cuales 1743.57 km², pertenecen a Sinaloa la precipitación media es de 877.49 mm, anuales. La pendiente para esta porción de la cuenca es moderada a excepción de la zona cercana a la costa, donde se considera baja. En esta cuenca se hayan múltiples corrientes de carácter intermitente y perenne; con lo que respecta al estado de Sinaloa la corriente principal es el río Cañas, que limita al norte con el río Baluarte, al sur y al norte con el río Acaponeta y al poniente con las zonas de marismas como la laguna de Teacapán en las costas del Océano Pacífico. El río Cañas nace en las faldas de la

sierra San Francisco, dentro del estado de Nayarit, a partir de una elevación de 600 m.s.n.m., siguiendo una dirección general norte-sur; durante su recorrido recibe por su margen derecha un pequeño afluente, que también sirve como límite estatal entre Nayarit y Sinaloa, por la margen izquierda recibe al arroyo Santa María, hasta desembocar en la laguna de Teacapán, con un recorrido total de 75 km. desde su inicio hasta su desembocadura, con una pendiente media de 0.8% (INEGI, 1995).

2.6. SEQUIA

La sequía es un fenómeno climático recurrente que se presenta en cualquier parte del mundo, caracterizado por una reducción en la precipitación pluvial con respecto a la considerada como normal, que no presenta epicentro ni trayectorias definidas. Tiende a extenderse de manera irregular a través del tiempo y del espacio, y provoca que el agua disponible sea insuficiente para satisfacer las distintas necesidades humanas y de los ecosistemas (Douriet, 2010), (Gausin, 2014), (Ravelo 2007), (Velasco 2000).

Desde tiempos inmemoriales, la sequía ha sido una amenaza para la supervivencia de la humanidad. Con frecuencia ha sido la causa de migraciones masivas, hambrunas y guerras, e incluso ha llegado a alterar el curso de la historia misma (Magaña, 2000). Hoy en día, la sequía sigue afectando a la población mundial de diferentes maneras, y se considera como el fenómeno natural que afecta a más personas que cualquier otro desastre natural en el planeta. Detectaron más de 150 definiciones de este tipo, categorizándolas en cinco grupos según la disciplina científica desde la que se ha analizado en fenómeno: sequía meteorológica, sequía hidrológica, sequía agrícola, sequía socioeconómica y sequia ecológica (Glanzt, 1954).

Existen clasificaciones más simples, como la de (Sudene, 1999), que prescinde el tipo meteorológico y divide las sequias en hidrológicas, agrícolas y efectivas (estos últimos equivalentes a socioeconómicas), y más detalladas, como la de

Subrahmanyam (1967), que distingue hasta seis tipos de sequía: meteorológica, climática, atmosférica, agrícola, hidrológica y de gestión.

2.6.1. COMPONENTES DE UNA SEQUÍA

Desde el punto de vista antropológico, que es el que determina que un evento extremo de la naturaleza de los episodios de escasez pluviométrica se convierta en riesgo natural (Rasmussen, 1987). Definen siete parámetros para caracterizar la sequía: uno independiente (magnitud), cuatro temporales (duración, frecuencia, velocidad de implantación y espaciamiento temporal) y dos espaciales (extensión y dispersión temporal). Para cuantificar estos parámetros no es suficiente con medir el número de días de lluvia o expresar percepciones en referencia a la escasez de precipitaciones, sino que es necesario aplicar cálculos matemáticos con los que establecer detalladamente que en medida ha habido déficit pluviométrico los cuales son los límites temporales del episodio seco. Los componentes que nos permiten definir una sequía se describen a continuación:

2.6.1.1. LA MAGNITUD

Es el déficit medio de precipitaciones o caudal durante el periodo de duración del evento seco. Puede medirse como la anomalía (en porcentaje) o la diferencia (en valor absoluto) de precipitaciones o caudal para el periodo seleccionado. Señala que además de la magnitud, puede delimitarse severidad de una sequía, definida como déficit acumulado de caudal o precipitación para la duración de periodo seco (Rasmussen, 1987).

2.6.1.2. LA DURACIÓN

Es el tiempo (número total de días, meses o años consecutivos) durante el cual la precipitación o el caudal totales registrados son inferiores a la precipitación o el caudal medio de ese mismo período. De acuerdo con (Rasmussen, 1987). Para un mismo período los parámetros de magnitud, severidad y duración, están relacionados por la expresión: $\text{Magnitud} = \text{Severidad} / \text{Duración}$.

2.6.1.3. LA FRECUENCIA

Es el número de casos que se producen durante un período determinado. También, puede medirse a través de la probabilidad empírica de que la precipitación o caudal sean inferiores a la media, o del período de retorno del evento de (intervalo medio de tiempo dentro del que puede esperarse que ocurra una sequía de determinada magnitud) (Rasmussen, 1987).

2.6.1.4. LA VELOCIDAD DE IMPLANTACIÓN

Es el tiempo transcurrido entre el momento de inicio del déficit de precipitación o caudal, y el momento en que ese déficit alcanza su valor máximo (Rasmussen, 1987).

2.6.1.5. EL ESPACIAMIENTO TEMPORAL

Es el tiempo transcurrido entre diversos períodos de sequía, lo que proporciona una medida de la regularidad o aleatoriedad del fenómeno. Este parámetro proporciona una primera aproximación a la previsibilidad de la sequía (Rasmussen, 1987).

2.6.1.6. LA EXTENSIÓN

Es la superficie total en la que se registra déficit hídrico (Rasmussen, 1987).

2.6.1.7. LA DISPERSIÓN ESPACIAL

Es la medida del grado de difusión o concentración de la anomalía de caudal o de precipitaciones (Rasmussen, 1987).

2.7. CLASIFICACIÓN DE TIPOS DE SEQUIAS

Existen clasificaciones más simples, como la de (Sudene, 1999), que prescinde el tipo meteorológico y divide las sequias en hidrológicas, agrícolas y efectivas (estos últimos equivalentes a socioeconómicas), y más detalladas, como la de

Subrahmanyam (1967), que distingue hasta seis tipos de sequía: meteorológica, climática, atmosférica, agrícola, hidrológica y de gestión.

2.7.1. SEQUIA METEOROLÓGICA

La sequía meteorológica es basada en datos climáticos, es una expresión de la desviación de la precipitación respecto a la media durante un período de tiempo determinado. En la mayoría de los casos, es imposible extrapolar la definición de sequía meteorológica de una región a otra. Palmer define la sequía meteorológica como Intervalo de tiempo, generalmente con una duración de orden de meses o años, durante el cual el aporte de humedad en un determinado lugar cae consistentemente por debajo de lo climatológicamente esperado o del aporte de humedad climatológicamente apropiado (Valiente , 2001).

La sequía meteorológica es cuantificada por una gran variedad de índices y ecuaciones dedicadas a caracterizar los eventos secos por dos parámetros: magnitud (severidad) y duración. La tabla 2, describe los diferentes métodos de cuantificación de las sequías: porcentaje de precipitación media, cantiles (quintiles, Deciles y percentiles), desviación estandarizada de precipitación, índice de severidad de sequía de Palmer (PDSI), índice Normalizado de precipitación (NPI), Índice de sequía Oferta-Demanda, Índice Nacional de Lluvia (RI), Índice de sequedad (SI), Coeficiente hidrotérmico (HTC).

Tabla 2. Métodos de cuantificación de sequía meteorológica (Valiente, 2001).

Sequia	Métodos de cuantificación	Método
Sequia meteorológica	Porcentaje de precipitación media.	Método susceptible de equívocos puesto que la precipitación media es un abstracto, que no tiene por qué ser equivalente a la mediana, que si representa el valor o intervalo de mayor frecuencia de la serie
	Cantiles (quintiles, Deciles y percentiles)	Técnica que consiste en dividir la distribución de ocurrencias pluviométricas durante un periodo temporal suficientemente largo, con intervalos para cada 20% (quintil) 10% (decil) o 1% (percentil) de distribución
	Desviación estandarizada de precipitación	Se calcula restando la precipitación total de un determinado periodo la media aritmética de ese periodo y dividiendo el resultado por la desviación típica.
	Índice de severidad de sequía de Palmer (PDSI)	El índice del PDSI mide las condiciones de humedad, está basado en el balance hídrico utiliza numerosas variables para reflejar el aporte y la demanda del agua.
	Índice Normalizado de precipitación (NPI)	Incorpora el poder descriptivo del PDSI y las ventas de SPI, puede ser aplicado a diversas escalas temporales (mensual, estacional o anual).
	Índice de sequía Oferta-Demanda	Con una concepción similar a la de PDSI, en comparación con este e caracteriza por su sencillez, al prescindir de valores de encarga hídrica, escorrentía y perdida de humedad en el suelo.
	Índice Nacional de Lluvia (RI)	Se calcula tomando la precipitación media anual del territorio según el peso de las medidas a largo plazo de cada estación, este es utilizado en África.
	Índice de sequedad (SI)	Refleja la diferencia entre el coeficiente y las anomalías y la desviación típica de las anomalías precipitación y temperatura.
	Coeficiente hidrotermico (HTC)	También para la ex URSS.
	Índice de anomalía de precipitación (RAI)	Compara la precipitación de un lugar y momentos determinados con la media de los diez valores extremos con anomalías positivas y negativas de precipitación.
	Monitorización de sequia	Se trata de una síntesis de índices una relaboración de diversos indicadores de tipo meteorológica.
	Precipitación efectiva	Calcula la duración y la severidad de las sequias.
	Índice de sequia	Caracteriza los episodios de sequía.

Dentro de diversos métodos de cuantificación de las sequías; son índices simples y complejos.

El índice del PDSI mide las condiciones de humedad, está basado en el balance hídrico utiliza numerosas variables para reflejar el aporte y la demanda del agua.

Todos los métodos de cuantificación han sido creados con voluntad universal, algunos no son aplicables en determinadas zonas del planeta, como los elaborados por (W.C. Palmer 1968).

2.7.2. SEQUIA AGRÍCOLA

Por ser el primer sector económico que resulta afectado por la escasez de precipitaciones, la agricultura adquiere una especial relevancia en relación con la sequía. Así se produce una sequía agrícola cuando hay suficiente humedad en el suelo para permitir el desarrollo de un determinado cultivo en cualquiera de sus fases de crecimiento. Dado que la cantidad de agua es diferente para cada cultivo, e incluso puede variar a lo largo del crecimiento de la misma planta, no es posible establecer umbrales de sequía agrícola validos ni tan siquiera para una única área geográfica. “Período durante el cual sólo hay 19 mm de agua disponible en los primeros 20 cm de suelo“(Valiente, 2001).

La sequía agrícola depende la sequía meteorológica, de las características biológicas del cultivo y de las propiedades del suelo, que no son equivalentes alas sequias meteorológicas si no a los niveles de humedad en el subsuelo son suficientes para proporcionar agua en un determinado tipo de cultivo durante el periodo que dure la sequía meteorológica, no llega a producirse una sequía agrícola (Valiente, 2001).

En la tabla 3, se muestra la variedad de índices y ecuaciones dedicadas a caracterizar los eventos secos en sus dos parámetros más relevantes: magnitud y duración en una sequía agrícola: se describe los diferentes métodos de cuantificación de las sequias: Índice Z (ZINX), Índice de humedad de cultivo (CMI),

Índice de sequía específico de cultivo (CSDI), Índice de aporte de agua superficial (SWSI), Lluvias dependientes (DR), Índice DM de sequedad- humedad.

Tabla 3. Métodos de cuantificación de Sequia agrícola (Valiente, 2001)

sequia	Métodos de cuantificación	Método
Sequia agrícola	Índice Z (ZINX)	Mide la anomalía mensual de la humedad en un área para un mes determinado.
	Índice de humedad de cultivo (CMI)	Mide las variables semanales de disponibilidad de humedad para el cultivo.
	Índice de sequía específico de cultivo (CSDI)	Muestra el cociente entre el sumatorio de la evapotranspiración calcula media de ese mismo periodo
	Índice de aporte de agua superficial (SWSI)	Permite una mejor aplicación del PDSI en E.E.U.U.
	Lluvias dependientes (DR)	Define las lluvias independiendentes como aquellas que se producen en tres de cada cuatro años, o en cuatro de cada cinco años.
	Índice DM de sequedad- humedad	Calcula las condiciones de sequedad y orto para el exceso de humedad

2.7.3. SEQUÍA HIDROLÓGICA

La figura 3, muestra las diferentes anomalías pluviométricas del ciclo hidrológico, que determinan a una sequía hidrológica. La cual es una deficiencia en el caudal o volumen de aguas superficiales o subterráneas (ríos, embalses, lagos); al producirse un desfase entre la escasez de lluvias o nieves y la reducción del caudal de río o el nivel de lagos y embalses. Las mediciones hidrológicas no pueden ser utilizadas como un indicador del inicio de la sequía, pero sí de su intensidad (Valiente, 2001).

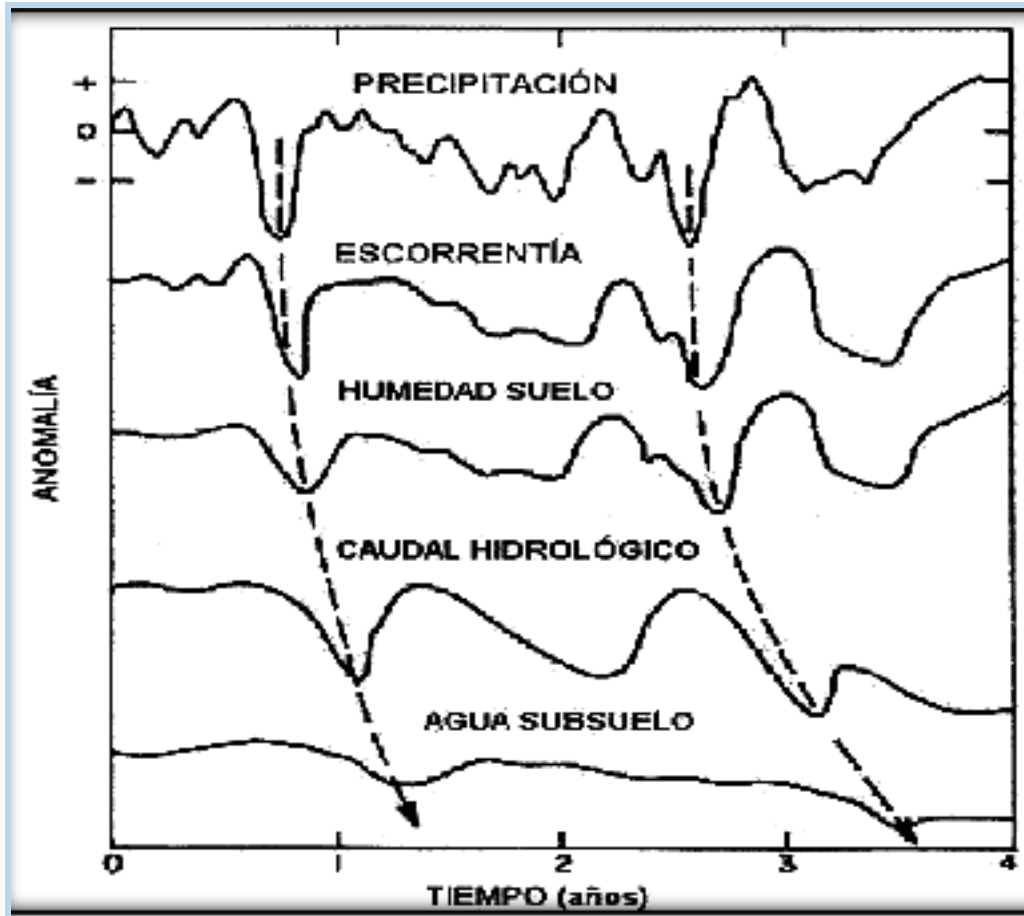


Figura 3. Desfase temporal en la propagación de anomalías pluviométricas en los niveles del ciclo hidrológico.

A diferencia de la sequía agrícola, que tiene lugar poco después de la meteorológica, la sequía hidrológica se presenta desde el inicio de escasas pluviométricas o, si las lluvias remontan en poco tiempo, no llegan a manifestarse, por lo cual la secuencia temporal es: sequía meteorológica, a continuación sequía agrícola y por último, sequía hidrológica.

La capacidad de gestionar los recursos hídricos hace que la sequía hidrológica no dependa exclusivamente del volumen de agua existente en los depósitos naturales o artificiales, sino que también es determinante la forma en que se emplea el agua embalsada. Toman en consideración estos aspectos, al definir la sequía hidrológica como el periodo durante el cual los cambios son inadecuados para

satisfacer los usos establecidos bajo un determinado sistema de gestión de aguas (Valiente, 2001).

En la tabla 4, se observan los métodos de cuantificación de la sequía hidrológica; es cuantificada por una variedad de índices y ecuaciones dedicadas a caracterizar los eventos secos en sus dos parámetros más relevantes: magnitud y duración. En donde se describen los diferentes métodos de cuantificación de las sequías: Índice hidrológico de sequía de palmer (PHDI), Índice de sequía por humedad en el suelo (SMDI), Índice de sequía de keetch- Biram (KBDI).

Tabla 2. Método de cuantificación de Sequia hidrológica (Valiente, 2001).

Sequia	Métodos de cuantificación	Método
	Índice hidrológico de sequía de palmer (PHDI)	Detecta anomalías de humedad que afectan a la corriente de agua superficial la disponibilidad de agua en el suelo y el nivel del agua en los lagos y embalses.
	Índice de sequía por humedad en el suelo (SMDI)	Mide las anomalías anuales de humedad en el suelo.
Sequia hidrológica	Índice de sequía-demanda (RDI)	Permite conocer la oferta y la demanda hídrica. El cálculo incluye varias variables precipitación, temperatura y el espesor de nieve en el suelo, caudal y reservas almacenadas.
	Índice de sequía de keetch-Biram (KBDI)	Mide la incidencia de la sequía en la capa superficial del suelo y el humus.

2.7.4. SEQUÍA SOCIOECONÓMICA

Se produce cuando la disponibilidad de agua disminuye hasta el punto de producir daños (económicos o personales) a la población afectada por la escasez de lluvias. Para hablar de sequía socioeconómica no es necesario que se produzca una restricción del suministro de agua, sino que basta con que algún sector económico se vea afectado por la escasez hídrica. La pujante presión antrópica sobre el recurso agua hace que cada vez sea mayor la incidencia de la sequía socioeconómica. Con pérdidas económicas crecientes, incluso en el caso de una sequía meteorológica leve. En términos generales la sequía socioeconómica sucede en la agrícola, pero en regiones menos desarrolladas, donde el sector tiene un mayor peso en la economía, su incidencia es más directa e inmediata que en regiones desarrolladas, donde este sector tiene mayor peso en la economía y su incidencia es más directa e inmediata en las regiones desarrolladas, la sequía agrícola constituye en sí mismo el inicio de la sequía socioeconómica (Valiente, 2001).

En el caso de la sequía socioeconómica son tan determinantes la magnitud y la duración del evento seco como la forma en que la economía y la sociedad desarrollan sus actividades, ya que determinadas acciones incrementan la vulnerabilidad y la escasez de precipitaciones. En función de la vulnerabilidad los efectos de la sequía sobre la economía y la sociedad, medidos en forma de pérdidas materiales, población afectada o pérdidas de vidas humanas, adquieran mayor o menor relevancia, llegando a configurar situaciones en la que las sequias es considerada una catástrofe.

En la figura 4, se indican las diferentes formas en que la sociedad, la economía y una región pueden verse afectadas por la escasez de precipitaciones; y se reflejan las diversas definiciones existentes de este tipo de sequías:

- Escasez de precipitación están cuantiosa y continuada como para afectar dañinamente la vida animal y vegetal de un lugar y para reducir las reservas de agua para usos domésticos y para el funcionamiento de plantas energéticas,

especialmente en aquellas regiones donde la lluvia es normalmente suficiente para tales necesidades (Valiente, 2001).

- Desvió negativo extenso y significativo de la precipitación con relación al régimen alrededor del cual una sociedad se ha establecido (Valiente, 2001).
- Fenómeno accidental de duración, marcado por un déficit anormal de agua, que produce una ruptura del equilibrio natural, una desorganización de la gestión del país, una reducción considerable de la producción y conflictos sociales pueden ser irreversibles. se produce en todos los dominios climáticos, pero afecta más duramente a las regiones semiáridas marcadas por una fuerte variación interanual de lluvias (Valiente, 2001).
- Déficit hídrico inusual que genera impactos adversos en la sociedad que padece, alterando el normal desenvolvimiento de su vida colectiva (Valiente, 2001).
- Episodio de baja precipitación y mala distribución de las lluvias que hace difícil la alimentación de la población y los rebaños e imposibilita el mantenimiento de las reservas de aguas necesarias para el consumo humano y animal (Valiente, 2001).

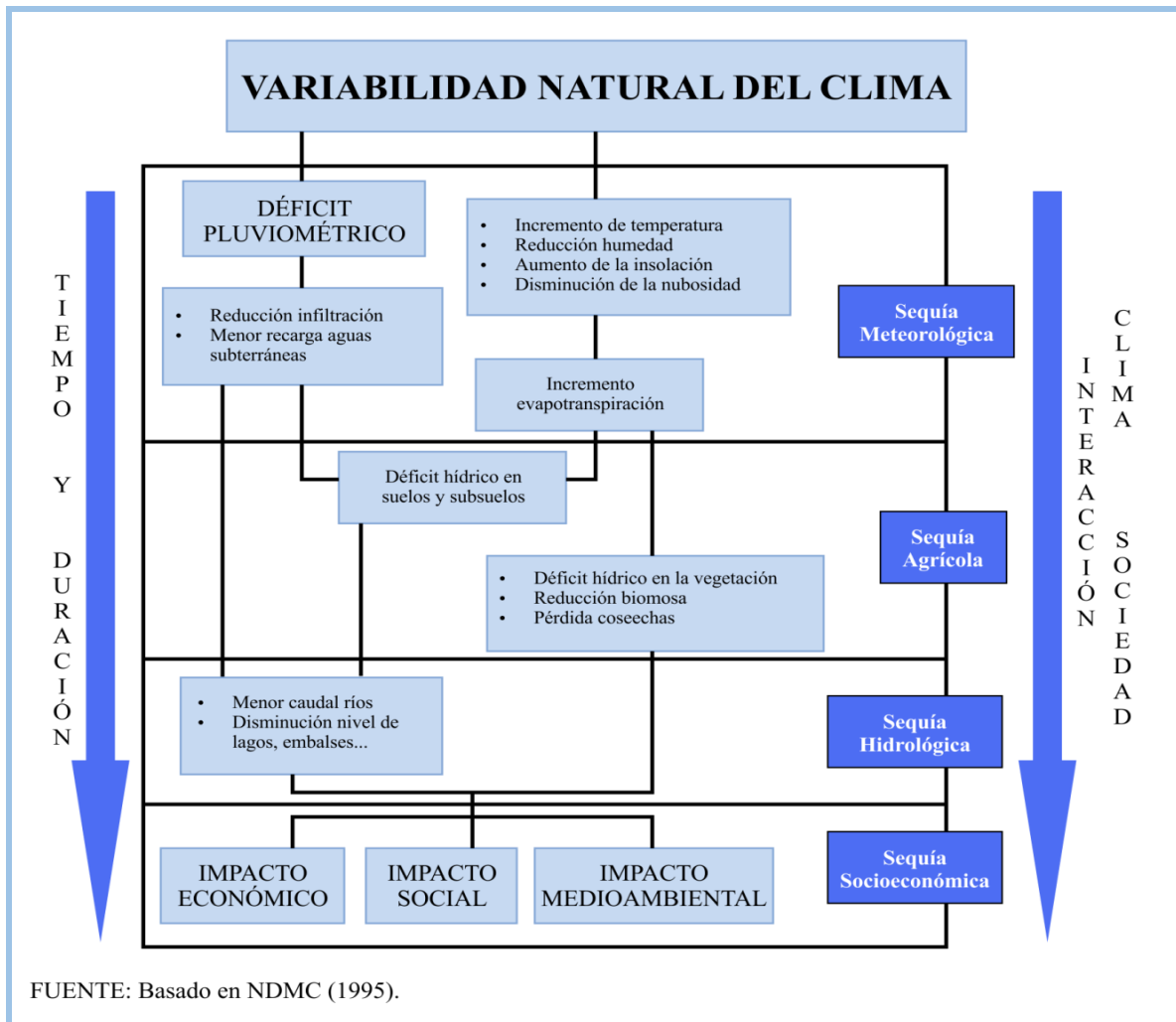


Figura 4. Variabilidad natural del clima (Douriet, 2017).

Método de cuantificación de la sequía socioeconómica, actualmente no registradas. Para evaluar y caracterizar la sequía socioeconómica, la única referencia cuantitativa existentes en las pérdidas derivadas de la escasez hídrica, o el número de personas afectadas por restricciones de abastecimiento de agua y en casos extremos en reencuentros de fallecidos.

2.7.5. SEQUÍA ECOLÓGICA

Un esfuerzo más reciente se centra en la sequía ecológica, definida como "un déficit prolongado y generalizado en los suministros de agua naturalmente disponibles (incluyendo los cambios en la hidrología natural y gestionada) que crean múltiples tensiones a través de los ecosistemas". A medida que las temperaturas mundiales continúan aumentando, se espera que la intensidad y frecuencia de tales sequías ecológicas en América del Norte aumente, lo que dará lugar a una amplia gama de impactos sociales y ecológicos (Douriet, 2017).

2.8. CAUSAS DE LA SEQUIA

Las causas de la sequía comúnmente aceptadas se agrupan en dos grandes categorías:

2.8.1. CAUSAS DE ORIGEN NATURAL

Representadas por las modificaciones en los patrones de la circulación atmosférica, las variaciones en la actividad solar y los fenómenos de interacción entre el océano y la atmósfera, como El Niño/ Oscilación del Sur (ENOS), entre otros. Debido al desigual calentamiento de los mares y de las superficies continentales, se generan cambios de temperaturas y presión en el aire, lo cual a su vez genera el conjunto de sistemas de vientos y corrientes de aire, que se conocen como circulación general de la atmósfera. De manera teórica e idealizada, esta circulación de los vientos se esquematiza. La circulación general de la atmósfera está íntimamente ligada a las principales zonas de precipitación, y define las grandes regiones climáticas que forman la tierra. Un examen de los mapas climáticos revela que los desiertos del mundo se ubican en su mayor parte en la franja de altas presiones que tiene su centro de acción a 30° de Latitud Norte y Sur, aproximadamente. Por otra parte, los climas húmedos se encuentran en las regiones en las que hay movimientos accedentes de aire, con ocurre en el Ecuador y en los cinturones de latitud medias (60° de Latitud Norte y Sur

aproximadamente Este esquema de circulación general de atmosfera sufre modificación al considerar la distribución y relación de continentes y mares, así como la orografía y otros factores del clima. Sin embargo, sirve para observar, primeras instancias, la ubicación de las zonas áridas y lluviosas en el mundo. México tiene gran parte de su territorio en la franja de alta presión de Latitud Norte, por lo que tiene zonas áridas y semiáridas que coinciden en latitud con regiones de grandes desiertos africanos, asiáticos y australianos. Por otra parte está demostrado que existe una interacción directa entre la atmosfera y el océano, que da origen al fenómeno como el llamado El Niño / Oscilación del Sur (ENOS), el cual es responsable de las variaciones climáticas en varias partes del mundo, pues está íntimamente relacionado con los cambios que se presentan a gran escala en la circulación general de los vientos en el Océano Pacífico. En México el fenómeno El Niño (por ejemplo, los inviernos de 1982-1983, 1986-87, 1991-92, 1997-98) y se debilitan durante los veranos correspondiente. Lo opuesto ocurre durante los años en que se presenta La Niña que es la fase fría de los ENOS. En inviernos El Niño, la corriente de chorro de latitudes medias se desplaza hacia el sur, provocando una mayor incidencia de fuentes frías y lluvias en las zonas Norte y Centro de México. Durante veranos El Niño, las lluvias en la mayor parte de México disminuyen, apreciando incluso condiciones de sequía. Por el contrario, en los años en que sucede La Niña las lluvias parecen estar por encima de lo normal en la mayor parte del país (Gausin, 2014).

2.8.2. CAUSAS DE ORIGEN ANTROPOGÉNICO

Constituidas por la quema de combustibles fósiles, la degradación ambiental (deforestación, degradación del suelo y desertificación) y la alteración de los sistemas ecológicos naturales. A continuación, se analizan cada uno de estos grupos. Es probable que, aun en pequeña escala, pero de manera creciente, las actividades humanas influyan en la ocurrencia de sequías y de otros fenómenos hidrometeorológicos extremos. A pesar de que el clima cambia de manera natural, los expertos señalan claras evidencias de que el calentamiento del planeta, registrados en los últimos 50 años, puede atribuirse a los efectos de

actividades humanas. Por otra parte, la deforestación y los cambios en el uso de suelo proporcionan la desertificación de amplias zonas, haciéndolas más susceptibles y vulnerables a la falta de agua. Con estas acciones, el suelo pierde rápidamente su capacidad, atrapar y retener humedad (Gausin, 2014).

2.9. EFECTOS DE LA SEQUIA

Al fenómeno de la sequía se le conoce más por sus efectos que por sí mismo, pues los impactos ocasionados por falta de lluvias y déficit hídrico son similares en cualquier parte del mundo (con sus particularidades, obviamente). Si bien es cierto que la sequía no es un fenómeno espectacular como otros eventos naturales (un huracán o un tornado, por ejemplo), sus impactos a largo plazo suelen ser de mayor amplitud y más devastadores. Los efectos de la sequía, en términos económicos y sociales, están en función de la afectación a diversos sectores económicos y productivos, asociados con la oferta y la demanda de bienes y servicios que ofrecen, y el equilibrio debido a las condiciones naturales y de baja humedad, que se supera cuando la demanda supera a la oferta. Esto se debe al mayor crecimiento de la población y de sus necesidades de consumo con respecto a la necesidad de satisfacerlas, y aunque ambos conceptos aumentan, si la tasa de crecimiento es mayor en el primero, y también crecerá vulnerabilidad y la incidencia del impacto del fenómeno. En México, país en vías de desarrollo, donde la agricultura de riego y de temporal es una fuente importante de empleo y de ingreso económico, el problema de la sequía ha sido una cuestión recurrente y persistente a lo largo de su historia, tal como lo muestra los registros documentados de las sequías ocurridas incluso desde antes de la colonización española. Y aun cuando no se conocen con exactitud las fechas en las que se acontecieron las sequías en la antigüedad, se sabe que sus efectos fueron hambre, migración y muerte, que alteraban no solo la actividad agrícola, si no la vida misma de las comunidades (Gausin, 2014)

2.10. SISTEMA DE MONITOREO Y EVALUACIÓN DE SEQUIAS

El Sistema de monitoreo y evaluación de las sequías utiliza un programa denominado, Sistema Operativo de Sequías (SOS), desarrollado en INSITU, genera mensualmente los índices de Sequía de Palmer (PDSI), el Índice Estandarizado de Precipitación (SPI), (Palmer, 1968) (Ravelo, 2008), que permiten detectar y evaluar condiciones de sequías o excesos de humedad a nivel regional, provincial y nacional (Marrone, 2017). A continuación, se describe cada uno de ellos.

2.10.1. SISTEMA OPERATIVO DE SEQUIAS (SOS)

El sistema Operativo de sequias SOS permite el cálculo de los índices de sequía y su representación gráfica figura 5. El SOS se calcula mediante el programa de computación denominado Sistema Operativo de Sequias (SOS), diseñado conceptualmente por (Ravelo, 2008); que consiste en un programa en lenguaje C++ que utiliza módulos del sistema operativo Windows e IDRISI para su ejecución y obtención de resultados numéricos y cartográficos de manera que se presente en un atlas de fácil interpretación.



Figura 5. Sistema Operativo de sequias (SOS)

2.10.1.1. ÍNDICE DE SEQUÍA DE PALMER (PDSI)

El Índice de Sequía de Palmer (PDSI), fue desarrollado para estimar las condiciones de la humedad edáfica e identificar situaciones de exceso, normalidad o deficiencia hídrica. Se basa en el concepto de demanda-suministro de agua o balance hídrico. El procedimiento de cálculo requiere datos de precipitación, evapotranspiración potencial de una serie de 30 años y la capacidad de retención de agua del suelo. La situación hídrica mensual se determina teniendo en cuenta las desviaciones de la humedad edáfica actual con respecto a un valor medio de la serie de datos considerada. La Figura 6, muestra las referencias PSDI, representadas por escala cromática; describe los rangos de valores de sequía extrema como el valor menor en color rojo intenso hacia la tendencia al color azul representando la humedad extrema (Ravelo, 2008).



Figura 6. Referencias (PDSI).

2.10.1.2. ÍNDICE ESTANDARIZADO DE PRECIPITACIÓN (SPI)

El índice estandarizado de precipitaciones (SPI) se basa en una probabilidad estadística de ocurrencia de precipitación y fue diseñado para comportarse como un indicador temporal y espacial de la sequía. El SPI calcula mediante una serie de datos de precipitaciones de un período suficientemente largo (30 o más años) para cada estación meteorológica. La distribución de la serie es ajustada a una distribución Gamma, dado que es la que mejor ajusta a las series de precipitaciones mensuales. La probabilidad acumulada obtenida con la distribución Gamma es transformada a una distribución normal con una media igual a cero y una desviación estándar igual a uno. Los valores de SPI puede ser obtenidos para reflejar las condiciones hídricas en diferentes escalas de tiempo: un mes (SPI1), tres meses (SPI3), seis meses (SPI6), 12 meses SPI12) y 24 meses (SPI24), lo cual permite evaluar los déficits de precipitación en las diferentes fuentes de agua (agua subterránea, embalses, humedad del suelo y escurrimientos superficiales). Se consideran que un período de sequía comienza cuando el SPI alcanza un valor de -0.5 y que el mismo termina cuando los valores de SPI se tornan nuevamente positivos. La Figura 7, muestra las referencias SPI, representado por escala cromática; describe los rangos de valores de sequía extrema como el valor menor en color rojo intenso hacia la tendencia al color azul representando la humedad extrema (Ravelo, 2008).



Figura 7. Referencias SPI

III. JUSTIFICACION

Las condiciones extremas en el clima siempre han afectado a la humanidad. (Magaña, 2004). Uno de los eventos climatológicos extremos más perjudiciales es la sequía, la cual afecta recurrentemente a alguna parte de nuestro planeta; cuando estas son intensas y prolongadas generan fuertes pérdidas en las actividades agrícolas, ganaderas e industriales con consecuencias sociales y económicas conexas, como son la inseguridad en los suministros alimentarios e importantes pérdidas económicas (Ravelo, 2008), (Ravelo, 2016). Estos eventos afectan a una amplia variedad de áreas geográficas. A nivel mundial, el 22% del daño económico es causado por los desastres naturales y el 33% del daño en términos del número de personas afectadas puede ser atribuido a la sequía (Douriet, 2017).

A lo largo de su historia, México ha padecido los efectos negativos de las sequías, el cual es un evento natural que ocurre de manera recurrente en México y se manifiestan con mayor incidencia en la porción norte del país (Magaña V, 2004), debido a que es más vulnerable a sus ocurrencias (Velasco, 2002).

El Organismo de Cuenca Pacífico Norte (OCPN) ubicado en la zona noroeste del país, se han presentado períodos de baja precipitación, extendiéndose hasta siete años consecutivos, como las ocurridas en los períodos 1997-2004 y 2010-2012 (Sanz *et al.*, 2012). En el periodo 2010- 2012; afectó un 90% del territorio nacional (Douriet, 2017), que en el ámbito del Organismo de Cuenca Pacífico Norte (OCPN) genero efectos serios en los sectores económicos, social y ambiental. Durante este período se presentaron sequías meteorológicas e hidrológicas extremadamente severas (CONAGUA, 2013), teniéndose escurrimientos prácticamente nulos en ríos y arroyos, así como muy bajos volúmenes de almacenamiento en las principales presas de la región (CONAGUA, 2012), generando un grave problema socioeconómico. Por esta razón surge el interés de monitorear temporal y espacial las sequías meteorológicas en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN) 2018.

IV. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Desde hace varias décadas, la variabilidad en el régimen de lluvias en el Organismo de Cuenca Pacífico Norte (OPCN), ha sido notorio: se han intensificado la presencia de sequías y la ocurrencia de precipitaciones de gran intensidad y poca duración. Aunque hasta el momento no se tiene la certeza si tales circunstancias obedecen al fenómeno de cambio climático o si solo son parte de la variabilidad normal del clima, o qué tanto a nivel local ha afectado a los microclimas la construcción de grandes obras hidráulicas y el cambio del uso del suelo. Por lo que es necesario monitorear las sequias meteorológicas, en el Organismo de Cuenca Pacífico Norte (OPCN), mediante el uso del sistema operativo de sequias (SOS), con el Índice de precipitación estandarizado (SPI), y el índice de palmer mensual (PDSI).

V. HIPOTESIS

La implementación del sistema operativo de sequias (SOS) facilita el análisis de las sequías meteorológicas en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN).

VI. OBJETIVOS

6.1. OBJETIVO GENERAL

Analizar las sequías Meteorológicas en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN) durante el 2018.

6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Monitorear temporal y espacial las sequías meteorológicas en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN), 2018
- ✓ Evaluar la evolución temporal y espacial de la se sequía en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN), 2018.

VII. MATERIALES Y METODÓS

7.1 SELECCIÓN Y LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El área de estudio está comprendida por las cuencas que corresponden al Organismo de Cuenca Pacífico Norte (OCPN), pertenece a la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). Se localiza en el noroeste de la República Mexicana, dentro del Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN), que comprende la totalidad del estado de Sinaloa, y parte de los estados de Sonora, Chihuahua, Durango, Nayarit y Zacatecas. El área de estudio está integrada por 51 municipios: 18 de Sinaloa, 8 de Chihuahua, 16 de Durango, 7 de Nayarit y 2 de Zacatecas, abarcando una extensión total de 152.007 km, Figura 8 (CONAGUA, 2015).



Figura 8. Localización del Organismo de Cuenca Pacífico Norte (OCPN) (Douriet 2017).

7.2. MATERIALES Y METODÓS

- La caracterización y evaluación de las sequías en la cuenca y en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN), se realizará utilizando métodos meteorológicos, descritos en la tabla 5.

Tabla 3. Índices de sequía y programas utilizados de estimación

Índice de sequia	Descripción	Programa
(SPI)	Índice Estandarizado de Precipitación	SPI.EXE
(SPDI)	Índice de Severidad de la Sequias de Palmer	PDI.EXE

- Para caracterizar las sequías presentadas en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN), según su duración, intensidad, severidad y extensión, se utilizará software Sistema Operativo de Sequias (SOS). De acuerdo a los pasos siguientes:
 - Selección de estaciones meteorológicas climatológicas
 - Estimación de los índices de sequía, utilizando el Sistema Operativo de Sequias (SOS).
 - Análisis y evaluación de resultados; utilizando el Sistema Operativo de Sequias (SOS).
 - Determinación de las características físicas de las sequías.
 - Determinar escenarios de ocurrencia de sequías meteorológicas, e índices de sequía (Índice Estandarizado de Precipitación (SPI), Índice de Sequia de Palmer (PDSI), para el periodo de análisis.

VIII. RESULTADOS

8.1. CARACTERIZACIÓN DE LAS SEQUIAS EN EL ORGANISMO DE CUENCA PACIFICO NORTE (OCPN)

8.1.1 SELECCIÓN DE LAS ESTACIONES METEOROLÓGICAS CLIMATOLOGICAS

Las estaciones Meteorológicas y Climatológicas existentes en la dirección técnica del Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN), son 245 estaciones en total, se realizó una selección de estaciones, que para la selección de las estaciones se realizó una revisión de información climatológica de la base de datos de la dirección técnica del Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN) en el periodo 2018. Considerando el registro de datos históricos de 30 años continuos 1978-2017 en los indicadores de: precipitación, temperatura y evaporación. De las 245 se seleccionaron 49 estaciones, para el cálculo de los índices de sequía: Índice de Palmer Mensual (PDSI), índice estandarizado de precipitación (SPI) (Tabla 6).

Tabla 4. Estaciones meteorológicas y climatológicas.

N°	Estacion	N°	Estacion
1	Acaponeta	20	Huites
2	Acatitan	21	Ixpalino
3	Ahome	25046	Jaina
26006	Badiraguato	22	La Cruz
4	Botavira	23	La Estancia
5	C. de Gpe. Victoria	24	La Rosilla
6	Choix Estación	25	Las Tortugas
7	Comedero	26	Los Mochis
25015	Culiacán	27	Mazatlán
9	El Carrizo	28	Observatorio Culiacán
10	El Fuerte	29	Observatorio Dgo.
11	El Mahome	30	Pajaritos
12	El Quelite	25017	Pericos
10148	El Real	32	Rosamorada
13	El Rosario	33	Ruiz Cortines
14	El Sabino	34	Ruiz San pedro
25033	El Varejonal	35	San Juan
8061	El Vergel	25081	Sanalona
15	El Zopilote	37	Cinqueros
16	El Dorado	25087	Sta. Cruz de A
17	Fco. Villa	38	Stgo. Bacayora
18	Guadalupe y C.	39	Sufragio
25037	Guamúchil	40	Tamazula
25041	Guaténipa	41	Tubares
		42	Urique Estación

La tabla anterior (Tabla 6), concentra las 49 estaciones seleccionadas para la interpretación de los análisis de las sequias en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN) periodo 2018.

Como resultado detallado de las 49 estaciones en el presente trabajo, se registró las diferentes cuencas pertenecientes del Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN), que integran nuestro análisis de sequias (Tabla 7).

Tabla 5. Cuencas del Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN).

ORGANISMO DE CUENCA PACIFICO NORTE (OCPN)	ESTACIONES QUE LA INTEGRAN
La cuenca del Valle del Carrizo	El Sabino
	El Carrizo
	Huites
	Choix Estación
	Tubares
	Urique Estación
	El Mahone
	Guadalupe y C.
	La Rosilla
	Botabira
Cuenca del rio fuerte	El Vergel
	El Fuerte
	Ruiz Cortines
	Los Mochis
	Ahome
	Sufragio
	Jaina
	El Zopilote
	San Juan
	Guamúchil
Cuenca del rio Sinaloa	Pericos
	Guatenipa
Cuenca del rio de Mocorito	Badiraguato
	El varejonal
	Sanalona
Cuenca valle del rio Humuya	Tamazula
	Culiacán
Cuenca del rio Humana	Observatorio Culiacán
	El Real
Cuenca del Rio Tamazula	Sta. Cruz de A.
	El Dorado
	Comedero
	Acatitan
Cuenca del Rio Elota	La Cruz
	Ixpalino
Cuenca del Rio Piaxtla	El Quelite
	Cinqueros
Cuenca del Rio Quelite	Mazatlán
	El Rosario
Cuenca del Rio Presidio	Las Tortugas
	La Estancia
Cuenca del Rio Baluarte	Acajoneta
	Pajaritos
Cuenca del Rio Acaponeta	Ruiz San Pedro
	Rosamorada
	Observatorio Dgo.
	Santiago Bacayora
	Fco. Villa
	Cd. Gpe. Victoria

8.2. MONITOREO Y EVALUACION DE SEQUIAS METEOROLOGICAS EN EL ORGANISMO DE CUENCA PACIFICO NORTE

Para el monitoreo y evaluación de sequias en el Organismos de Cuenca Pacifico Norte (OCPN), durante año 2018, considerando la precipitación mensual en mm, utilizando el Sistema Operativo de Sequias (SOS), se alimentó con datos meteorológicos, hidrológicos, geohidrológicos, edafológicos correspondientes a las 49 estaciones meteorológicas y climatológicas correspondientes al Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN). Los resultados se reflejan a manera de imágenes del comportamiento espacial del Índice de Palmer Mensual (PSDI) y el Índice estandarizado de precipitación (SPI).

8.2.1. ÍNDICE DE PALMER MENSUAL (PSDI).

Los resultados durante el año 2018 reflejan diversidad de condiciones que se mostraron durante los 12 meses monitoreados, de acuerdo con las figuras 9 y 10.

Figura 9; de acuerdo a los parámetros de referencia PSDI; en el mes de enero (imagen a); se observa mayor parte de territorio con sequias de diferentes fases; desde sequia incipiente en la zona de la costa, hasta extrema en la sierra madre occidental; en unas pequeñas zonas se presentan condiciones normales, área donde colinda con Durango y Nayarit. De acuerdo a los parámetros de referencia PSDI; en los meses de febrero (imagen b), marzo (imagen c) y abril (imagen d) se siguen presentando condiciones similares a las de enero, solo con diferencia de que la sequía extrema de la Sierra Madre Occidental disminuye a sequia severa; en el mes de mayo (imagen e) se muestra como disminuye la sequía desde severa a condiciones normales en la zona donde colinda con Sonora, y en el mes de junio (imagen f) la sequía disminuye de severa a incipiente, se presentan condiciones normales en el estado de Sonora , en las zona de la costa y donde colinda con Durango y Nayarit se presentan condiciones de humedad incipiente.

Los resultados mostrados en la figura 10; julio (imagen a) presenta condiciones normales en la zona donde colinda con Sonora y Durango, así como condiciones

de sequía incipiente en la zona donde colinda con Nayarit y parte de Durango, y en la zona de la sierra madre occidental se presentan condiciones de sequía extrema; en el mes de agosto (imagen b) se presentan condiciones similares a julio, solo que en agosto la sequía incipiente aumenta a severa, y en la zona de la costa se presenta con condiciones de humedad incipiente; en el mes de septiembre (imagen c) presentan condiciones similares a agosto, solo que la sequía severa baja a sequía incipiente. En los meses de octubre a diciembre, en la zona de la costa se presentan condiciones desde normales a humedad extrema; así como condiciones de sequía incipiente cambian a condiciones normales y en la parte donde colinda con Durango y Nayarit se presentan condiciones desde humedad incipiente hasta severa.

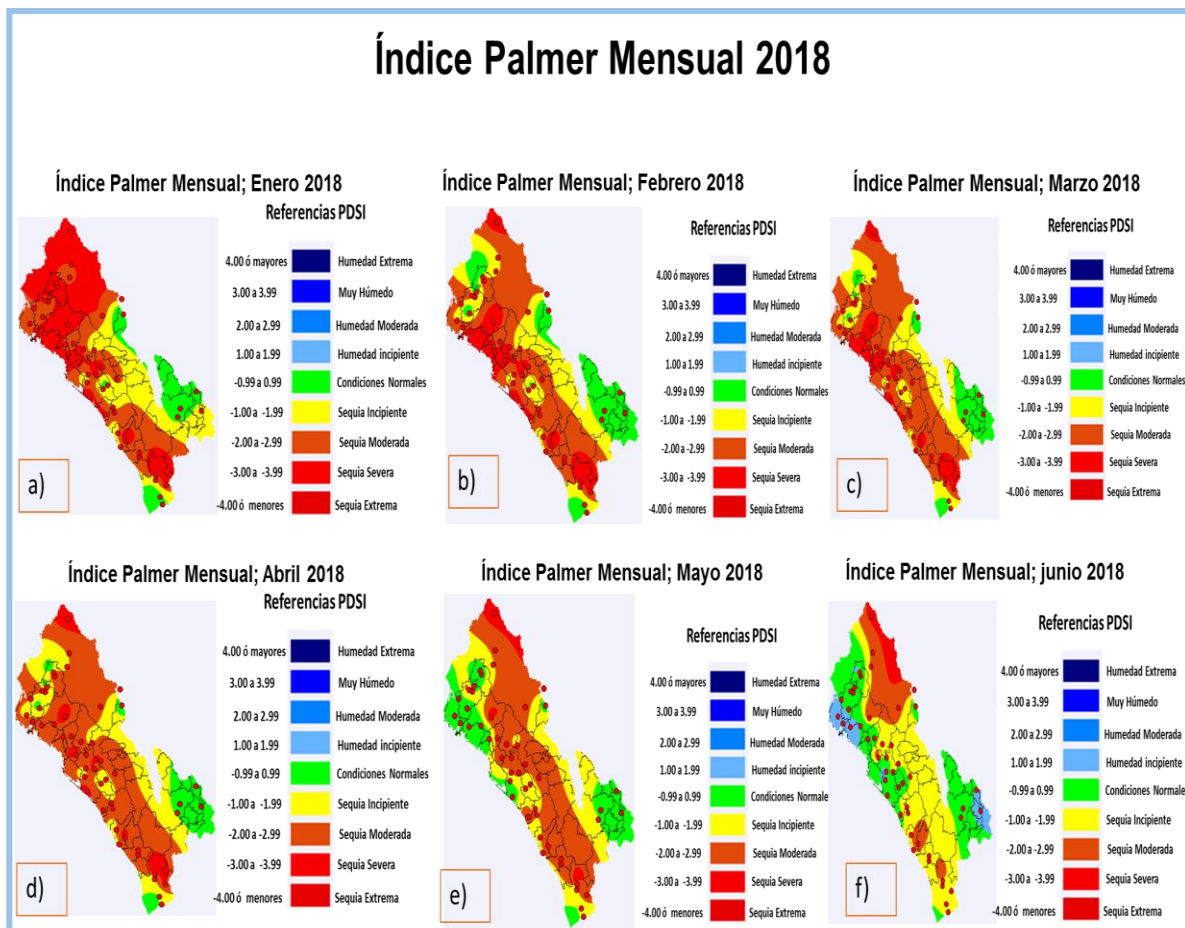


Figura 9. Índice Palmer Mensual (PDSI), enero - junio 2018.

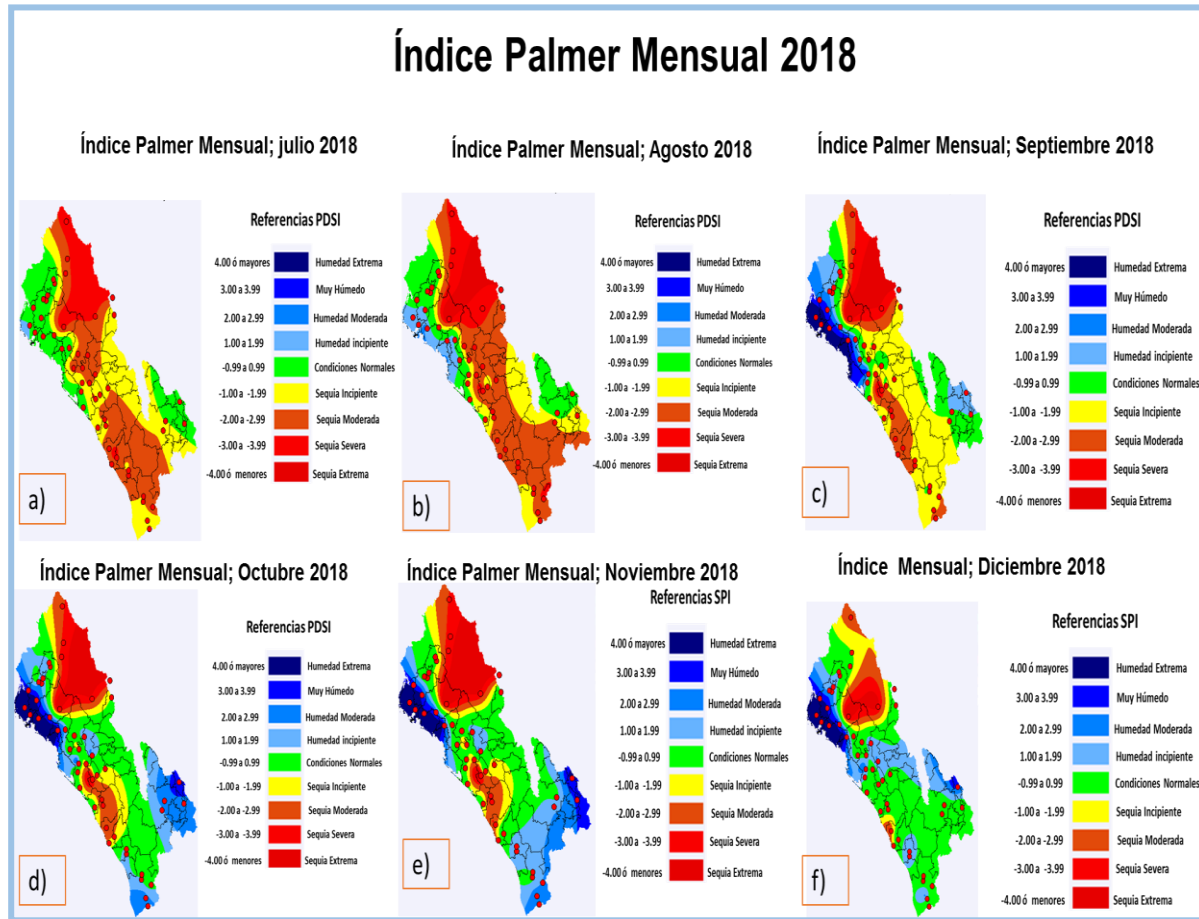


Figura 10. Índice Palmer Mensual (PDSI), julio - diciembre 2018.

8.2.2. Índice Estandarizado de Precipitación (SPI)

Los resultados generados mediante el comportamiento espacial del Índice Estandarizado de Precipitación (SPI) para las escalas de 3 y 6 meses de sequía, determinó períodos secos, normales y húmedos en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN) en el año 2018.

En las Figuras 11 a la 14 se ilustra el mapa del Índice de Precipitación Estandarizado para tres meses (SPI3) y para seis meses (SPI6), para los meses de enero a diciembre del año 2018.

Los resultados de la SPI 3 meses, se ilustran en las figuras 11 y 12. Los índices que corresponden de enero a junio se detallan en la figura 11; en lo que corresponde a enero (imagen a); muestra sequia incipiente en la mayor parte el Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN) y condiciones normales en donde colinda con Durango y partes de la zona costera; en los meses de febrero a mayo (imagen b, c, d y e) se muestran condiciones normales en mayor parte del Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN), únicamente abril (imagen d) presenta humedad incipiente donde colinda con el estado de Sonora y en el mes de mayo (imagen e) se presenta sequia incipiente donde colinda con el estado de Chihuahua. El mes de junio (imagen f) se presentan condiciones normales, humedad incipiente hasta extrema en la zona donde colinda con sonora y la zona costera; en la Sierra Madre Occidental se presentan condiciones de sequía incipiente. Referente a la figura 12 en los meses de julio a septiembre (imagen a, b y c) se presentan condiciones normales en mayor parte del Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN), en la Sierra Madre Occidental se muestran desde sequia incipiente hasta extrema en los meses de julio (imagen a), agosto (imagen b) y septiembre (imagen c). En el mes de julio se presentan condiciones normales en la mayor parte del Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN); agosto se registra humedad incipiente en la zona costera, y muestra condiciones de sequía incipiente a severa donde colinda con Nayarit y Durango, para septiembre (imagen c) muestra condiciones desde normales, humedad incipiente hasta extrema en la zona costera; en los meses de octubre a diciembre, se presentan condiciones normales hasta humedad extrema en la mayor parte del Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN). En el mes de octubre se presenta desde sequia incipiente hasta extrema en la Sierra Madre Occidental, de los meses de agosto a octubre se presentan condiciones normales hasta sequía extrema en la Sierra Madre Occidental, en la mayor parte del Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN), se presentan condiciones desde sequia incipiente hasta extrema. Noviembre (imagen f) y diciembre (imagen e) se presentan condiciones normales en la mayor parte del Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN) con sequia incipiente donde colinda con Durango y Nayarit.

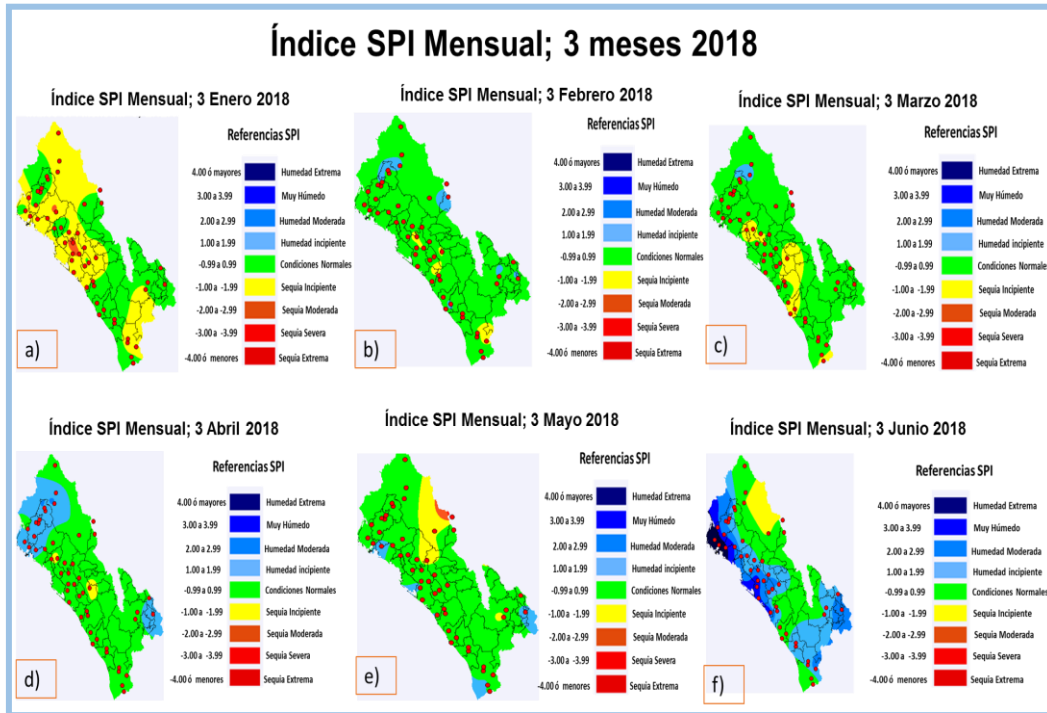


Figura 11. Índice estandarizado de precipitación (SPI3) enero – junio del Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN) 2018.

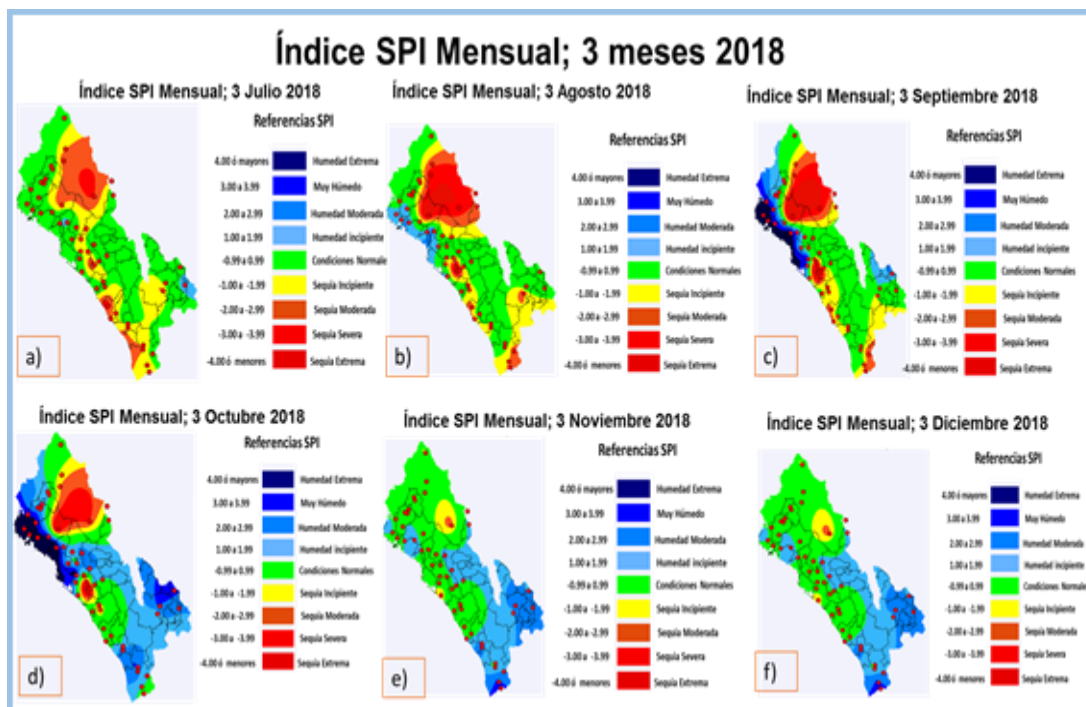


Figura 12. Índice estandarizado de precipitación (SPI3), julio - diciembre del Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN) 2018.

Los resultados de la SPI 6 meses, se ilustran en las figuras 13 y 14; referente al Índice estandarizado de precipitación, en la figura 13, lo correspondiente al mes de enero (imagen a) y febrero (imagen b) se observan condiciones normales en mayor parte del Organismo de Cuenca Pacífico Norte (OCPN) en la parte alta de la sierra madre occidental se muestra condiciones desde sequía incipiente, sequía moderada y sequía severa. Los meses de marzo a junio muestran condiciones similares; se muestran condiciones normales en la mayor parte del Organismo de Cuenca Pacífico Norte (OCPN). Detallando el mes de marzo (imagen c) se muestra sequía incipiente en la Sierra Madre Occidental y en la parte de la costera, y donde colinda con el estado de Nayarit y Durango; para los meses de abril y mayo solo muestra condiciones normales y sequía incipiente en unas pequeñas zonas donde colinda con Nayarit; sin embargo junio (imagen f) muestra condiciones normales en la mayor parte del Organismo de Cuenca Pacífico Norte (OCPN), y sequía incipiente en unas pequeñas zonas en la zona costera y donde colinda con Durango y Nayarit en la Sierra Madre Occidental se muestra sequía incipiente.

Los resultados mostrados en la figura 14, se observa el mes de julio (imagen a) presencia de sequía incipiente en la mayor parte del Organismo de Cuenca Pacífico Norte (OCPN) y condiciones normales en algunas zonas donde colinda con Sonora y sequía severa en la parte de la Sierra Madre Occidental; agosto (imagen b) se presentan condiciones normales en la mayor parte del Organismo de Cuenca Pacífico Norte (OCPN) y en la parte de la Sierra Madre Occidental condiciones de sequía incipiente hasta sequía severa, en la zona costera se presentan condiciones de sequía incipiente. En los meses de septiembre (imagen c) octubre (imagen d) noviembre (imagen e) y diciembre (imagen f) en condiciones similares en la mayor parte del Organismo de Cuenca Pacífico Norte (OCPN) siendo condiciones normales; en la región de la sierra madre occidental se presentan condiciones desde normales a sequía extrema; en la zona costera se presenta condiciones desde normales hasta humedad extrema y en la zona donde colinda con Nayarit se presentan condiciones de sequía incipiente.

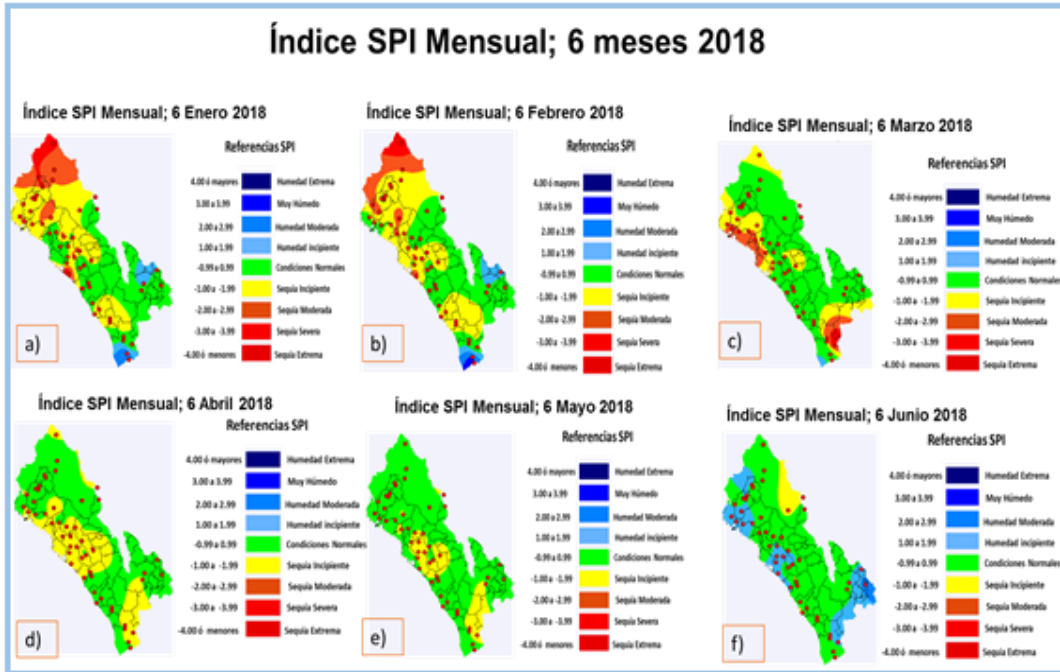


Figura 13. Índice estandarizado de precipitación (SPI6), enero - junio del Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN) 2018.

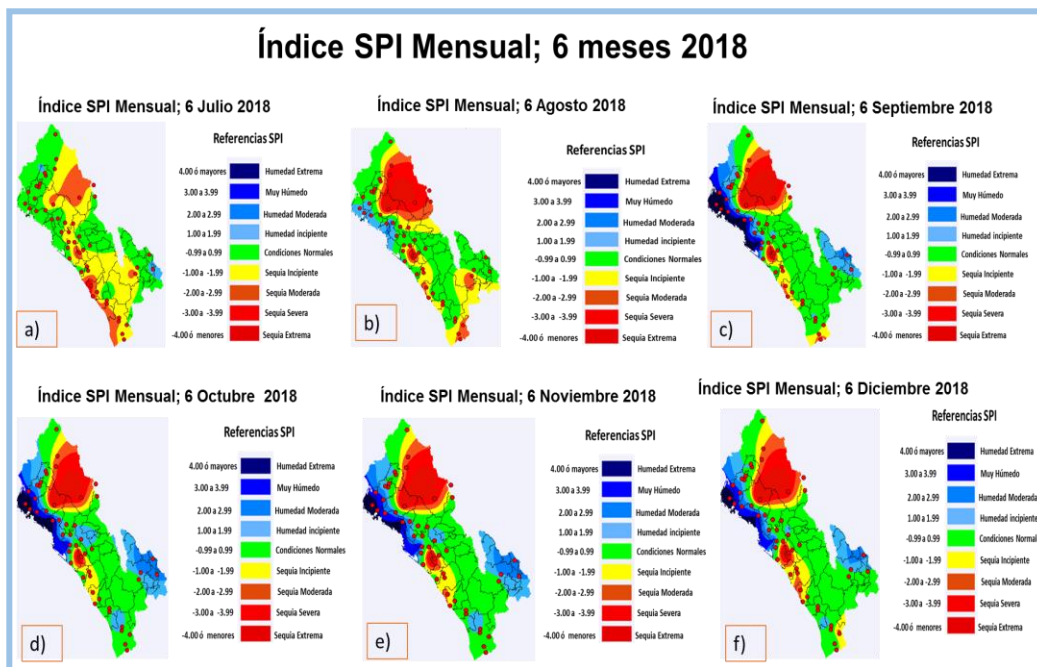


Figura 14. Índice estandarizado de precipitación (SPI6), julio – diciembre del Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN) 2018.

VII. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Se ha realizado un análisis de sequías en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN), con el sistema Operativo de Sequias (SOS) con los índices: índice de Palmer Mensual (PDSI), índice Estandarizado de precipitación (SPI), mediante valores mensuales de temperatura, precipitación, evapotranspiración en el año 2018. El análisis de la evolución de las sequías desde enero a diciembre de 2018, permite identificar las fechas de comienzo e intensidad de la adversidad se las sequías.

Los índices de 3 y 6 meses, para enero a diciembre 2018. Señalan, en general, condiciones normales, sequia incipiente, sequia moderada, sequia severa hasta sequía extrema durante los meses de enero a mayo 2018 en toda la región. Las diferencias hídricas son evidentes de junio a diciembre donde ya se presentaron de humedad incipiente a extrema en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OPCN) en el 2018.

De acuerdo a los resultados reportados por (Ravelo A., 2014), (Douriet 2010,2017) el análisis de la serie temporal del PDSI permitió identificar a los períodos 2004-2005 y 2011-2012 como extremos en las condiciones hídricas de exceso y deficiencia. Las condiciones correspondieron a humedad excesiva, y similares condiciones se registraron en otras localidades de lo que determinó que dicho período se le caracterizara como el más húmedo de los últimos 20 años 1998-2018. El exceso de humedad se evidencia en la parte centro y norte de la región según lo indica el; el índice de Palmer Mensual (PDSI) señala condiciones de humedad incipiente a excesiva, excepto el sudeste de la región donde se observó humedad normal. Esta situación hídrica trajo aparejados una excelente recarga de los acuíferos y aumento de las reservas hídricas. En febrero de 2005 las presas presentaron adecuadas reservas.

En el otro extremo de condiciones hídricas se encuentra el período 2011-2012, que presentó sequías generalizadas en extensas regiones del país, incluyendo la correspondiente. Los valores de oscilaron entre -2,2 y -5,1 lo que señala

condiciones de sequías moderadas a extremas. Para febrero de 2012, donde se aprecian las sequías generalizadas en toda la región, excepto en áreas restringidas, generalmente costeras del centro y sur. Las cuencas medias y altas fueron las más afectadas. El de 12 meses señala que los cursos de agua (arroyos y ríos) en las partes medias y altas de las cuencas, hacen aportes hídricos escasos o nulos a las presas y estas presentaron ínfimas reservas para el mes de junio de 2012.

De acuerdo con los resultados de (Cerón, 2015) quien utilizo en la cuenca del río Dagua-Colombia, se presentan los resultados del SPI para la agrupación trimestral, por ser la que mejor refleja los indicadores de impacto de la sequía en la agricultura de secano (maíz, frijol, habichuela, etc.). Los resultados generales indican que la intensidad de las sequías no varía mucho en la zona de estudio, las estaciones presentan valores de sequías severas (SPI entre -1,5 y -2) y por tanto el mapa de intensidades no muestra tendencias espaciales significativas. Los períodos negativos del SPI en la estación Providencia coinciden con los años clasificados como El Niño, en los cuales la NOAA indica sobre la intensidad fuerte del fenómeno: 1982-83, 1991-92 y 1997-98, de los cuales el evento de 1991-92 presentó la mayor magnitud de sequía en toda la región; además de ciclos de intensidad moderada como son 1987-88, 1994-95 y 2006-07. Aunque el índice oceánico de El Niño (ONI por sus siglas en inglés) califica al evento 2009-10 como fuerte según el estándar utilizado, el Índice Multivariado del ENSO (MEI por sus siglas en inglés) y el Índice de Oscilación del Sur SOI (por sus siglas en inglés), lo determinan como de intensidad moderada; por lo que en conjunto se estableció que la intensidad del fenómeno fue moderada.

VIII. CONCLUSIONES

El uso del Sistema Operativo de Sequías (SOS) con los índices de sequías; la base de datos generada (meteorológicos, hidrológicos, geomorfológicos y geohidrológicos), permitió el monitoreo y evaluación de escenarios por sequía en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN). La aplicación de los índices de sequía estimados para las 49 estaciones meteorológicas y climatológicas seleccionadas, para el año 2018; permitió la determinación de las características de las sequías, principalmente en cuanto a duración, severidad, intensidad, extensión. Los resultados del análisis temporal y espacial de la sequía en las cuencas del Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN), para el año 2018, indican la presencia de sequías meteorológicas, pero con diferentes duraciones, severidades e intensidades. También indican humedad extrema en los meses de junio a octubre 2018.

IX. RECOMENDACIONES

- Se recomienda el uso del Sistema Operativo de Sequias (SOS) para el análisis de sequías en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN).
- Generar e implementar el Sistema Operativo de Sequias (SOS) para otras cuencas y regiones del país.
- Analizar el comportamiento de las sequías en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN).
- Implementar métodos de pronóstico de sequías con fines de planeación para la prevención y la mitigación de las sequías en el Organismo de Cuenca Pacifico Norte (OCPN) y otras cuencas de la República Mexicana.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

CONAGUA. (2014). Programa de medidas preventivas y de mitigación de sequía "Consejo de Cuenca Mocorito al quelite 1a versión". México.

CONAGUA. (2009 - 2017). Boletín de sequias. Culiacán.

CONAGUA, 2012. Comisión Nacional del Agua/ Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Organismo de Cuenca Pacífico Norte. Informes del estado de las presas.

CONAGUA. (2015). Comisión Nacional del Agua. *Atlas del Agua en México*.

CONAGUA. (2018). (10 de abril de 2018). Sistema Nacional de Información del Agua (SINA) . Obtenido de Estadísticas del Agua en México.

Douriet J.C., 2010. Caracterización y evaluación de escenarios por sequía en la cuenca y acuífero del río Culiacán. Tesis de maestría.

Douriet, J. C. (2017). Determinación de escenarios por sequía mediante análisis multivariado temporal usando redes neuronales en México. Tesis de doctorado.

Gaona, R. (2006). El agua en México; lo que todos y todas debemos de saber.

Gausin, G. O. (2014). Sequia: Causas y Efectos de un Fenómeno Global.

Glanzt. (1954). Sequia: Definiciones, Tipológicas y Métodos de cuantificación. 59-80, Universidad de Barcelona, Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional.

INEGI, (1995). Estudio Hidrológico del Estado de Sinaloa. Estudio hidrológico del estado de Sinaloa, 40.

Magaña V, 2004. El cambio climático global: comprender el problema. En:

Martínez, J. y A. Fernández (comps.). Cambio climático: una visión desde México. Instituto Nacional de Ecología, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México.

- Marrone, I. A. (2017). Centro de Relevamiento y Evaluación de Recursos Agrícolas y Naturales – Derechos Reservados. Ciudad de Córdoba – ARGENTINA.
- Ordoñez, (2011). “Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral del Recurso Hídrico”. LIMA - PERÚ
- Palmer. (1968). sequia: definiciones, tipológicas y métodos de cuantificación. Universidad de Barcelona, Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional. Barcelona: Investigaciones geográficas n 26°.
- Rasmussen. (1987). Sequia: Definiciones, Tipológicas y Métodos de cuantificación. Universidad de Barcelona, Departamento de Geografía Física y Análisis geográfico regional, Barcelona.
- Ravelo. (2007). Monitoreo, evaluación y pronóstico de sequías en el OCPN. Proyecto PREMIA CONAGUA. Informe OMM/PREMIA No. GINT 01/2007. OMM-CONAGUA.
- Ravelo. (2007-2012). Como parte del desarrollo de un sistema de pronóstico de sequía aplicado a la cuenca del río Culiacán, la Organización Meteorológica Mundial (OMM) a través del proyecto PREMIA y en coordinación con la Subdirección General Técnica de la CONAGUA el Proyecto de sequías en el OCPN.
- Ravelo. (2008). Monitoreo, evaluación y pronóstico de sequías en el OCPN. Proyecto PREMIA CONAGUA.
- SEMARNAT. (2013). Cuencas hidrograficas. fundamentos y perspectivas para su manejo y gestion.

Sanz et al., (2012). Presentaron los resultados del monitoreo de la sequía 2011-

2012 en la RH10-OCPN, mediante los índices SPI y PDSI utilizando el Sistema Operativo de Sequías (SOS) creado durante las consultorías de la OMM. Natural deriva de la escasez de precipitaciones en este período.

Subrahmanyam. (1967). Incidence and spread of continental drought (WMO/ IHD report n°2) Organización meteorológica Mundial Ginebra.

SUDENE. (1999). Sequia: Definiciones, Tipológicas y Métodos de Cuantificación.

Universidad de Barcelona, Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Barcelona.

Valiente. (2001). Sequia: Definiciones, Tipológicas Y Métodos de cuantificación.

Universidad de Barcelona, Departamento de Geografía Física y Análisis Geográfico Regional, Barcelona.

Velasco. (2002). Plan de Preparación para Afrontar sequías en un Distrito de

Riego. Tesis Doctoral. División de Estudios de Postgrado de la Facultad de Ingeniería. UNAM. Campus Cuernavaca Morelos.

LICENCIA DE USO DE OBRA

LICENCIA DE USO OTORGADA POR CAMARGO COTA SANTA CECILIA, de nacionalidad mexicana mayor de edad, con domicilio ubicado en San Sebastian No. 2, Sinaloa, en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor de la tesis denominada **"ANALISIS DE SEQUIAS METEOROLOGICAS EN EL ORGANISMO DE CUENCA PACIFICO NORTE"** en adelante **"LA OBRA"** quien para todos los fines del presente documento se denominará **"EL AUTOR Y/O TITULAR"**, a favor del Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva del Tecnológico Nacional de México, la cual se registrá por las clausulas siguientes:

PRIMERA-OBJETO: "EL AUTOR Y/O TITULAR", mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuito e indefinida respecto de **"LA OBRA"**, para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través el repositorio institucional y del repositorio nacional, este último consultable en la página: (<https://www.repositorionacionalcti.mx/>).

SEGUNDA-TERRITORIO: La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geografía o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

TERCERA-ALCANCE: La presente licencia contempla la autorización para formato uso de **"LA OBRA"** en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguiente medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (red), mensaje de datos o similar conocido por conocerse.

En medio óptico, magnético, electrónico, en red, mensajes de datos o similar, conocido o por conocerse.

CUARTA-EXCLUSIVIDAD: La presente licencia de so aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva; por lo tanto, **"EL AUTOR Y/O TITULAR"** conserva los derechos patrimoniales y morales de **"LA OBRA"**, objeto del presente documento.

QUINTA-CREDITOS: El Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que el **"AUTOR Y/O TITULAR"** es el único, primigenio y perpetuo titular de los derechos morales sobre **"LA OBRA"**; por lo tanto, siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de la misma.

SEXTO-AUTORIA: "EL AUTOR Y/O TITULAR" manifiesta ser el único titular de los derechos de autor que derivan de **"LA OBRA"** y declara que el material objeto del presente fue realizado por él, sin violentar o usurpar derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el único responsable.

Dado en la ciudad de Sinaloa de Leyva, Sin., a los 07 días del mes de Diciembre del 2021.

"EL AUTOR Y/O TITULAR"

Santa Cecilia Camargo Cota.
CAMARGO COTA SANTA CECILIA

**"EL INSTITUTO TECNOLOGICO DE SINALOA
DE LEYVA"**

Chuncho Luque
M.A.P. ASUAN CAMARGO LUQUE
DIRECTORA

LICENCIA DE USO DE OBRA

LICENCIA DE USO OTORGADA POR DRA. NORMA ALICIA MACIAS RODRIGUEZ, de nacionalidad mexicana mayor de edad, con domicilio ubicado en callejo Moctezuma No. 22, col. Centro, Guasave Sinaloa, en mi calidad de titular de los derechos patrimoniales y morales y autor de la tesis denominada **"ANALISIS DE SEQUIAS METEOROLOGICAS EN EL ORGANISMO DE CUENCA PACIFICO NORTE"** en adelante **"LA OBRA"** quien para todos los fines del presente documento se denominará **"EL AUTOR Y/O TITULAR"**, a favor del Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva del Tecnológico Nacional de México, la cual se regirá por las clausulas siguientes:

PRIMERA-OBJETO: **"EL AUTOR Y/O TITULAR"**, mediante el presente documento otorga al Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva del Tecnológico Nacional de México, licencia de uso gratuito e indefinida respecto de **"LA OBRA"**, para almacenar, preservar, publicar, reproducir y/o divulgar la misma, con fines académicos, por cualquier medio en forma física y a través el repositorio institucional y del repositorio nacional, este último consultable en la página: (<https://www.repositorionacionalcti.mx/>).

SEGUNDA-TERRITORIO: La presente licencia se otorga, de manera no exclusiva, sin limitación geografía o territorial alguna, de manera gratuita e indefinida.

TERCERA-ALCANCE: La presente licencia contempla la autorización para formato uso de **"LA OBRA"** en cualquier formato o soporte material y se extiende a la utilización, de manera enunciativa más no limitativa a los siguiente medios: óptico, magnético, electrónico, virtual (red), mensaje de datos o similar conocido por conocerse.

En medio óptico, magnético, electrónico, en red, mensajes de datos o similar, conocido o por conocerse.

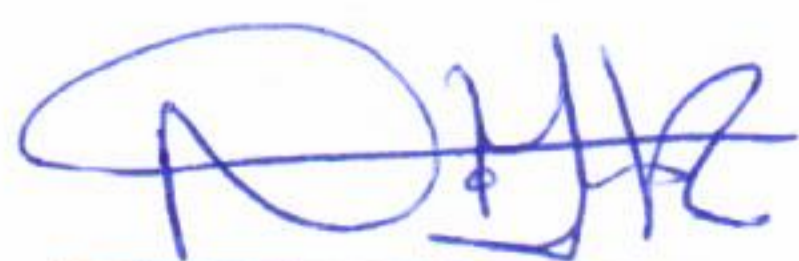
CUARTA-EXCLUSIVIDAD: La presente licencia de so aquí establecida no implica exclusividad en favor del Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva; por lo tanto, **"EL AUTOR Y/O TITULAR"** conserva los derechos patrimoniales y morales de **"LA OBRA"**, objeto del presente documento.

QUINTA-CREDITOS: El Instituto Tecnológico de Sinaloa de Leyva y/o el Tecnológico Nacional de México reconoce que el **"AUTOR Y/O TITULAR"** es el único, primigenio y perpetuo titular de los derechos morales sobre **"LA OBRA"**; por lo tanto, siempre deberá otorgarle los créditos correspondientes por la autoría de la misma.

SEXTO-AUTORIA: **"EL AUTOR Y/O TITULAR"** manifiesta ser el único titular de los derechos de autor que derivan de **"LA OBRA"** y declara que el material objeto del presente fue realizado por él, sin violentar o usurpar derechos de propiedad intelectual de terceros; por lo tanto, en caso de controversia sobre los mismos, se obliga a ser el único responsable.

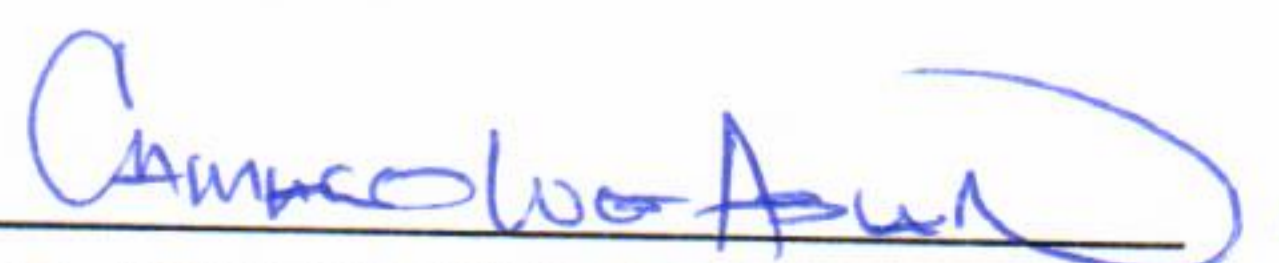
Dado en la ciudad de Sinaloa de Leyva, Sin., a los 07 días del mes de Diciembre del 2021.

"EL AUTOR Y/O TITULAR"



DR. NORMA ALICIA MACIAS RODRIGUEZ

"EL INSTITUTO TECNOLOGICO DE SINALOA DE LEYVA"



M.A.P. ASUAN CAMARGO LUQUE
DIRECTORA