



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

Análisis de la Disponibilidad de Agua de Lluvia en el Estado de Sonora

TESIS

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

P R E S E N T A

Luis Ezequiel Lin Quintana

DIRECTOR DE TESIS

Dr. Carlos A. Escalante Sandoval



Ciudad Universitaria, Cd. Mx., 2017



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

A mis padres

Luis y Leticia

Agradecimientos

Quisiera empezar por agradecer a dos grandes personas quienes me han acompañado toda mi vida, me apoyaron siempre en todo lo que necesité y que sin ellos no estaría aquí, Luis Lin y Leticia Quintana, mis padres y dos grandes seres humanos. También me gustaría dar las gracias a toda mi familia mis abuelos, mis tíos y mis primos, quienes siempre han estado conmigo y sé que siempre que lo necesite podré contar con ellos. A Daniela Mares quien me ha acompañado en la última etapa de este proceso, me ha ayudado a poder llevarlo con más tranquilidad y es una persona a quien considero parte de este importante suceso y parte de mi vida.

Al Dr. Carlos Escalante, al Ing. Marcos Trejo y al Mtro. Miguel Figueroa, personas que me conocen desde el inicio de mi carrera profesional y de quienes he aprendido un sinnúmero de cosas que estoy más que seguro me servirán para mi desarrollo como un buen ingeniero, gracias por todo su apoyo y por hacerme sentir en casa cada que camino por los pasillos e instalaciones de mi querida Facultad.

A la Generación '79 quienes me recibieron siempre con los brazos abiertos, personas en las que uno puede confiar y que ante cualquier problema que a uno se le presente siempre tienen una solución y un consejo adecuado para la situación, me han enseñado a ser humilde y a siempre conducirme con rectitud en el ámbito laboral, en especial a los ingenieros Manuel Camacho y Francisco Bruno.

A la AGFI y a SEFI ya que nos pudieron mostrar desde un diferente punto de vista la situación de la Facultad de Ingeniería y de la UNAM, ya que siempre nos motivan para estar agradecidos por todo lo que la Universidad nos otorga para poder así seguir contribuyendo de la mejor manera a su amplio crecimiento y desarrollo.

A todos mis profesores, quienes siempre se esforzaron por forjar ingenieros de calidad, a cada uno de mis amigos y compañeros de carrera quienes ayudaron a que este proceso de cinco años siempre fuese ameno y divertido, en especial a Iván Sánchez, Omar Onofre, Lourdes Fernández, Mario Fuentes y Gustavo Hernández.

En especial a cada persona con la que compartí algún momento de este proceso de quienes aprendí y quienes me motivaron a siempre ser mejor.

Índice

Introducción	4
1. Zona de Estudio	6
2. Métodos	48
2.1 Pruebas de Homogeneidad	
2.2 Prueba de Independencia de Anderson	
2.3 Prueba de Bondad de Ajuste	
2.4 Análisis de Frecuencias de Lluvias Acumuladas Anuales	
3. Materiales	55
3.1 Método de Interpolación Inversa y Base de Datos	
3.2 Estadísticos de las Series de Lluvia Acumulada Anual	
4. Resultados	60
4.1 Base de Datos	
4.2 Estadísticos de las muestras de lluvia	
4.3 Homogeneidad y Tendencia de las Series de Lluvia	
4.4 Relación de la Lluvia con los Índices Climáticos	
4.5 Análisis de Frecuencias de Lluvia Acumulada Anual	
5. Conclusiones	81
Referencias	82

Introducción

El territorio mexicano se caracteriza por un clima monzónico, con una temporada de lluvia en los meses de verano y una relativa temporada seca ocurriendo en el invierno, exceptuando la región noroeste del país (Magaña et al., 2003).

La variabilidad de la lluvia en México en tiempos de escala interanual se ha asociado con el Niño/Oscilación del Sur (ENSO) (Fuentes-Franco et al, 2015; Pavia et al, 2016) y la Oscilación del Atlántico Norte (NAO) (Santillán et al., 2012), en tanto que en tiempos de escala decadal con la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO) (Arriaga-Ramírez and Cabazos, 2010; Pavia et al, 2016). Finalmente, con la Oscilación Multidecadal del Atlántico (AMO) en tiempos de escala multidecadal (Méndez and Magaña, 2010).

Durante el invierno, El Niño produce anomalías positivas de precipitación en el noroeste de México y negativas alrededor del Istmo de Tehuantepec (Magaña et al., 2003). La presencia del Niño (La Niña) durante el verano reduce (Aumenta) los niveles de precipitación en la mayor parte del territorio nacional (Magaña et al., 2003).

Los cambios interdecadales del PDO se asocian con cambios significativos en la teleconectividad entre los niveles de lluvia en México y los modos climáticos de gran escala (Englehart y Douglas, 2002).

En el noroeste de México las teleconexiones más fuertes ocurren generalmente durante el invierno y el comportamiento de las lluvias se asocian con una fase positiva de la PDO con inviernos húmedos y una fase negativa con inviernos relativamente secos (Brito-Castillo et al. 2003; Arriaga Ramirez y Cabazos, 2010).

Por otra parte, varios estudios sugieren una asociación entre la presencia de las sequías en México y la AMO (Curtis, 2008; Méndez y Magaña, 2010, Mendoza et al., 2006; Mendoza et al., 2007). La región noroeste de México es más seca, y se observa una reducción de la precipitación diaria durante la fase positiva de la AMO (Curtis, 2008).

Debido a la evidencia mostrada sobre la variabilidad de los patrones de lluvia en México es claro que dentro de los planes de manejo de los recursos hídricos es necesario considerar su alteración o sus oscilaciones naturales, con especial atención a la identificación de áreas que son más susceptibles.

El estado de Sonora es un importante productor de alimentos. El 97% del recurso hídrico se destina a la producción agrícola, sin embargo, se estima una eficiencia que oscila entre un 40% a 60% en los sistemas de distribución. Además, solo el 2% se emplea en el suministro urbano, y el restante 1% a la ganadería e industria. La alta demanda del sector agrícola ha generado la sobreexplotación de los acuíferos, con un abatimiento anual estimado de entre 1 y 2 metros.

La escasez de agua en el estado es sin duda una problemática que debe resolverse. Por lo que la asignación del recurso hídrico a los diferentes usuarios debe estar sustentado en un análisis de disponibilidad, el cual parte en primera instancia de conocer el volumen de lluvia que se precipita en el estado.

Se definirá el estado del cada uno de los municipios, así como de Sonora en general, para observar los recursos con los que cuenta, encontrar la disponibilidad de agua con la que tienen, así como en que se emplean sus recursos naturales. Los métodos a utilizar serán según lo que el estudio nos exija ya que se está estrechamente relacionado con los diferentes eventos hidrológicos, los cuales obtendremos de las diferentes características de los municipios a lo largo del Estado de Sonora.

Este estudio analiza dicha disponibilidad en diferentes fases, la primera tiene que ver con la relación que existe entre la magnitud y ocurrencia de la precipitación con los fenómenos atmosféricos de gran escala, como son el ENSO o la Oscilación Decadal del Pacífico (PDO).

La segunda se relaciona con la determinación de la estacionareidad de las series de lluvia, para lo cual se utilizaron las pruebas de Pettit y Mann Kendall. Así con las herramientas proporcionadas por la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) obtendremos los registros las estaciones que se encuentran dentro del Estado de Sonora, se utilizaran distintos métodos geo-estadísticos para encontrar la información con la que no se cuenta y llevar a cabo análisis de frecuencias.

Finalmente, mediante el análisis de frecuencias de series de lluvia anual se determinó tanto su disponibilidad media ($T = 2$ años), como aquella asociada a las condiciones de escasez ($T = 5$ y 10 años). Todo esto, a través del ajuste de distribuciones de probabilidad unimodal y bimodal de 58 estaciones climatológicas.

1. Zona de Estudio

El estado de Sonora se localiza entre los 108° 27' y 115° 03' de longitud este y los 26° 14' y 32° 29' de latitud norte (Figura 1.1). Tiene una extensión territorial de 179,503 km² dividida en 72 municipios (CONAGUA, 2015).

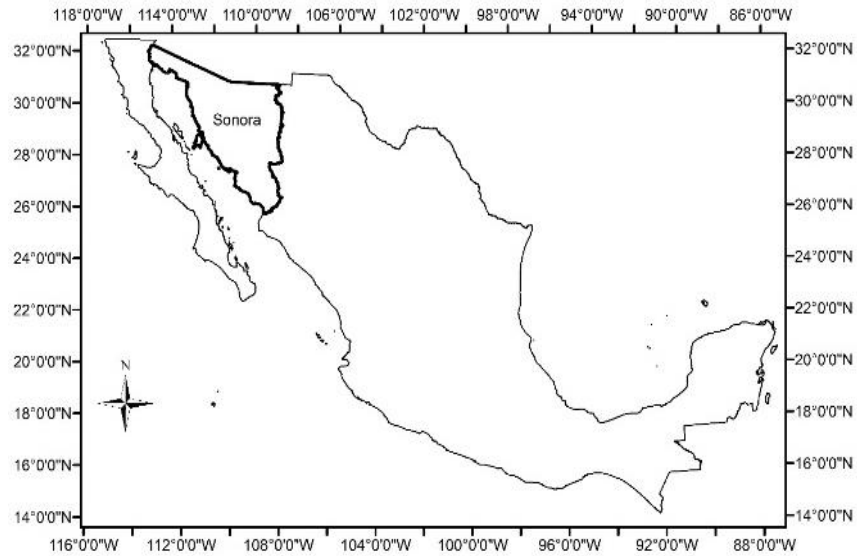
En el 90% del estado predomina el clima seco y semiseco con poca disponibilidad de agua. La temperatura media anual varía de los 12.7°C a los 26°C, en tanto que las temperaturas extremas promedio mínima es de 5.9°C y la máxima 35.2°C. la precipitación media anual en el estado es de 445 mm (CONAGUA, 2015).

Los principales ríos en el estado son: el colorado, concepción, San Ignacio, Sonora, Yaqui y el Mayo. Así mismo, cuenta con un conjunto importante de almacenamientos como lo son las presas Álvaro Obregón, Adolfo Ruiz Cortines, Plutarco Elías Calles y la Abelardo L. Rodríguez.

En lo que respecta a la flora, el 70% del territorio está cubierto de vegetación desértica y solo el 6.4% por bosques. Su fauna está representada por 54 géneros de mamíferos con 139 especies y subespecies nativas. Dentro de las que sobresalen por su importancia el venado cola blanco y el borrego cimarrón.

En el estado existe una gran variedad de tipos de suelos y los más frecuentes son los yermosoles y los castañozem los cuales ocupan aproximadamente un 73 por ciento de la superficie total del estado Estos suelos tienen una buena retención de agua, con drenaje adaptable a las actividades agrícolas.

A continuación, se realizará una breve descripción (INEGI, 2016; INAFED, 2016) de los principales municipios que forman el Estado de Sonora (Figura 1.2).



(figura 1.1 Ubicación Estado de Sonora)



(figura 1.2 División Municipal del Estado de Sonora (INEGI, 2016))

Aconchi

El municipio se localiza en los 22° 49' de latitud norte y 110° 14' de longitud oeste, a una altura de 609 m.s.n.m. Posee una superficie de 367.96 km². Predomina el terreno montañoso que cubre aproximadamente el 80% de la superficie de la región occidental, lo restante es terreno plano y ondulado.

El clima es seco semicálido, con una temperatura media mensual máxima de 28°C en los meses de julio a septiembre y con temperatura media mínima mensual de 13.3°C comprendidos entre diciembre y febrero. Las lluvias se presentan en verano con una precipitación media anual de 450 mm, además de granizadas ocasionales y época de heladas de noviembre a enero.

Su flora se caracteriza por la existencia de mezquital y bosques. Su fauna la conforman salamandras, sapo, rana, camaleón, culebra, cobra, puma, jabalí, liebre, conejo, aguililla cola roja y codorniz.

Dentro del municipio sus tierras son para cultivo y cría de ganado, tiene tres distinciones de tipos de suelo, feozem, regosol y xerosol

Agua Prieta

El municipio tiene una superficie de 3,943.07 km² y se ubica en las coordenadas 31° 17' de latitud norte y 109° 33' de longitud oeste, a una altura de 1,402 m.s.n.m.

Su territorio es generalmente montañoso. Sus serranías más notables son las de Agua Prieta, San Bernardino, de Guadalupe, Gallardo, Putaicachi, La Cabullona, San Luis y Xitahueta. Se ubica en la cuenca del río Yaqui.

El clima predominante en el municipio es de tipo templado, la temperatura media mensual máxima es de 27.3°C y mínima de 7.4°C. Las lluvias se presentan los meses de julio, agosto y septiembre con una precipitación media anual de 334.6 mm, y también existen deshielos del norte en los meses de diciembre y febrero.

En el noroeste del municipio existen pastizales naturales y en su parte central existen agrupaciones de bosques de encinos y pinos. En cuanto a fauna, existen las siguientes especies: tortuga, puma, venado, coyote, jabalí y águila.

Se distinguen los siguientes tipos de suelo: litosol, regosol y xerosol.

Alamos

El municipio se localiza en el paralelo 27° 01' de latitud norte y a los 108° 55' de longitud al oeste y una superficie accidentada de 6,426.22 km². Su clima es semiseco y semicálido, con una temperatura media mensual máxima de 29.7°C y una media mensual mínima de 17°C. Su precipitación media anual es de 652.3 mm y se presentan heladas en los meses de diciembre y marzo.

Predomina la selva baja caducifolia en toda la extensión del territorio municipal, se destacan zonas de agricultura de temporal al norte y sur del municipio, también se cultivan árboles frutales. Los animales más característicos son: tortuga de río, jabalí, zorra gris y venado cola blanca.

Dentro del municipio sus tierras son para cultivo y recursos mineros, se caracteriza por los siguientes tipos de suelo: cambisol, litosol y regosol.

Altar

Altar se localiza en los 30° 42' de latitud norte y a los 11° 49' de longitud al oeste a una altura de 397 m.s.n.m. Cuenta una superficie de 4,455.44 km².

El clima del municipio es muy seco, cálido, presentándose una temperatura mensual máxima de 31.6°C y una mínima de 12°C.

Se caracteriza por la existencia de matorral desértico principalmente en el norte del municipio, donde se encuentran las nopaleras, cardenales y garambujos. Los animales más comunes son: sapo, sapo, camaleón, puma, lince y coyote.

Dentro del municipio sus tierras son para cultivo y cría de ganado, tiene dos distinciones de tipos de suelo: litosol y regosol.

Arivechi

Se localiza en los 28°55' de latitud norte y a los 109°11' de longitud al oeste a una altura de 556 m.s.n.m. Posee una superficie de 662.58 km². Las vertientes accidentadas de la Sierra Madre cubren gran parte del territorio de Arivechi.

Cuenta con un clima seco-cálido con una temperatura media mensual máxima de 30.4°C y una mínima de 12.9°C. El régimen de lluvia se tiene en los meses de julio y agosto con una precipitación media anual de 565.7 mm y un periodo de heladas de febrero a marzo.

Predomina en el territorio vegetación tipo bosque y al oeste del municipio encontramos selva baja caducifolia. Se destaca por las siguientes especies: sapo, tortuga de monte, iguana de roca, escorpión, venado cola blanca, puma y lince.

Los recursos naturales del municipio lo componen sus tierras agrícolas y su producción ganadera y cuenta con los siguientes tipos de suelos: cambisol, feozem, luvisol y regosol.

Arizpe

Se localiza en los 30°20' de latitud norte y a los 110°09' de longitud al oeste a una altura de 800 m.s.n.m.

Cuenta con un clima seco semicálido, con una temperatura media mensual máxima de 28.9°C y una media mensual mínima de 11.4°C. Las lluvias son de verano y se genera una precipitación media anual de 421.5 mm. Ocasionalmente, se presentan heladas de noviembre a febrero.

La vegetación de bosque de encino existente en el municipio está localizada en las cercanías de la sierra de san Antonio y El Carmen, una gran extensión de territorio municipal está cubierta de pastizales. Sobre la ribera del río Sonora se dedican pequeñas áreas a la agricultura en el noreste del municipio existen, áreas de matorral espinoso. Se caracteriza por las siguientes especies de animales: sapo, tortuga del río, de agua, del monte, venado cola blanca, puma, lince, lechuza, tecolote, y cuervo.

En el municipio existen los siguientes tipos de suelo: cambisol, litosol y regosol.

Atil

El municipio está ubicado en los 30° 53' de latitud norte y a los 111° 34' de longitud al a una altura de 306 m.s.n.m. Cuenta con una superficie de 400.43 km².

El municipio tiene un clima muy seco, semicálido, con una temperatura media máxima mensual de 25.6°C y una media mínima mensual de 12.8°C. Su precipitación media anual es de 332.3 mm y el período de frío intenso se presenta entre diciembre y enero.

En la parte norte existen pequeñas áreas de mezquital y de matorral, tales como nopales y cardonales, se dedican algunas áreas del suelo municipal para agricultura de riego en la parte ribereña del río Altar.

El municipio se destaca por las siguientes especies de animales: sapo tortuga del desierto, camaleón, cachorón, venado cola blanca, borrego, conejo, tórtola, lechuga y pájaro carpintero.

Dentro del municipio sus tierras son para cultivo y pastos para ganado. Tiene dos tipos de suelo: regosol y yermosol.

Bacadéhuachi

Se localiza en los 29° 48' de latitud norte y 109° 08' de longitud oeste. Su extensión territorial es de 106 638km².

Cuenta con un clima semiseco cálido, con una temperatura media máxima mensual de 28.7°C y una media mínima mensual de 11.7°. El periodo de lluvias se presenta en verano, generando una precipitación media anual de 490.8 mm, además de heladas ocasionales en enero y febrero.

La vegetación la conforma por bosque y matorral desértico. En el municipio se encuentra una gran variedad de animales destacando los siguientes: sapo, rana, tortuga, venado, puma, lince, coyote tecolote, golondrina, zopilote y águila.

Dentro del municipio sus tierras son para cultivo, tiene tres tipos de suelo: cambisol, feozem y regosol.

Bacanora

El municipio está ubicado en los 28° 59' de latitud norte y a los 109° 24' de longitud al oeste, a una altura de 1,030 m.s.n.m. Posee una superficie de 1,131.11 km².

Cuenta con un clima muy seco y cálido, con una temperatura media máxima mensual de 30.8°C y con una media mínima mensual de 13.7°C. El período de lluvias se presenta en verano, teniendo una precipitación media anual de 520.4 mm, con heladas entre los meses de noviembre a marzo.

Predomina la selva baja caducifolia, también se pueden encontrar pequeñas áreas de bosque de pino y matorral subtropical.

En el municipio destacan las siguientes especies animales: sapo, rana, tortuga verde, venado cola blanca, puma, lince, lechuza, tecolote, y periquito verde.

Dentro del municipio sus tierras son para el desarrollo de la agricultura y cultivo de pastos para la ganadería, tiene los siguientes tipos de suelo: cambisol, feozem y litosol.

Bacerac

El municipio está ubicado en los 30° 17' de latitud norte y 108° 49' de longitud oeste a 1,432m.s.n.m. Posee una superficie de 1,343.86 km².

Cuenta con un clima semiseco, semicálido y semiseco templado, con una temperatura media mensual máxima de 30.5°C y con una media mensual mínima de 12.5°C. El período de lluvias se presenta en verano, con una precipitación media anual de 560 mm. Se tiene heladas frecuentes y granizadas en los meses de noviembre y marzo.

Existe diseminada por todo el territorio vegetación variada tal como: matorral subtropical, pastizal natural, podemos encontrar también bosque de táscate, selva baja caducifolia, así como también matorral espinoso. En la parte este del municipio existe bosque de pino-encino, al norte de la ribera del río Bavispe, se dedica una pequeña porción a la agricultura de riego.

Destacaran las siguientes especies de animales: sapo, sapo verde, rana y sapo toro, tortuga de río, venado cola blanca, puma, lince, lechuza y tecolote.

Dentro del municipio sus tierras son para cultivo y pastos para el ganado, tiene tres tipos de suelo: cambisol, litosol y regosol.

Bacoachi

El municipio se ubica en los 30°38' de latitud norte y a los 109°58' de longitud oeste, a una altura de 1,350 m.s.n.m Tiene una superficie de 1,231.69 km.

Cuenta con un clima semiseco templado, con una temperatura media máxima mensual de 27.3°C y una temperatura media mínima mensual de 9.1°C. El período de lluvias se presenta en el verano, teniendo una precipitación media anual de 444 mm. Se presentan heladas entre los meses de noviembre a marzo.

En el municipio se localiza vegetación tipo bosque, y pequeñas porciones de matorral. En los límites con el municipio de Arizpe se encuentra pastizal inducido y pequeñas áreas de agricultura de riego. Se pueden encontrar diferentes especies de animales: sapo, sapo verde, rana, tortuga de río, tortuga de agua, venado cola blanca, puma, lechuza y tecolote cornudo.

Existen diferentes tipos de suelo en su territorio: cambisol, litosol y regosol.

Bácum

El municipio se localiza en los 27° 32' de latitud norte y a los 110° 05' de longitud al oeste, a una altura de 50 m.s.n.m. Posee una superficie de 1,578.16 km².

Cuenta con un clima muy seco, cálido extremoso, con una temperatura media mensual máxima de 31.2°C y una temperatura media mensual mínima de 15.8°C. El período de lluvias se presenta entre los meses de julio a septiembre, con una precipitación media anual de 487.1 mm y heladas frecuentes en los meses de noviembre a marzo.

La vegetación se compone de matorral, dedicándose la mayor parte de la superficie municipal para usos de agricultura y riego. Se destaca por las siguientes especies animales: tortuga de desierto, camaleón, venado, puma, jabalí, tórtola, tordo negro y zopilote.

Los recursos naturales lo constituyen sus tierras de cultivo agrícola y pastos para ganado. Se compone de dos tipos de suelos: soonach y xerosol.

Banámichi

El municipio se localiza en los 30° 01' de latitud norte y a los 110° 13' de longitud al oeste, a una altura de 550 m.s.n.m. Posee una superficie de 807.70 km².

Cuenta con un clima seco semicálido, con una temperatura media máxima mensual de 29.3°C y media mínima mensual de 13.3°C. El período de lluvias se presenta en verano, con una precipitación media anual de 424 mm. Existen heladas frecuentes de noviembre a marzo. En la región se pueden encontrar pastizales, bosques de encino, mezquiales y matorral subtropical. Se tienen las siguientes especies de animales: sapo, tortuga de río, venado cola blanca, puma, lince, y lechuza.

Se cuenta con los siguientes tipos de suelo: feozem y litosol.

Baviácora

El municipio se localiza en el paralelo 29° 42' de latitud norte y 110° 09' de longitud oeste, a una altura de 620 m.s.n.m. Posee una superficie de 841.95 km².

El territorio del municipio corresponde a la llamada región de los valles. Se encuentran en la zona varias serranías, de las cuales las más importantes son las de Hierbas del Manso, Bellotas, Aconchi, entre otras. La corriente más importante de la región es el río Sonora

Cuenta con un clima seco cálido, con una temperatura media máxima mensual de 30.1°C entre junio y septiembre y la media mínima mensual de 13.5°C en diciembre y enero. El periodo de lluvias se presenta en verano en los meses de julio y agosto con una precipitación media anual de 321.5 mm, las heladas y granizadas en noviembre y febrero.

La mayor parte del territorio está cubierta de vegetación de tipo matorral subtropical, y lo demás lo componen bosques, encino y algunas áreas de pastizales. La fauna característica del municipio son: sapo, tortuga de río, cachorón, venado cola blanca, lobo, paloma morada, lechuza, tecolote cornudo, urraca hermosa, entre otras.

Los recursos naturales lo componen sus tierras para cultivo y cuenta con los siguientes tipos de suelo: cambisol y regosol.

Bavispe

Se localiza en el paralelo 30° 28' de latitud norte y a los 108° 56' de longitud al oeste, a una altura de 902 m.s.n.m. Posee una superficie de 1,722.43 km².

Presenta tres formas de relieve, que forman parte de la Sierra Madre Occidental: Las zonas accidentadas o agrestes, las zonas semiplanas, y las zonas planas donde se encuentran las zonas agrícolas. Su caudal más importante es el río Bavispe.

Cuenta con un clima semiseco, semicalido, con temperatura media máxima mensual de 29.5°C entre junio y septiembre y una media mínima de 10.7°C de diciembre a enero. Su periodo de lluvias se presenta en julio y agosto, con precipitación media anual de 426.9 mm y heladas en noviembre y marzo.

Encontraremos matorral espinoso, pastizal natural, aunque predomina el bosque, encino, encino, con pequeñas porciones de mezquital. Lo caracterizan las siguientes especies de animales: sapo, rana, tortugas de río, cachoras, paloma morada, lechuza, tecolote, entre otras.

Sus recursos naturales son para uso agrícola y tiene los siguientes tipos de suelos: litosol, regosol y vertisol.

Benjamin Hill

El municipio se localiza en el paralelo 30° 10' y el meridiano 111° 07' al oeste, con altura de 853 m.s.n.m. Tiene una superficie de 854.70 km².

Las zonas planas están en el 80% del territorio, lo demás corresponde a zonas accidentadas de la Sierra Madre Occidental. Tiene escasos recursos hidrológicos y cuenta con un clima seco cálido, con una temperatura media mensual máxima de 31.6°C entre junio y septiembre y con una temperatura media mínima mensual de 13.8°C en diciembre y enero. El periodo de lluvias se presenta en julio y agosto con precipitación media anual de 194 mm y heladas de noviembre a marzo.

Su territorio está cubierto de mezquital. Podemos encontrar las siguientes especies de animales: sapo, tortuga de desierto, venado cola blanca, puma, lechuza y tecolote cornudo.

Sus recursos naturales son para uso agrícola y producción ganadera, distinguiéndose por tener xerosol y yermosol.

Caborca

Se localiza en el paralelo 30° 42' de latitud norte y el meridiano 112° 09' de longitud al oeste, a una altura de 289 m.s.n.m. Tiene una superficie de 10,737.35 km².

Se ubica en la región 8, llamada Río Colorado y en la cuenca 8C denominada Sonorita. El río más importante es el Asunción. Cuenta con un clima seco semicálido extremosa, con una temperatura media máxima mensual de 31.9°C de Junio a Septiembre, de 12.4°C en diciembre y enero. El período de lluvias se presenta en julio y agosto contándose con una precipitación media anual de 164 mm con heladas ocasionales en febrero.

La mayor parte del territorio está constituido por vegetación de desiertos arenosos y matorral subinerme. Se han arrancado, al desierto, grandes extensiones que se dedican a la agricultura de riego. Su fauna característica está formada por las siguientes especies: sapo, tortuga de desierto, víbora de cascabel, venado cola blanca, borrego cimarrón, puma, cardenalito y cuervo blanco.

Se distingue por contar con litosol, regosol y yermosol como sus diferentes tipos de suelos.

Cajeme

El municipio se localiza en el paralelo 27° 29' de latitud norte y a los 109° 56' de longitud al oeste con una altura de 46 m.s.n.m. Cuenta con una superficie de 4,882.65 km².

La mayoría de su territorio es plano. Ubicado en la cuenca B del río Yaqui, región Hidrológica no. 9 abasteciendo el mismo río la presa Álvaro Obregón, su capacidad es de 2,989 millones de metros cúbicos.

El municipio presenta básicamente dos tipos de climas, seco y muy seco. El primero tendrá clima cálido extremo, con una precipitación media anual de 410 mm. El segundo muy cálido extremo, con una precipitación media anual de 299 mm. En ambos casos el 73% de la precipitación se presenta de julio a septiembre, temperaturas medias máximas de 31°C presentan de junio a septiembre y medias mínimas de 16°C en enero. Con heladas en diciembre y febrero.

Gran parte del territorio está constituido por selva baja caducifolia y estribaciones de Sierra Madre Occidental, matorral sarco-crasicaule. Las especies de animales características del municipio serán: rana, sapo toro, coralillos, coyote, zorra, palomas, y aves migratorias al sur.

Sus recursos naturales son para cultivo y se utilizan las presas para la producción agrícola, tiene los siguientes tipos de suelos: cambisol, fluvisol, litosol, regosol, vertisol y xerosol.

Cananea

Se localiza en el paralelo 30° 58' de latitud norte y a los 110° 17' de longitud al oeste, a una altura de 1,654 m.s.n.m. Posee una superficie de 2,312 km².

Está situado en la parte dominante del sistema orográfico que se extiende en la región septentrional del estado. Las serranías más importantes son las de Manzanal, Los Ajos, Canane, Magallanes, Azul y la Mariquita. Las vertientes hidrológicas más importantes de la zona son los

ríos: Sonora, Bacanuchi y San Pedro. Cuenta con 34 pozos, de los cuales 20 son de riego, 11 para abastecimiento en la minería y 4 de agua potable.

Cuenta con un clima semicálido subhúmedo, con una temperatura media máxima mensual de 23.5°C de junio a septiembre y con una temperatura media mínima mensual de 7.4°C en diciembre y enero. El periodo de lluvias se presenta en los meses de julio a septiembre, contándose con precipitación media anual de 545 mm. En los meses de febrero, marzo y abril se llegan a presentar frecuentemente heladas y granizadas.

La vegetación de pastizal es predominante en casi la totalidad de la extensión territorial. Las áreas para agricultura de riego son escasas. Las especies características del municipio serán: sapo, salamandra, tortuga de agua, camaleón, venado cola blanca, puma y lince.

Sus recursos naturales son para la minería, tiene tres tipos de suelos: feozem, litosol y regosol.

Carbó

El municipio se localiza en el paralelo 29° 41' de latitud norte y el meridiano 110° 57' de longitud al oeste con una altura de 304 m.s.n.m. Posee una superficie de 2,583.28 km².

Su territorio es plano, destacan algunos lomeríos y la sierra de la Cobriza de norte a sur.

Cuenta con un clima cálido, muy seco, con una temperatura media mensual máxima de 30.5°C en julio y de una mínima mensual de 17.4°C en diciembre. Las lluvias se presentan de julio a septiembre, y una precipitación media anual de 294 mm.

Gran parte de la superficie municipal está formada por mezquital, existen pequeñas áreas de pastizales y de matorral subtropical.

Se dedican algunas áreas para agricultura de riego. Sus recursos naturales son para tierras de y tiene los siguientes tipos de suelo: regosol y yermosol.

La Colorada

El municipio se localiza en el paralelo 28° 48' de latitud norte y a los 110° 34' de longitud al oeste con una altura de 400 m.s.n.m. Tiene una superficie de 4,123.05 km².

Su territorio corresponde a las regiones de los valles y las planicies, cuenta con algunas serranías entre las que se encuentran las de El Realito, California Verde y Chilicote. Está dividida entre las cuencas hidrológicas de los ríos Yaqui, Mátepe y Sonora.

Cuenta con un clima seco semicálido, con una temperatura media máxima mensual de 26.1°C de junio a septiembre y temperatura media mínima de 10.7° C en diciembre y enero. Las lluvias se presenta en julio y agosto con una precipitación media anual de 349.7 mm y heladas ocasionales en febrero y marzo.

La vegetación en el municipio se distingue por la gran variedad de matorrales como el subtropical, componentes del matorral sarcocaula y selva baja caducifolia. Se caracteriza por las siguientes especies: sapo, tortuga de desierto, salamanesca, liebre, conejo, zorra gris, lechuza, tecolotillo, chupamirto prieto, entre otros.

Sus tierras son para cultivo y desarrollo de pastos para. Tiene los siguientes tipos de suelo: litosol, regosol, xerosol y yermosol.

Cucurpe

Se localiza en el paralelo 30° 19' de latitud norte y el meridiano 110° 42' de longitud al oeste con una altura de 900 m.s.n.m. Tiene una superficie de 1,568.99 km².

Tiene dos ríos de corrientes con aguas claras la mayor parte del año y corrientes turbulentas en la época de lluvias el río Dolores y el Saracachi.

El municipio cuenta con un clima semiseco templado del tipo, con una temperatura media máxima mensual de 25.3°C entre junio y septiembre y una temperatura media mínima mensual de 8.3°C en diciembre y enero. Las lluvias se presentan en los meses de julio y agosto, con una precipitación pluvial media anual de 466.8 mm.

Predomina la vegetación de pastizal, bosque de encino y roble, mezquital y pequeñas áreas de matorral subtropical. Se caracteriza por las siguientes especies de animales: sapo, sapo toro, rana, tortuga de desierto, venados cola blanca, puma, paloma morada y lechuza.

Sus recursos naturales son para cultivo y desarrollo de pastos para la ganadería, cuenta con los siguientes tipos de suelos: litosol y regosol.

Cumpas

El municipio está se localiza en el paralelo 30° 00' de latitud norte y el meridiano 109° 47' de longitud al oeste, a una altura de 914 m.s.n.m. Tiene una superficie de 2,010.43 km².

Está comprendido en la declinación del sistema montañoso septentrional, se encuentran varias serranías, entre las que destacan la de Nacozari, y las de Barrigón.

Cuenta con un clima seco, semicálido, con una temperatura mensual mínima de 12°C, de diciembre a enero. El periodo de lluvias se presenta en julio y agosto con una precipitación media anual de 460.8 mm con heladas y granizadas de noviembre a febrero.

Existen bosque de pino y pastizal inducido, matorral subtropical, pequeñas porciones de vegetación de tipo mezquital y se destina una porción para la agricultura de riego. En el municipio se encuentran las siguientes especies de animales: sapo, tortuga de agua, tortuga de monte, coyote, puma, jabalí, águila, gavilán ratonero y codorniz.

Sus recursos naturales son para la producción agrícola y cultivo de pastos para la ganadería, cuenta con los siguientes tipos de suelos: cambisol y regosol.

Divisaderos

El municipio se localiza en el paralelo 29° 36' de latitud norte y el meridiano 109° 28' de longitud al oeste, con una altura de 850 m.s.n.m. Tiene una superficie de 394.16 km².

El territorio del municipio es generalmente accidentado. La corriente más importante del municipio es el río Bavispe.

Cuenta con un clima semiseco, semicálido, una temperatura media máxima mensual de 28.7°C en Junio y Julio y con una temperatura media mínima mensual de 11.7°C de Diciembre a Febrero, el período de lluvias se presenta en Julio y Agosto con una precipitación media anual de 490.8 mm.

La flora del municipio es variada, encontraremos vegetación tipo mezquital y matorral subtropical. Las especies de animales que lo caracterizan son: sapo, rana verde, tortuga de río, víbora de cascabel, venado cola blanca, jabalí, paloma, tecolote cornudo y lechuza.

Sus tierras son de cultivo, tiene los siguientes tipos de suelo: cambisol y regosol.

Empalme

El municipio se localiza en los paralelos 27° 55' 28" de latitud norte y 110° 47' 30" longitud oeste, tiene una altura de 3.5 m.s.n.m. Posee una superficie de 593.22 km².

Presenta tres formas de relieve: zonas accidentadas, zonas semiplanas y el resto zonas planas. En el municipio encontraremos los Arroyos los cuatres, y el arroyo de san Marcial.

Tiene un clima muy seco, muy cálido, con una temperatura media máxima de 29°C en Agosto y Septiembre y una media mínima de 17 °C en Enero y Febrero.

Predomina en el municipio la vegetación tipo mezquital y se pueden encontrar pequeñas áreas de matorral subinerme. La fauna del municipio la componen las siguientes especies: sapo, tortuga del desierto camaleón, achorón, venado, puma, lechuza, tecolotem y cuervo.

Sus recursos naturales son para desarrollo agrícola y pesquero. Podremos encontrar con los siguientes tipos de suelos: litosol y yermosol.

Etchojoa

Se localiza en el paralelo 26° 52' de latitud norte y a los 109° 39' de longitud al oeste, con una altura de 13 m.s.n.m. Posee una superficie de 949.85 km². El municipio está formado en un valle de pendientes, muy propias para la agricultura, interrumpidas, solamente por los cerros El Bayajórito, Moyacahui, Junelancahui, La Campana, Oromuni y Totocame. El río Mayo, es una importante fuente abastecedora de agua para la actividad agrícola, es el factor regulador del asentamiento de la población.

Presenta clima muy seco cálido, la temperatura media máxima mensual es de 20.1° C. Con precipitación media anual de 204.65 mm y los meses más lluviosos son julio, agosto, septiembre, presentando heladas ocasionales de noviembre a marzo.

Predomina la vegetación tipo mezquital y pitahayas. Lo caracterizan las siguientes especies de animales: sapo, sapotoro, rana toro, culebras, coralillo, liebre, conejo, pelícano café y pato de collar.

Tiene los siguientes tipos de suelo: solonchack, vertisol, xerosol, y yermosol.

Fronteras

Se localiza en el paralelo 30° 53' de latitud norte y en el meridiano 109° 34' de longitud al oeste, a una altura de 1,127 m.s.n.m. Posee una superficie de 2,624.36 km².

El terreno en el que se encuentra es sumamente montañoso. Las serranías más importantes son: Los Ajos, Púrica, Ninivacachi y Ceniza. Corresponde a los ríos Yaqui y Gila.

Cuenta con clima muy seco templado, con una temperatura media máxima mensual de 26.3°C entre julio y agosto y una temperatura media mínima mensual de 6.1°C de diciembre a enero. La temporada de lluvias es de julio a agosto con precipitación media anual de 427.5 mm.

Predomina el matorral subinerme, pastizal natural, así como pequeñas porciones de mezquital. Existen también pequeñas áreas de agricultura de riego. Se destaca por las siguientes especies de animales: sapo, sapo toro, tortuga de agua, camaleón huico, víbora sorda, víbora de cascabel, venado cola blanca, puma, lince, lechuza, chuparrosa.

Sus recursos naturales son para desarrollo de la agricultura y producción ganadera, tiene las siguientes distinciones de tipos de suelo: feozem, litosol y xerosol.

Granados

El municipio se localiza en el paralelo 29° 52' de latitud norte y el meridiano 109° 17' de longitud al oeste, con una altura de 850 m.s.n.m. Tiene una superficie de 363.94 km².

La superficie territorial presenta tres formas de relieve: la primera serán zonas accidentadas, la segunda zonas semiplanas y la tercera corresponde a zonas planas. Destaca el río Bavispe, el río Aros con caudal constante. Cuenta con cinco represas: Los Chinos, Los Bevelamas, La Tinaja, El Mezquite y El Batamote. Dichas represas cubren parcialmente las necesidades de agostadero.

Tiene con un clima semiseco y semicálido, con una temperatura media máxima mensual de 31.2°C en julio y una temperatura media mínima mensual de 2°C en diciembre. La época de lluvias se presenta regularmente en verano de julio a septiembre, con una precipitación pluvial media anual de 485.9 mm.

Predomina en la vegetación el matorral subtropical, caracterizado por su transición ecológica entre bosque templado y matorrales de condiciones más secas. Las especies de animales

característicos del municipio son: sapo toro, sapo, alicante, víbora sorda, puma, jabalí, mapache, tecolotito, garrapatero, entre otros.

Se encuentran los siguientes tipos de suelo: cambisol, feozem, litosol y regosol.

Guaymas

Se localiza en el paralelo 57° 56 de latitud norte y el meridiano 111° 52 de longitud oeste, con una altura 15 m.s.n.m. Posee una superficie de 12,206.18 km².

La mayor parte de su territorio es plano, inclinado de este a oeste y termina a orillas del golfo de California. Está compuesto por el río Mátape.

Cuenta con un clima seco muy cálido, con una temperatura máxima mensual de 31°C entre los meses de julio a agosto y una temperatura media mínima mensual de 18°C entre enero y febrero.

Se encuentra vegetación tipo mezquital, matorral subinerme. En los límites con el municipio de Empalme se localiza un área para agricultura de riego. Las especies de animales predominantes son: sapo, sapo toro, tortuga del desierto, camaleón, coralillo, venado cola blanca, borrego cimarrón, puma, paloma morada, lechuza y tecolote cornudo.

Sus recursos naturales son destinados para la agricultura obteniendo altos rendimientos en los cultivos de algodón, granos, de vid y pastos para ganado, tiene tres distinciones de tipos de suelo: litosol, regosol y yermosol.

Hermosillo

El municipio se localiza en el paralelo 29° 05' de latitud norte y meridiano 110° 57' de longitud oeste con una altura de 282 m.s.n.m. Tiene una superficie de 15,720.35 km².

Su territorio es plano, con una ligera inclinación al este terminando en la orilla del mar. Presenta tres principales conformaciones: zonas accidentadas, semiplanas y planas. Los recursos hidrológicos del municipio se componen de los ríos Sonora y San Miguel.

Existen dos regiones climáticas: región costera con clima desértico semicaldo con inviernos frescos y temperaturas de cero grados en enero y febrero, hasta temperaturas de 48°C en los meses de julio y agosto y la segunda región la conforma el resto del municipio con un clima seco y temperaturas de 14 a 16 °C en enero y febrero con extremas de 31 a 47 °C en julio y agosto. La

temporada de lluvias se registra en la región costera en junio, julio, agosto y septiembre con una precipitación pluvial de 75 a 200 mm. Las lluvias en el resto del municipio se presentan en verano con precipitaciones de 200 a 300 mm.

Sobresale la vegetación del tipo mezquital y existe vegetación de dunas. Predomina las siguientes especies: sapo, sapo toro, tortuga del desierto, camaleón, venado cola blanca, borrego, berrendo, puma lince, entre otros.

Sus tierras son para la agricultura y cultivo de pastos para la ganadería. Cuenta con los siguientes tipos de suelo: litosol, regosol y yermosol.

Huachinera

El municipio se localiza en el paralelo 30°12' de latitud norte y el meridiano 108°57' de longitud al oeste, a una altura de 914 m.s.n.m. Tiene una superficie de 1,198.24 km².

De territorio montañoso, corresponde a las estribaciones de la Sierra madre Occidental, sus serranías principales son Quebahuérachi, La Higuera y la de Huachinera. El río Bamochi es de gran importancia, cuenta con 32 pozos para uso agrícola y doméstico.

Predomina el clima semisecotemplado, con una temperatura media máxima mensual de 26.3°C en julio, una temperatura media mínima mensual de 6.1°C en enero. Los meses más lluviosos son julio y agosto con una precipitación media anual de 427.0 mm. En las partes altas de la sierra se tiene clima templado subhúmedo con lluvia en verano heladas en de octubre y abril.

Su vegetación es diversa, formada por bosque de pino, bosque de pino encino, bosque de tascate y en zonas pequeño pastizal natural, también se puede encontrar una pequeña porción de agricultura de riego. Los animales característicos del municipio son: sapo, sapo verde, rana, coralillo, venado cola blanca, puma, lince, lechuza y tecolote cornudo.

Se localizan los siguientes tipos de suelos: cambisol y feozem.

Huásabas

Se localiza en el paralelo 29° 54' de latitud norte y el meridiano 109° 18' de longitud al oeste, con una altura de 850 m.s.n.m. Posee una extensión territorial de 711.17 km².

Su territorio corresponde a la región de los valles, sus serranías principales son las de Madera y Ojahui. Pertenece a la cuenca del río Yaqui.

Cuenta con un clima semiseco, semicálido, con una temperatura media máxima mensual de 28.7°C en diciembre y enero. La época de lluvias se presenta en los meses de julio y agosto con una precipitación media anual de 490.8 mm.

Predomina la vegetación de matorral subtropical, pastizal natural equivalente a zacatal y una pequeña porción del suelo para agricultura de riego. El municipio se caracteriza por las siguientes especies de animales: sapo, sapo, toro, tortuga de desierto, camaleón, víbora sorda, venado cola blanca, berrendo, puma, aguililla cola roja y gavián ratonero.

Cuenta con los siguientes tipos de suelo: cambisol, feozem y litosol.

Huatabampo

El municipio se localiza en el paralelo 26° 50' de longitud norte y el meridiano 109° 39' de longitud al oeste, con una altura de 20 m.s.n.m. Tiene una superficie de 1,933.2km².

Su territorio está conformado por una planicie que es de poca inclinación. No existen terrenos escarpados. La corriente más importante es el río Mayo.

Tiene clima semisecosemicálido, con una temperatura media máxima mensual de 30.0°C en junio, julio y agosto y una temperatura media mínima mensual de 16.2°C entre diciembre y enero. El período de lluvias se presenta en verano en los meses de julio y agosto con una precipitación media anual es de 327 mm y heladas ocasionalmente en febrero y marzo.

Cuenta con vegetación de tipo de matorral sarcocauléy pequeñas áreas de mezquital, se dedica un gran porcentaje del suelo para uso de agricultura de riego. Dentro del municipio predominan las siguientes especies de animales: sapo, sapo toro, tortuga del desierto, cachora, zorrillo manchado, ardilla, jabalí, lechuza, tordo negro, zopilote, halcón negro.

Sus recursos naturales son para el desarrollo de la agricultura y tiene los siguientes tipos de suelo: solonetzclak, vertisol y yermosol.

Huépac

Se localiza en el paralelo 29° 54' de latitud norte y el meridiano 110° 12' de longitud al oeste, a una altura de 304 m.s.n.m. Posee una superficie de 421.92 km².

Cuenta con un clima semicálido, con una temperatura media máxima mensual de 29.2°C en junio y julio y una temperatura media mínima mensual de 12.4°C en diciembre y enero. La temporada de lluvias se presenta en los meses de julio y agosto con una precipitación media anual de 424.0 mm, ocasionalmente se presentan heladas y granizos.

La vegetación está formada por bosques de encino y pastizales en la región serrana, al este es de mezquital, en el resto de tipo matorral subtropical. Parte de la ribera del río es para agricultura de riego. Se caracteriza por las siguientes especies animales: sapo verde, rana, tortuga de río, cachora, camaleón, venado cola blanca, ocelote, lechuza y golondrina común.

Sus tierras son destinadas para la agricultura y existen los tipos de suelo: feozem y regosol.

Imuris

El municipio se localiza en el paralelo 30° 46' de latitud norte y en el meridiano 10° 50' de longitud al oeste, con una altura de 826 m.s.n.m. Posee una superficie de 2,171.1 km².

Su territorio es montañoso y conforme se avanza en dirección al sur se van abriendo los valles que forman los ríos de Cocóspera y sus afluentes. Tres ríos cruzan el municipio que al unirse forman el río Magdalena, éstos son El Bambuto, Milpillas y El Fresnal, además cuenta con la presa Comaquito tiene una capacidad de 32 millones de metros cúbicos.

Tiene un clima seco, semicálido, con una temperatura media máxima mensual de 28.1°C entre julio y agosto y una temperatura media mínima mensual de 10.5°C entre diciembre y enero. La época de lluvias se presenta en los meses de julio y agosto con una precipitación media anual de 413.1 mm. Con heladas y granizo en invierno.

Existe vegetación de matorral desértico, grandes áreas de pastizales, vegetación de matorral, también encontraremos grandes áreas de bosque de encino y en la región de la sierra El Pinito bosque de pino-encino. Se caracteriza por las siguientes especies de animales: sapo, sapo verde, rana, tortuga de río, víbora de cascabel, ardilla, coati, lechuza, cuervo, aura, entre otros.

Se localizan los siguientes tipos de suelos: litosol, regosol y yermosol.

Magdalena

Se localiza en el paralelo 30° 37' de latitud norte y el meridiano 110° 57' de longitud al oeste, a una altura de 680 m.s.n.m. Tiene una superficie de 1,240.94 km².

El este y noreste son sumamente accidentados y la parte sur es plana. Las principales serranías son: La Madera, Jojoba, La Ventana, Magdalena y El Cerro del Jabalí. Cuenta con río Magdalena.

Cuenta con un clima semiseco, semicálido, con una temperatura media máxima mensual de 26.3°C en julio y agosto y una temperatura media mínima mensual de 11.30°C de diciembre y enero. Las lluvias se presentan en julio y agosto y una precipitación media anual de 395.7 mm.

Su vegetación en el norte se constituye por bosques de encino y pastizal en la región de la sierra La Joroba, una gran parte está constituida por vegetación de matorral desértico, vegetación de tipo mezquital y matorral carsicuale. En las Riveras de arroyos y río Magdalena, existen pequeñas áreas de suelo dedicadas a la agricultura de riego. Las especies de animales características del municipio serán: sapo, rana, sapo verde, tortuga de río, cachora, víbora de cascabel, venado cola blanca, puma, lince, cuervo holártico, golondrina común, tordo de ojos amarillos, entre otros.

Sus recursos naturales son para el desarrollo de la agricultura y existen los siguientes tipos de suelo: regosol, xerosol y yermosol.

Mazatán

El municipio se localiza en el paralelo 29° 01' de latitud norte y el meridiano 110° 08' de longitud al oeste, con una altura de 450 m.s.n.m. Tiene una superficie de 684.42 km².

El territorio municipal pertenece a la región de los valles del centro del estado, las serranías y cerros más importantes son: El Zapuchi, Chiricahui, Tecolote, Mazatán, La Ceja, Chichiquelite, Peña Blanca y Divisaderos. El principal río es el río Mazatán tiene una longitud de 160 km.

Cuenta con clima semiseco, semicálido, con una temperatura media máxima mensual de 29.1°C en junio y julio y mínima mensual de 14.4°C en los meses de diciembre y enero. La época de lluvias se presenta en julio y agosto, con una precipitación media anual de 508.8 mm, se presentan heladas y granizadas ocasionales en invierno.

Predomina la vegetación tipo mezquital, se localizan también pequeñas áreas de matorral subtropical. Las especies de animales características serán: sapo, sapo toro, tortuga del desierto, camaleón, venado cola blanca, berrendo, puma, paloma morada y tecolote enano.

Sus recursos tierras son para el desarrollo de la agricultura y cultivo de pastos para la ganadería, cuenta con los siguientes tipos de suelo: regosol y xerosol.

Moctezuma

Se localiza en el paralelo 29° 47' de latitud norte y a los 109° 40' de longitud al oeste, a una altitud de 677 m.s.n.m. Posee una superficie de 1,867.3 km².

Situado entre dos macizos montañosos que dependen de la Sierra Madre Occidental y que corren de norte a sur, destacan las sierras de La Cieneguita y la de Huásabas. Se encuentra en la cuenca del río Moctezuma.

Cuenta con un clima seco, semicalido con una temperatura media máxima anual de 29.8°C en Junio y Julio y una temperatura mínima anual de 12°C en Diciembre y Enero.

Predomina el matorral subtropical, pequeñas porciones de suelo utilizadas para agricultura de riego, vegetación caracterizada por bosque de encino y de pino. Las especies de animales más comunes del municipio son: sapo, rana verde, sapo toro, tortuga de río, cachorón, venado cola blanca, puerco espín, coatí, ocelote, tecolote enano, águila dorada y zopilote.

Sus tierras son para cultivo y pastos para el ganado, cuenta con los siguientes tipos de suelo: cambisol, litosol y regosol.

Naco

El municipio se localiza en el paralelo 31° 19' de latitud norte y el meridiano 109° 57' de longitud al oeste, con una altura de 1,524 m.s.n.m. Tiene una superficie de 1,238.90 km².

La zona accidentada del municipio se localiza en la parte sur y centro y están formadas por la sierra de San José, las zonas semiplanas se localizan en la parte norte y sur, están formadas por valles y mesetas de pendientes suaves. Las zonas planas del se localizan al oeste limitadas por la sierra de Magallanes al este y la de San José al sur. La principal corriente es el río Punta de Agua.

Cuenta con un clima semiseco, templado, tiene una temperatura media máxima mensual de 39°C en julio y agosto, una media mínima mensual de 8.9°C en diciembre. Las lluvias se presentarán en verano con una precipitación media anual de 466 mm.

Existen 3 tipos de vegetación, caracterizadas en primer término por el pastizal mediano abierto, existen variedades de bosque llamados esclerófilos, perenifolios y escuamifolios. Las especies de animales características del municipio son: sapo toro, tortuga de agua, cachora, camaleón, murciélago, puma, coyote, tecolote, tordo de ojos amarillos, entre otros.

Sus recursos naturales son utilizados para el desarrollo de la agricultura y cultivo de pastos para ganado, cuenta con los siguientes tipos de suelo: feozem, regosol y xerosol.

Nácori Chico

Se localiza en el paralelo 29° 41' de latitud norte y a los 108° 58' de longitud al oeste, con una altura de 900 m.s.n.m. Cuenta con una superficie de 2,832.84 km².

Su territorio es montañoso y corresponde en su totalidad a las estribaciones de la Sierra Madre Occidental y sus serranías más notables son: Los Pavos, Las Huertas y Los Monjes. Pertenece a la cuenca del río Yaqui, sus ríos principales son: Mulatos, Bonito y el Riíto.

El clima en este municipio es semiseco, muy cálido, con una temperatura media máxima mensual de 28.9°C en julio y agosto y una temperatura media mínima mensual de 11°C en diciembre, las lluvias presentan una precipitación media anual de 490.8 mm. Las heladas se presentan en los meses de enero y febrero.

Predomina el bosque de pino encino, existen variantes de la selva baja caducifolia, también hay porciones de matorral subtropical. Lo caracterizan las siguientes especies: sapo, rana, sapo toro, tortuga del río, cachura, boa, venado cola blanca, coyote, cardenal y tordo negro.

Sus recursos naturales son destinados al desarrollo de la agricultura y cultivo de pastos para ganado, cuenta con los siguientes tipos de suelo: cambisol, feozem, regosol y litosol.

Nacozari de García

Se localiza en el paralelo 30° 23' de latitud norte y a los 109° 41' de longitud al oeste, a una altura de 1,040 m.s.n.m. Posee una superficie de 1,735.4 km².

Su territorio es montañoso y lo forman varios contrafuertes que se desprenden de la sierra Madre Occidental. Sus serranías principales son: la sierra San Diego, la de Buenos Aires en sus límites con Bacoachi, La Púrica, Nacozari y Juriquipe. Dentro del municipio existe el río Bavispe. Se cuenta con dos presas, La Angostura y a la Presa de Novillo, y La represa El Huacal.

Cuenta con un clima cálido seco, con una temperatura media máxima mensual de 27°C en julio y agosto y una temperatura media mínima mensual de 10.9°C en diciembre. Las lluvias se presentan de agosto a septiembre y una precipitación media anual de 516.7 mm.

Los tipos de vegetación dentro del municipio son bosque de pino, pastizal, matorral subtropical. Podremos encontrar también bosque de pino encino. Las especies de animales que caracterizan el municipio son las siguientes: sapo, sapo toro, rana, tortuga de río, coralillo, iguana, venado cola blanca, puma, lince, tortolita cola corta, tecolote cornudo, golondrina común, entre otras.

Sus recursos naturales son para el desarrollo de la agricultura y pastos para ganado, cuenta con los siguientes tipos de suelo: cambisol, feozem, regosol y litosol.

Navojoa

El municipio se localiza en el paralelo 27° 03' de latitud norte y a los 109° 25' de longitud al oeste, a una altura de 85 m.s.n.m. Tiene una superficie de 2,778.1 km².

Se caracteriza el territorio por ser plano casi en su totalidad, interrumpido por algunos cerros y lomeríos de escasa elevación. Ubicado en la cuenca del río Mayo, cruza el municipio de noreste a suroeste. La presa Adolfo Ruiz Cortines, aprovecha los escurrimientos del río Mayo y permite que el 99.46% de la superficie cultivada se establezca bajo el sistema de riego.

Tiene dos tipos de clima: semiseco y semihúmedo, y semihúmedo, los dos extremos con una temperatura media máxima mensual de 32.7°C junio y julio y una temperatura media mínima mensual de 18.5°C en diciembre y enero. La temporada de lluvias se presenta julio y agosto, con una precipitación media de 389.5 mm, se presentan ciclones de intensidad variada en los meses de septiembre y octubre.

Tiene diferentes especies de vegetación con variedades de pastizal combinados con matorrales, también las llamadas agrupaciones de cardonal. Destacan las áreas dedicadas a la agricultura de riego. Las especies de animales que caracterizan el municipio son: sapo, ninfa, sapo toro, tortuga del desierto, camaleón y huico, lince, coyote, jabalí, paloma, garrapatero y chuparrosamatraquita. Sus tierras son para cultivo y recursos pesqueros, cuenta con los siguientes tipos de suelo: cambisol, regosol, xerosol y yermosol.

Nogales

Se localiza en el paralelo 31° 18' de latitud norte y el meridiano 110° 56' de longitud al oeste, con una altura de 1,200 m.s.n.m. Cuenta con una superficie de 1,754.2 km².

El territorio es montañoso, siendo sus serranías principales las del Custodio, Pajarito, Promotorios, Plomosa, Planchas de Plata, Guajolote, Pedregosa, Santa Bárbara y Pinitos.

Está constituido por dos corrientes: Santa Bárbara y Planchas de Plata.

Cuenta con un clima semiseco templado, con una temperatura media máxima mensual de 27°C en julio y agosto y de 8.7°C en diciembre y enero. Las lluvias se presentan en julio y agosto, una precipitación de 460.8 mm, con nevadas y granizadas en invierno.

Predomina la vegetación de pastizal también encontraremos bosques de encino. Las especies de animales características son: sapo, rana, sapo verde, sapo toro, tortuga de río, cachora, víbora de cascabel, venado cola blanca, borrego cimarrón, puma, paloma morada, tecolote cornudo, cardenal, entre otros.

Los recursos naturales del municipio son para el desarrollo de la agricultura y cultivo de pastos para el ganado, cuenta con los siguientes tipos de suelo: feozem, regosol y litosol.

Onavas

El municipio se localizado en el paralelo 28° 27' de latitud norte y a los 109° 31' de longitud al oeste, a una altura de 350 m.s.n.m. Cuenta con una superficie de 535.2 km².

El municipio es cruzado por el río Yaqui, tiene caudal permanente.

Cuenta con un clima semiseco cálido, con una temperatura media máxima mensual de 32.6°C. La época de lluvias se presenta en los meses de julio y agosto con una precipitación media anual de 611 mm con heladas en febrero y marzo.

Su territorio se constituye por selva baja caducifolia y su vegetación tipo bosques de pino y pino-encino. Se encuentran las siguientes especies de animales: sapo, rana platanera, tortuga verde de río, iguana de rocas, escorpión grande, venado cola blanca, puma, ocelote, tecolote cornudo, periquito verde, paloma morada, entre otros.

Tiene los siguientes tipos de suelo: cambisol, luvisol y regosol.

Opodepe

Se localiza en el paralelo 29° 55' de latitud norte y a los 110° 37' de longitud al oeste, con una altura de 596 m.s.n.m. Posee una superficie de 2,237.1 km².

Generalmente su territorio es plano, corresponde a la zona de llanuras, las zonas accidentadas se localizan al norte y este del municipio. El río San Miguel cruza el municipio, cuenta con 30 arroyos de caudal en época de lluvias.

Tiene un clima seco semicálido, con una temperatura media máxima mensual de 29°C en junio y julio y una temperatura media mínima mensual de 13.3°C. Las lluvias se presentan en julio y agosto, con precipitación media anual de 424 mm y heladas ocasionales en noviembre y marzo.

Su vegetación es mezquital, existiendo áreas de matorral espinoso y de matorral sarcocaula, pastizal y en la región de la sierra existe bosque de encino. Las especies características son: sapo, rana, sapo verde, tortuga de río, víbora de cascabel, venado cola blanca, puma, berrendo, carpintero veloso, lechuza, tortolita cola corta, entre otras.

Sus recursos naturales son para el desarrollo de la agricultura y cultivo de pastos para la ganadería, cuenta con los siguientes tipos de suelo: litosol, regosol, xerosol y yermosol.

Oquitoa

El municipio se localiza en el paralelo 30° 44' de latitud norte y a los 111° 44' de longitud al oeste, con una altura de 579 m.s.n.m. Tiene una superficie de 916.6 km².

De territorio plano hacia el norte y sur, territorio semiplano al centro y accidentado al noroeste. Corresponde a la cuenca del río de altar, existen 8 represas que son utilizados para la ganadería.

Cuenta con un clima muy seco cálido, con una temperatura media máxima mensual de 31.6°C de junio a agosto y una temperatura media mínima mensual de 12.7°C en diciembre. El régimen de lluvias se presenta en los meses de julio y agosto, con precipitación media anual de 278.2 mm.

Su territorio se constituye por matorral desértico micrófolico (subinerme) y matorral sarcocaul. Las especies características son: sapo, sapo toro, tortuga del desierto, salamanques, cachora, jabalí, puma, aguililla cola roja, águila real, tordo negro, entre otros.

Sus recursos naturales son para cultivo y cuenta con dos tipos de suelo: regosol y yermosol.

Pitiquito

Se localiza en el paralelo 30° 40' de latitud norte y a los 112°04' de longitud al oeste, a una altura de 305 m.s.n.m. Posee una superficie de 9,823.3 km².

Tiene dos cordilleras importantes que corren de norte a sur, la sierra del chino y la sierra del viejo. Tiene sólo una vertiente desde su región montañosa hasta las costas de Baja California, el principal río que toca es el Asunción.

Cuenta con un clima de tipo seco semicálido, teniendo una temperatura media máxima mensual de 31.4°C en julio y agosto y una temperatura media mínima de 12°C en diciembre y enero. Con lluvias escasas en el desierto, presentándose en los meses de octubre a enero, con una precipitación de 241.8 mm.

Hay matorral sarcosaule, en las regiones costeras. Las especies de animales características son: sapo, tortuga del desierto, camaleón, cachoras, zorra, conejo, mapache, entre otros.

Sus recursos naturales son para el desarrollo agrícola y cuenta con los siguientes tipos de suelo: regosol, xerosol y yermosol.

Puerto Peñasco

El municipio se localiza en el paralelo 31° 19' de latitud norte y el meridiano 113° 32' a una altura de 7 m.s.n.m. Cuenta con una superficie de 6,163 km².

De territorio plano, se destaca la serranía de Sonoyta, parte lo compone el desierto de Altar y de la sierra El Pinacate.No cuenta con corrientes de importancia.

Cuenta con un clima seco semi-cálido, con una temperatura media máxima mensual de 28.7°C en julio y agosto y una media mínima mensual de 12.1°C de diciembre a enero. La época de lluvia se presenta en julio y agosto con precipitación media anual de 90.6 mm.

Parte del territorio se constituye por vegetación de desiertos arenosos, también existe matorral resetófilo costero en la Bahía de Adair y en la región de la sierra, mientras que en la parte noreste existe matorral desértico micrófilo. Las especies de animales característicos son: sapo, sapo toro, tortuga del desierto, cachora, víbora de cascabel, venado cola blanca, berrendo, tecolote cornudo, paloma morada, entre otros.

Encontraremos los siguientes tipos de suelo: solonchakyermozol.

Quiriego

Se localiza en el paralelo 27° 31' de latitud norte y a los 109° 15' de longitud al oeste, a una altura de 822 m.s.n.m. Posee una superficie de 3,711.3 km².

De territorio montañoso en las partes noreste y noroeste mientras que en las partes medias y oeste corresponde a la región de los valles. Se destacan algunas serranías y cerros como el de El Trigo, Baroyeca, Conejos Moyahui, La Palma y Potrero de las Burras.Está dividida entre las cuencas del arroyo Cocoraque y el río Mayo, al cual corresponde su afluente.

Su clima es semiseco cálido de tipo, con temperatura media máxima mensual de 31.2°C entre julio y agosto y una media mínima mensual de 17.7°C en diciembre. El régimen de lluvias se presenta en los meses de julio a septiembre con una precipitación media de 640 mm y heladas en invierno presentes en los meses de enero a febrero.

Predomina la selva baja caducifolia con pequeñas áreas de mezquital.Sus especies de animales característicos son: sapo, sapo toro, víbora de cascabel, camaleón, cachoron, puma, jabalí, zorra gris, palomas moradas, tecolotito y chupamirto prieto.

Sus tierras son destinadas para el desarrollo de la agricultura y cuenta con los siguientes tipos de suelo: cambisol, regosol, vertisol y xerosol.

Rayón

El municipio se localiza en el paralelo 19° 33' de latitud norte y a los 98° 51' de longitud al oeste, con una altitud de 618 m.s.n.m. Tiene una superficie de 880.3 km².

Su territorio es muy accidentado, se encuentra entre las sierras San Miguel y Aconchi. Se ubica en la cuenca del río San Miguel.

Cuenta con un clima seco semicálido, con una temperatura media máxima mensual de 29.3°C en julio y agosto, y una temperatura media mínima mensual de 13.3°C en diciembre y enero. La época de lluvias se presenta en los meses de julio y agosto, con una precipitación media de 424 mm y heladas frecuentes de febrero a marzo.

Predomina el matorral subtropical, se localizan también pequeñas porciones de mezquita y una parte para agricultura de riego. Se caracteriza por las siguientes especies: sapo, tortuga del desierto, camaleón, venado cola blanca, lechuza, zopilote y víbora de cascabel.

Tiene los siguientes tipos de suelo: regosol y xerosol.

Rosario

El municipio se localiza en el paralelo 27° 47' de latitud norte y a los 109° 22' de longitud al oeste, a una altura de 450 m.s.n.m. Posee una superficie de 3,593.5 km².

La porción oriental de su territorio es sumamente accidentada y la occidental corresponde a la región de los Valles. Las serranías más importantes son: Agua Caliente y Cerro Boludo. Está en una parte de la cuenca del río Yaqui la otra en la del Mayo.

Cuenta con un clima, con una temperatura media máxima mensual de 29.2°C en los meses de julio y agosto, y una temperatura media mínima mensual de 14.2°C en diciembre y enero. La época de lluvias se presenta en julio y agosto, con una precipitación media de 610.1 mm y helada frecuentes en noviembre y marzo.

Predomina la vegetación tipo selva baja caducifolia, podemos encontrar una porción del bosque de pino encino. Lo caracterizan las siguientes especies de animales: sapo, rano, sapo toro, tortuga

de río, cachora, víbora de cascabel, venado cola blanca, coyote, coati berrendo, güilota, halcón pollero, zopilote, cardenal, entre otras.

Sus tierras son para cultivo, cuenta con cuatro tipos de suelo: cambisol, litosol, regosol y vertisol.

Sahuaripa

Se localiza en el paralelo 29° 03' de latitud norte y a los 109° 14' de longitud al oeste, a una altura de 1165 m.s.n.m. Tiene una superficie de 5,064.4 km².

Su territorio es sumamente accidentado. Tiene grandes extensiones montañosas con que pertenecientes a la Sierra Madre Occidental. Las serranías más importantes son: Los Chinos, Espinazo del Diablo, La Perinola, Amargura, Sauces, La Palma y Oro Blanco. Cuenta con el río Yaquí, el río Mulatos y el río Sahuaripa donde se encuentra la presa Cajón de Onapa.

Tiene dos climas predominantes, uno es semiseco, muy cálido y cálido, y otro semisecosemicálido, el primero con una temperatura media máxima mensual de 32.7°C en los meses de junio y julio y una temperatura media mínima mensual de 14.6°C en diciembre y enero. La temporada de lluvias se presenta en verano, con una precipitación media anual de 574.6 mm, el otro clima tiene una temperatura media mínima mensual de 12.8°C en diciembre y enero. Las lluvias se presentan en los meses de julio y agosto, con una precipitación media de 600.8 mm.

Encontraremos vegetación tipo selva baja caducifolia, bosque de pino, encino y roble. Las especies de animales características serán: sapo, sapo verde, rana, tortuga de monte, boa, venado cola blanca, berrendo, puma, lechuza, tecolote cornudo, entre otras.

Sus recursos naturales son destinados al cultivo y desarrollos de pastos para el ganado, podremos encontrar los siguientes tipos de suelo: cambisol, feozem, regosol, litosol, lluvisol y regosol.

San Felipe de Jesús

El municipio se localiza en el paralelo 29° 51' de latitud norte y a los 110° 14' de longitud al oeste, a una altura de 853 m.s.n.m. Posee una superficie de 151.3 km².

Presenta tres formas de relieve: la primera corresponde a las zonas accidentadas, la segunda corresponde a las semiplanas y por último las planas. Esta dentro de las cuencas de los ríos Sonora y San Miguel, para el desarrollo de sus actividades son cuatro pozos equipados y dos tajos que

apoyan a la agricultura, además cuenta con 5 represas y un pozo de abrevadero dentro del ejido, mismos que cubren las necesidades de agostadero.

Cuenta con un clima semiseco templado, con una temperatura media máxima mensual de 25.3°C en julio y agosto y una media mínima mensual de 8.3°C. La temporada de lluvias representa en junio y julio con una precipitación media anual de 468.8 mm.

En la vegetación existen mezquital, matorral subtropical, bosque de encino y de pino encino. Sus especies características son: rana, sapo, tortuga de río, cachora, víbora de cascabel, venado cola blanca, liebre, coyote, gavián ratonero y güilota.

Tiene suelo tipo regosol.

San Javier

Se localiza en el paralelo 28° 36' de latitud norte y a los 109° 44' de longitud al oeste, con una altura de 650 m.s.n.m. Tiene una superficie de de 537.1 km².

El territorio de San Javier es accidentado en su totalidad, se encuentran algunas serranías importantes como las de San Javier y la Barranca.No cuenta con ríos de caudal permanente.

Cuenta con dos tipos de clima, uno semiseco cálido, que predomina en este municipio, con una temperatura media máxima mensual de 29.9°C en verano y una temperatura media mínima mensual de 14°C en invierno, con una precipitación media de 508.8 mm. El segundo clima semicálido húmedo, con una temperatura media máxima mensual de 25.6°C en junio y julio y una temperatura media mínima mensual de 11.3°C en diciembre y enero. La temporada de lluvias se presenta en julio y agosto, con una precipitación media de 630.1 mm existen heladas frecuentes en febrero y marzo.

Predomina en el territorio municipal la selva baja caducifolia, una pequeña porción de bosques de sabinos, una pequeña área de vegetación tipo mezquital. Las especies de animales características del municipio son: sapo, sapo toro, tortuga de río, iguana de roca, víbora de cascabel, venado cola blanca, tlacuache, coatí, aguililla cola roja, halcón y búho.

Sus recursos naturales son para el desarrollo agrícola y pastos para el ganado, cuenta con los siguientes tipos de suelo: cambisol, litosol y regosol.

San Luis Río Colorado

El municipio se localiza en el paralelo 32° 30' de latitud norte y a los 114° 46' de longitud al oeste, a una altura de 27 m.s.n.m. Posee una superficie de 8,910.3 km².

Su territorio es desértico en su totalidad, y forma parte del desierto de Altar, se destacan las serranías de El Tule, El Zumbador, El Rosario, Las Pintas, La Tinaja y Malpaís. Pertenece a la cuenca del río Colorado que procede de Estados Unidos de Norteamérica.

Tiene un clima muy seco, con una temperatura media máxima mensual de 33.7°C en los meses de julio y agosto y una media mínima mensual de 12.5°C en los meses de diciembre y enero. Las lluvias son muy escasas, presentándose en los meses de octubre a enero, con una precipitación media anual de 27.4 mm.

Predomina la vegetación típica de los desiertos arenosos, existe vegetación del tipo matorral desértico micrófilo, además de pequeñas porciones de áreas del suelo del municipio con matorral sarcocaula. En el límite con el estado de Baja California Norte, se dedican grandes extensiones de tierra para agricultura de riego. Destacan las siguientes especies de animales: sapo, sapo toro, tortuga del desierto, camaleón, cachora, bura, tlacuache, zorra gris, tórtola, churea, pájaro carpintero veloso, entre otros.

Sus recursos naturales son para cultivo, cuenta con dos tipos de suelo: regosol y xerosol.

San Miguel de Horcasitas

Se localiza en el paralelo 29° 29' de latitud norte y a los 110° 43' de longitud al oeste, a una altura de 518 m.s.n.m. Tiene una superficie de 1,119.8 km².

Se divide en tres formas de relieve: zonas accidentadas, zonas simiplanas y zonas planas, sus principales usos son la agricultura, ganadería y para desarrollo urbano. Se encuentra dentro del municipio el arroyo El Zanjón y el río San Miguel. Existen además 14 represas de abrevadores distribuidos en el municipio, 40 pozos perforados y 63 pozos a cielo abierto.

Cuenta con un clima seco cálido, con una temperatura media máxima mensual de 30.8°C en julio y agosto y una temperatura media mínima mensual de 15.4°C en diciembre y enero. La época de lluvias se presenta en julio y agosto con una precipitación media de 294 mm y heladas ocasionales presentes en febrero y marzo.

La flora en el municipio está compuesta de matorral subtropical, algunas áreas de vegetación de matorral desértico. En la parte sur y centro el uso del suelo se destina para agricultura de riego. Las especies de animales que destacan son: sapo, sapo toro, tortuga del desierto, camelón, venado cola blanca, tórtola, lechuza, tordo negro, zopilote, entre otros.

Sus recursos naturales son para uso agrícola y cultivo de pastos para la ganadería, tiene los siguientes tipos de suelo: regosol, xerosol y yermosol.

San Pedro de la Cueva

El municipio se localiza en el paralelo 29° 17' de latitud norte y a los 109° 44' de longitud al oeste, con una altura de 500 m.s.n.m. Posee una superficie de 2,230.5 km².

Su territorio corresponde a la región de los Valles. Las serranías más importantes son Las Calabazas, Batuc, Guijas y La Cieneguita. Las corrientes más importantes del municipio son: el río Yaqui y el río Moctezuma que desemboca en la presa El Novillo.

Cuenta con un clima seco cálido, con una temperatura media máxima mensual de 31.7°C en junio y agosto y una temperatura media mínima mensual de 14.1°C en diciembre y enero. La época de lluvias se presenta en julio y agosto, con precipitación media de 387.6 mm.

Se compone de dos tipos de vegetación: la selva baja caducifolia y matorral subtropical. Las especies de animales destacadas son: sapo, rana, sapo toro, tortuga de río, boa, iguana de rocas, puma, lobo, lince, tórtola, churea, carpintero, velloso, tordo de ojos amarillos, etc.

Los recursos naturales del municipio son para el desarrollo agrícola y cultivo de pastos para el ganado, tiene los siguientes tipos de suelo: cambisol, feozem, litosol y regosol.

Santa Ana

Se localiza en el paralelo 30° 33' de latitud norte y a los 111° 07' de longitud al oeste, a una altura de 548 m.s.n.m. Tiene una superficie de 1,481.3 km².

Su territorio es plano casi en su totalidad y desciende en dirección oeste, las serranías más importantes son: Cajón de Aguaje, El Purgatorio, El Otate, Caracahui y el Potrero.

Existen dos tipos de climas que son seco y cálido, y muy seco cálido, no varía mucho en cuestión de temperatura, ya que tienen una temperatura media máxima mensual de 29.1°C de julio a

agosto y con una temperatura media mínima mensual de 12.4°C de diciembre a febrero. Las lluvias se presentan en julio y agosto con una precipitación media de 332 mm, las heladas se tienen de febrero a marzo.

La vegetación de matorral desértico es característica en las áreas que comprenden los límites de Tubutama y Trincheras, una gran parte del territorio cuenta con vegetación de mezquital, en la parte oeste la vegetación es de pastizal y pequeñas áreas de bosques encino. Las especies de animales característicos son: sapo, sapo toro, tortuga del desierto, cachora, camaleón, venado cola blanca, tlacuache, puma, tecolote cornudo, lechuza, entre otras.

Sus recursos naturales son para cultivo y pastos para el ganado, tiene los siguientes tipos de suelo: regosol, xerosol y yermosol.

Santa Cruz

El municipio se localiza en el paralelo 31° 13' de latitud norte y a los 110° 35' de longitud al oeste, a una altura de 1,463 m.s.n.m. Tiene una superficie de 1,001.8 km².

Situado en la Sierra Madre Occidental, su suelo es montañoso, con zonas semiplanas, suelos planos, las zonas accidentadas en este municipio se localizan al este y oeste del mismo y están formadas por montañas como son las sierras de San Antonio del Chivato. Tiene un solo río de poco caudal el cual lleva su mismo nombre, existen 85 represas, 68 para extracción de agua, además tres de galerías filtrantes.

Cuenta con un clima seco templado, con una temperatura media máxima mensual de 27°C julio y agosto, y una temperatura media mínima mensual de 8.7°C en diciembre y enero. La época de lluvia se presenta en julio y agosto, con una precipitación media de 460.8 mm y nevadas con granizadas en invierno.

Abunda en todo el territorio municipal, el pastizal y al este en las partes altas predomina el bosque de encino, encontrándose pequeñas áreas para agricultura de riego. Las especies destacadas son: sapo, rana, sapo verde, tortuga de río, cachora, víbora de cascabel, venado de cola blanca, puma, mapache, ardilla, tortolita cola corta, lechuza, tecolote enano, etc.

Los recursos naturales son destinados al desarrollo de la agricultura, tiene los siguientes tipos de suelo: feozem, litosol, regosol y vertisol.

Sáric

Se localiza en el paralelo 31° 06' de latitud norte y al los 111° 23' de longitud al oeste, a una altura de 800 m.s.n.m. Posee una superficie de 1,329.3 km².

Con territorio montañoso casi en su totalidad y marca la declinación del sistema orográfico septentrional, que se extiende hasta las orillas del desierto de Altar. El principal río es el río Altar se aprovecha para el regadío de tierras desemboca en la presa Cuauhtémoc.

Cuenta con un clima seco semicálido, con una temperatura media máxima mensual de 27.3°C en junio y julio, y una temperatura media mínima mensual de 8.3°C en diciembre y enero. El régimen de lluvias se presenta en julio y agosto, con una precipitación media de 367.3 mm con posibles lluvias en septiembre y octubre. Hay épocas extemporáneas de lluvias consideradas como equipatas, en los meses de diciembre, enero y febrero. En este municipio las heladas se ubican de noviembre a abril y granizadas de julio a septiembre.

La vegetación está constituida por matorral crasicaule, en la región de El Sásabe y otras áreas del territorio municipal, existen mezquiales. Destacan las siguientes especies de animales: sapo, sapo toro, rana platanera, iguana de rocas, boa, víbora de cascabel, venado cola blanca, puma, puerco espín, tórtola, lechuga, golondrina común, entre otras.

Sus recursos naturales son para uso agrícola, tiene dos tipos de suelo: regosol y yermosol.

Soyopa

El municipio se localiza en el paralelo 28° 46' de latitud norte y a los 109° 37' de longitud al oeste, a una altura de 350 m.s.n.m. Tiene una superficie de 846.33 km².

Destacan al este del municipio las sierras La Campanera y El Encinal. Cuenta con el río Yaqui y fluyen varios arroyos: El Carrizo, Saporichi, Saporoa, de Cariaga y Blanco.

Cuenta con los climas semisecos cálidos, y semisecos semicálidos, que presentan una temperatura media máxima mensual de 32.6°C en junio y julio, la temperatura media mínima mensual es de 17.6°C en diciembre y enero. La precipitación media anual es de 611 mm y los meses más lluviosos son julio y agosto.

Predomina en todo el territorio la selva baja caducifolia, también podemos encontrar en pequeñas porciones vegetación tipo bosque. Destacan las siguientes especies de animales: sapo, rana

platanera, tortuga verde de río, iguana de rocas, boca, culebra, venado cola blanca, margay, jaguar, churea, pitorreal, cardenal, aura, gavilán ratonero, entre otras.

Sus recursos naturales son destinados para la producción agrícola y tiene los siguientes tipos de suelo: cambisol, feozemlitosol y lluvisol.

Suaqui Grande

Se localiza en el paralelo 28° 24' de latitud norte y a los 109° 52' de longitud al oeste, a una altura de 271 m.s.n.m. Posee una superficie de 915.3 km².

Su territorio es plano casi en su totalidad debido a que forma parte de las llanuras del centro del estado, se destacan las serranías de La Barrillera, El Brasil y Mesa Quemada.

Tiene un clima seco, con una temperatura media máxima mensual de 32.8°C de junio a agosto y con una temperatura media mínima mensual de 15.1°C en diciembre y enero. El régimen de lluvias se presenta principalmente en julio y agosto, cuenta con una precipitación media de 519 mm con heladas y granizos ocasionales de febrero y marzo.

Predomina la selva baja caducifolia, también se pueden encontrar pequeñas áreas de matorral sarcocaulé. Tiene las siguientes especies de animales: sapo, rana verde, sapo toro, víbora de cascabel, iguana de rocas, camaleón, ratón de campo, puma, coyote, paloma morada, lechuza, chupamirto prieto, etc.

Tierras para cultivo y pastos para ganado, tiene tres tipos de suelo: cambisol, litosol y regosol.

Tepache

El municipio se localiza en el paralelo 29° 31' de latitud norte y a los 109° 31' de longitud al oeste, a una altura de 1,250 m.s.n.m. Cuenta con una superficie de 779.8 km².

Su territorio corresponde a la región de los Valles, las serranías más importantes son El Coyote, Las Guijas, Las Plomosas y El Salitral. Es cruzado de norte a sur por dos ríos importantes: al oeste, el Moctezuma y al este el Yaqui.

Cuenta con un clima seco cálido, con temperatura media máxima mensual de 31.7°C de junio a agosto y temperatura media mínima mensual de 14.1°C en diciembre y enero. La época de lluvias se presenta en julio y agosto con precipitación media anual de 387.6 mm.

Presentan varios tipos de vegetación. En la parte sur y sureste predomina la selva baja caducifolia, existen también pequeñas áreas de bosque de pino, así como vegetación de pastizal. En la parte norte y centro la vegetación que se tiene es de matorral subtropical, hay grandes extensiones pobladas de vegetación del tipo mezquital. Las especies de animales características son: sapo, sapo toro, tortuga de río, víbora de cascabel, venado cola blanca, ratón de campo, jaguar, paloma morada, tecolote cornudo, lechuza y tordo negro.

Sus recursos naturales son para el desarrollo agrícola y cultivo pastos para ganado, tiene los siguientes tipos de suelo: cambisol, litosol y regosol.

Trincheras

Se localiza en el paralelo 30° 23' de latitud norte y a los 111° 31' de longitud al oeste, a una altura de 397 m.s.n.m. Posee una superficie de 3,008.3 km².

Su territorio constituye un plano inclinado de 400 a 200 m de altura, que va descendiendo en dirección a la costa del Golfo de California, cortado por varias serranías al norte y al oeste, tiene zonas planas, semiplanas y accidentadas. Lo constituyen el río Altar, los arroyos el humo, el plomo, el coyote, el sásabe, el río seco y el muchachito.

El clima del municipio es muy seco y cálido, presentándose una máxima de 31.6°C en verano y una mínima de 12°C en los meses de diciembre a febrero.

Podremos encontrar matorral desértico microfilo. Las especies de animales características son: sapo, sapo toro, tortuga del desierto, camaleón, puma, linco, coyote, jabalí, entre otros.

Tiene los siguientes tipos de suelo: litosol y regosol.

Tubutama

El municipio se localiza en el paralelo 30° 53' de latitud norte y a los 111° 24' de longitud al oeste, a una altura de 600 m.s.n.m. Tiene una superficie de 1,750.1 km².

Su territorio es sumamente accidentado en el norte y plano en el sur, señalando el principio del desierto de Altar. Las serranías y cerros más importantes son: La Aurora y Cerritos. Se compone de los siguientes ríos y arroyos: el río Altar, los arroyos Cabrero y Suárez, además la Pera y el

Carrizalito. En el municipio está ubicada la presa Cuauhtémoc, con una capacidad de almacenamiento de 51 millones de metros cúbicos.

Cuenta con dos climas, uno muy seco semicálido y otro semisecosemicálido. El primero con una temperatura media máxima mensual de 30.2°C en julio y agosto, y una temperatura media mínima mensual de 12.8°C en diciembre y enero. El segundo clima tiene una temperatura media máxima mensual de 29.1°C en el verano y una temperatura media mínima mensual de 11.9°C en invierno. Las lluvias se presenta en julio y agosto con precipitación media anual de 332.3 mm.

La vegetación existente en el municipio está constituida por matorral desértico micrófilo, existen algunas áreas constituidas por mezquitales. Se dedica a la agricultura de riego una porción del territorio municipal. Las especies características son: sapo, sapo toro, tortuga del desierto, camaleón, cachora, venado de cola blanca, borrego cimarrón, churea, carpintero veloso, tecolote cornudo, entre otras.

Los recursos naturales son utilizados para el desarrollo de la agricultura, tiene los siguientes tipos de suelo: regosol y yermosol.

Ures

El municipio se localiza en el paralelo 29° 25' de latitud norte y a los 110° 23' de longitud al oeste, a una altura de 432 m.s.n.m. Cuenta con una superficie de 3,087.1 km².

Se encuentra enclavado dentro de la sierra, lomeríos y valles que forman las estibaciones de la Sierra Madre Occidental, destacan las sierras de el Pajarito y El Batamote. Pertenece a la cuenca del río Sonora. Se cuenta con una presa de reciente creación en la comunidad con capacidad de 5 millones de metros cúbicos, esta presa es conocida con el nombre de Teópari, y con ella se pretende incorporar al cultivo 625 hectáreas de tierra.

Predominan los climas secos semicálidos y cálidos, la temperatura media máxima mensual es de 31.8°C en julio y la temperatura media mínima mensual es de 15.2°C en enero. El régimen de lluvias se presenta en julio y agosto con precipitación media anual es de 430.1 mm y heladas ocasionales de diciembre a marzo.

Se puede encontrar vegetación tipo mezquital y matorral subtropical. Se localizan también pequeñas porciones de tierra para agricultura de riego. Sobresalen las siguientes especies de

animales: rana, sapo verde, sapo toro, tortuga de monte, víbora de cascabel, cachora, tórtola, lechuza, tordo negro, entre otras.

Tiene los siguientes tipos de suelo: cambisol, regosol y xerosol.

Villa Hidalgo

Se localiza en el paralelo 30° 10' de latitud norte y a los 109° 19' de longitud al oeste, a una altura de 465 m.s.n.m. Posee una superficie de 1,471.6 km².

Con terreno montañoso mayormente accidentado. Corresponde a la cuenca del río Yaqui.

Cuenta con dos climas: en la parte norte seco semicálido y en la región sur semisecosemicálido. El primero con una temperatura media máxima mensual de 30.3°C de junio a agosto y una temperatura media mínima mensual de 12.4°C en diciembre y enero. Las lluvias son en verano, con una precipitación media de 404.3 mm. El segundo clima con una temperatura media máxima mensual de 28.7°C en junio y julio y una temperatura mínima mensual de 11.7°C en diciembre y enero. Las lluvias se presenta en julio y agosto, con precipitación media anual de 490.8 mm.

La mayor parte del territorio está constituido por matorral subtropical, también podemos encontrar bosque de pino. Las especies de animales características son: sapo, rana, sapo verde, tortuga de río, cachora, víbora de cascabel, venado cola blanca, puma, lince, coyote, lechuza, tecolote, cornudo, coquita común, entre otros.

Sus recursos naturales son para el desarrollo agrícola y cultivo de pastos para el ganado. Tiene los siguientes tipos de suelo: cambisol, feozem y litosol.

Villa Pesqueira

Se localiza en el paralelo 29° 06' de latitud norte y a los 109° 57' de longitud al oeste, a una altura de 634 m.s.n.m. Cuenta con una superficie de 1,124.3 km².

El territorio es sumamente montañoso, debido a que gran parte está ocupado por la sierra Igualama que es una estribación de la Sierra Madre Occidental. El municipio es cruzado por varios arroyos como son: Nogales, Cánori, del Horno y De la Piedra de Amolar. En su territorio se encuentra parte de la presa Plutarco Elías Calles (El Novillo).

Cuenta con un clima semiseco, semicálido, con una temperatura media máxima mensual de 26.1°C de junio a septiembre y una temperatura media mínima mensual de 14.4°C en diciembre y enero. La época de lluvias se presenta en julio y agosto, contándose con una precipitación media anual de 508 mm con heladas y nevadas ocasionales en febrero y marzo en las partes.

Al sur y este del municipio se puede encontrar selva baja caducifolia, al norte predomina la vegetación tipo matorral subtropical y también se pueden encontrar pequeñas áreas de mezquital. Las especies de animales características son: sapo rana, sapo toro, víbora de cascabel, iguana, ardilla, tlacuache, lobo, lechuga, tecolotito, periquito verde, entre otras.

Sus recursos naturales son para el desarrollo de la agricultura y el cultivo de pastos para el ganado, tiene los siguientes tipos de suelo: cambisol, lluvisol, regosol y xerosol.

Yécora

El municipio se localiza en el paralelo 28° 22' de latitud norte y a los 108° 55' de longitud al oeste, a una altura de 1,250 m.s.n.m. Posee una superficie de 2,665.9 km².

Su territorio es montañoso debido a que está situado en las estribaciones de la Sierra Madre Occidental, las principales serranías son: Peña Blanca, Maycoba, El Campanero y Cabeza de Vaca. La fuente hidrológica más importante es el río Mulatos.

El clima es de tipo subhúmedo, con una temperatura media máxima de 19.9°C en julio y agosto y una media mínima de 7.7°C en diciembre. El régimen de lluvias se presenta en julio y agosto, teniendo una precipitación media anual promedio de 1,023 mm, en el invierno el clima es extremo, mucho frío en la sierra, nevadas ocasionales y fuertes heladas de febrero a marzo.

Predomina la selva baja caducifolia, en combinación con bosques de coníferas y pináceas. Predominan las siguientes especies de animales: sapo, rana platanera, sapo verde, siboli, tortuga verde de río, iguana de palo, culebra ranera, murciélago, coatí, ratón de campo, ocelote, puerco espín, conejo, lince, gallaludo, tecolote, cornudo, garrapatero y bolserillo.

Sus tierras son para cultivo y de pastos para la ganadería, tiene los siguientes tipos de suelo: cambisol, feozem, litosol lluvisol y regosol.

General Plutarco Elías Calles

Se localiza en el paralelo 31° 19' de latitud norte y a los 113° 32' de longitud al oeste, con una altura de 7 m.s.n.m. Cuenta con una superficie de 4,121.15 km².

La mayor parte del territorio es plano y desértico en su totalidad, forma parte del desierto de Altar, cuenta con algunos lomeríos. Por el municipio corren algunas corrientes intermitentes en época de lluvias. El río Sonoyta que corre casi paralelo a la Frontera de EUA y México, desemboca en el Golfo de California.

El clima es muy seco, con una temperatura media máxima mensual de 33.7°C en los meses de julio y agosto y una media mínima mensual de 12.5°C en los meses de diciembre y enero. Las lluvias son muy escasas, presentándose de octubre a enero, con una precipitación media anual de 27.4 mm.

Benito Juárez

El municipio se localiza en el paralelo 27°259' de latitud norte y a los 110° 01' de longitud al oeste, a una altura de 0-100 m.s.n.m. Posee Tiene una superficie de 3631.65 km².

El municipio está formado en un valle de pendientes, suaves muy propias para la agricultura, interrumpidas, solamente por algunos cerros. El río Mayo, además de ser una importante fuente abastecedora de agua para la actividad agrícola, ha sido el factor regulador de la población.

El municipio presenta un clima seco cálido, la temperatura media máxima mensual es de 20.1°C. La precipitación pluvial media anual es de 204.5 mm. El régimen de lluvias se presenta en julio, agosto y septiembre con heladas ocasionales de noviembre a marzo.

En el municipio predomina el tipo mezquital, en la parte costera del municipio, la flora es de tipo halófila. Las especies características son: sapo, sapotoro, rana toro, cachorón, culebra, coralillo, tortuga verde, liebre, conejo, pelícano, pato de collar, entre otras.

Sus recursos naturales son para el desarrollo agrícola, tiene los siguientes tipos de suelo: vertisol, xerosol y yermosol.

San Ignacio Río Muerto

Se localiza en el paralelo 27° 24' de latitud norte y 110° 14' al oeste, con una altura de 50 m.s.n.m. Tiene una superficie de 1,144 km².

El municipio está formado de pendientes, suaves muy propias para la agricultura, interrumpidas, solamente por algunos lomerios.

Presenta dos climas, el primero, clima seco, con una precipitación media anual de 410 mm, cubre la mayor parte del territorio al norte y al este. El segundo, la precipitación se presenta en los meses de julio a septiembre, con una temperatura media anual de poco más de 24°C, las temperaturas medias máximas son de 31°C se presentan en los meses de junio a septiembre. La temporada de helada se tiene a finales de diciembre y febrero, otros fenómenos meteorológicos como ciclones y vientos huracanados, se observan al final del verano y a principios de otoño.

Las especies de animales características son churea, palomas, codorniz y aves migratorias en la costa, coralillos, rana, sapo toro, chicotera, coyote, zorra, rata algodónera y madera.

Sus recursos naturales son para el desarrollo de la agricultura y de pastos para el ganado, tiene los siguientes tipos de suelos: cambisol, fluvisol, litosol, regosol, vertisol y xerosol.

2. Métodos

Las fases de planeación, diseño, construcción y operación de los aprovechamientos hidráulicos están siempre relacionadas con eventos hidrológicos futuros. Así, el análisis de frecuencias de las lluvias acumuladas anuales se emplea para proveer la magnitud de un evento $\hat{H}p_T$, de cierto periodo de retorno T , para determinar disponibilidad del recurso hídrico con propósitos de planeación.

El período de retorno se define como el número de años que transcurren en promedio para que un evento de magnitud dada x sea igualado o excedido por lo menos una vez en ese periodo de tiempo.

$$T = \frac{1}{P(X > x)} = \frac{1}{[1 - P(X \leq x)]} \quad (2.1)$$

2.1 Pruebas de homogeneidad

Una serie de tiempo se considera como estacionaria si sus propiedades estadísticas no se afectan por la selección de su origen en el tiempo. Cuando una serie presenta cambios abruptos o tendencias se dice que existen inconsistencia o no-homogeneidades (Yevjevich y Jeng, 1969).

En esta tesis se utilizaron la prueba no paramétrica de Pettitt (Pettitt, 1979) para el análisis de los puntos de cambio, y la prueba de Mann-Kendall (Kundzewics and Robson, 2004) para detectar la presencia de tendencias monotónicas.

Prueba de Pettitt

Para una secuencia de variables aleatorias X_1, X_2, \dots, X_T , la prueba de Pettitt compara los rangos r_i basados en las observaciones hechas antes ($t = 1, \dots, \tau$) y después ($t = \tau + 1, \dots, T$) de una posición temporal t , considerando un punto de cambio en τ , vía el estadístico $U_{t,T}$:

$$U_{t,T} = \sum_{i=1}^t \sum_{j=t+1}^T D_{ij} \quad (2.2)$$

donde D_{ij} es el signo de la diferencia para cada par de valores de la secuencia $(X_i - X_j)$, y el $\text{signo}(y) = 1$ si $y > 0$, $\text{signo}(y) = 0$ si $y = 0$, y finalmente $\text{signo}(y) = -1$ si $y < 0$.

El valor $K_T = \max |U_{t,T}|$ da la posición del posible punto de cambio τ para $1 \leq \tau < T$. La probabilidad asociada con K_T es

$$\rho \approx 2 \exp\left(\frac{-6K_T^2}{T^3 + T^2}\right) \quad (2.3)$$

Si ρ es más pequeño que el nivel de significancia, por ejemplo, 0.05, la hipótesis nula ($H_0 =$ no cambio) se rechaza y se acepta que hay un punto de cambio significativo ($H_1 =$ hay cambio).

Prueba de Mann-Kendall

Para un conjunto de observaciones x_i y x_j con $j > i$ el estadístico de Mann-Kendall es

$$S = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \text{signo}(x_j - x_i) \quad (2.4)$$

donde n es la longitud de registro, y

$$\text{signo}(x_j - x_i) = \begin{cases} 1 & \text{si } (x_j - x_i) > 0 \\ 0 & \text{si } (x_j - x_i) = 0 \\ -1 & \text{si } (x_j - x_i) < 0 \end{cases} \quad (2.5)$$

Cuando $n \geq 8$ el estadístico S esta normalmente distribuido, con media y varianza:

$$E(S) = 0 \quad (2.6)$$

$$Var(S) = \frac{n(n-1)(2n+5)}{18} \quad (2.7)$$

El estadístico de prueba de Mann-Kendal es

$$Z_{MK} = \begin{cases} \frac{S-1}{[Var(S)]^{1/2}} & \text{si } S > 0 \\ 0 & \text{si } S = 0 \\ \frac{S+1}{[Var(S)]^{1/2}} & \text{si } S < 0 \end{cases} \quad (2.8)$$

La hipótesis nula (H_0 = no tendencia) se rechaza cuando $Z_{MK} > Z_{\alpha/2}$ o $Z_{MK} < -Z_{\alpha/2}$, donde $Z_{\alpha/2}$ es la variable normal estándar (H_1 = hay tendencia).

La prueba de Mann-Kendall requiere que la muestra sea independiente, Para probar esto los coeficientes de auto-correlación serial, r_k , los cuales deben estimarse como (Salas et al., 1980):

$$r_k = \frac{\frac{1}{n-k} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(x_{i+k} - \bar{x})}{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (2.9)$$

Que deberán estar dentro de sus límites de confianza:

$$r_k(95\%) = \frac{-1 \pm 1.96\sqrt{n-k-1}}{n-k} \quad (2.10)$$

donde k es el tiempo de retraso y n es la longitud de registro disponible.

2.2 Prueba de Independencia de Anderson

Las expresiones (2.9) y (2.10) además de utilizarse en el test de Mann-Kendall son fundamentales para determinar si una serie de tiempo hidrológica está conformada por variables aleatorias, y que pueda ser sujeta a un posterior análisis de frecuencias.

La gráfica de los valores estimados para r_k (ordenadas) contra los tiempos de retraso k (abscisas), junto con sus correspondientes límites de confianza (2.10), se llama correlograma de la muestra.

Si y solo si el 10% de los valores r_k sobrepasan los límites de confianza se dice que la serie Hp_i es independiente y por lo tanto es una variable que sigue las leyes de la probabilidad.

2.3 Prueba de bondad de ajuste

Kite (1988) propuso un estadístico que permite seleccionar la mejor opción, entre diferentes modelos en competencia, para el ajuste de una muestra de datos Hp_i para $i = 1, 2, \dots, n_j$. Este estadístico es conocido como el error estándar de ajuste, y tiene la forma

$$EE = \left[\frac{\sum_{i=1}^{n_j} (\hat{Hp}_T - Hp_T)^2}{n_j - mp} \right]^{1/2} \quad (2.11)$$

donde Hp_T son los eventos Hp_i ordenados de mayor a menor con un periodo de retorno asignado

$T = \frac{n+1}{m}$ y una probabilidad de no excedencia $P = 1 - \frac{1}{T}$; n es la longitud del registro; m es el número de orden del registro ($m = 1$ para el evento más grande y $m = n$ para el evento más chico); \hat{Hp}_T son los eventos estimados por cierta distribución de probabilidad para cada periodo de retorno T asignado a la muestra ordenada Hp_i ; mp es el número de parámetros de la

distribución ajustada. La distribución de mejor ajuste será aquella que proporcione el mínimo valor del estadístico EE . Si una o más distribuciones tienen valores similares del EE , entonces, se deberá optar por aquella distribución que tenga el menor número de parámetros.

2.4 Análisis de frecuencias de lluvias acumuladas anuales

Para cada estación analizada es posible describir el comportamiento de la disponibilidad de lluvia anual en términos de la aplicación de distribuciones de probabilidad acumulada para valores mínimos (Gumbel, 1958; Chow, 1964; Al-Mashidani et al. 1980; Onoz and Bayazit, 1999; Kroll and Vogel, 2002).

La distribución Gumbel (G) es:

$$F(x) = \exp^{-\exp^{-\left[\frac{v-x}{\alpha}\right]}} \quad (2.12)$$

$$f(x) = \frac{1}{\alpha} \exp^{-\exp^{-\left[\frac{v-x}{\alpha}\right]}} \exp^{-\left[\frac{v-x}{\alpha}\right]} \quad (2.13)$$

donde v y α son los parámetros de ubicación y escala

La distribución Weibull con tres parámetros (W3) es:

$$F(x) = \exp\left\{-\left[\frac{x-\gamma}{\beta-\gamma}\right]^\alpha\right\} \quad (2.14)$$

$$f(x) = \frac{\alpha}{\beta-\gamma} \left[\frac{x-\gamma}{\beta-\gamma}\right]^{\alpha-1} e^{-\left[\frac{x-\gamma}{\beta-\gamma}\right]^\alpha} \quad (2.15)$$

donde α, β, γ son los parámetros de forma, escala y ubicación.

La función de densidad LogNormal con tres parámetros (LN3) es:

$$f(x) = \frac{1}{(x-x_0)\sigma_y\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{1}{2}\left[\frac{\ln(x-x_0)-\mu_y}{\sigma_y}\right]^2\right] \quad (2.16)$$

donde x_0, μ_y, σ_y son los parámetros de ubicación, forma y escala.

La función de densidad Gamma con tres parámetros (G3) es:

$$f(x) = \frac{1}{\alpha\Gamma(\beta)} \left(\frac{x-x_0}{\alpha}\right)^{\beta-1} \exp\left(-\frac{x-x_0}{\alpha}\right) \quad (2.17)$$

donde x_0, α, β son los parámetros de ubicación, escala y forma.

Con la finalidad de alcanzar mayor flexibilidad en el modelado de las series de lluvia se ha propuesto la aplicación de distribuciones mezcladas para mínimos (Escalante and Orsini, 2012).

El modelo general para ajustar muestras provenientes de dos poblaciones es (Mood et al, 1974):

$$F(x) = pF_1(x) + (1-p)F_2(x) \quad (2.18)$$

Donde p es la proporción de x en la mezcla ($0 < p < 1$), y $F(x)$ es la mezcla de distribuciones. En particular, las distribuciones G y W3 se pueden emplear en (2.16) para generar un conjunto más flexible de distribuciones, tal que se pueden tener las combinaciones mezcladas: GG, GW3, W3G y W3W3 (Escalante and Orsini, 2012).

Los parámetros de la distribución (2.16) se obtienen por el método de máxima verosimilitud. Para el caso de la función GW3 se deberá maximizar la función de LogVerosimilitud:

$$\ln L = \ln \left\{ \prod_{i=1}^n \left[p \left(\frac{1}{\alpha_1} \exp^{-\exp\left[-\frac{v-x_i}{\alpha_1}\right]} \exp^{-\left[\frac{v-x_i}{\alpha_1}\right]} \right) + (1-p) \left(\frac{\alpha_2}{\beta-\gamma} \left[\frac{x_i-\gamma}{\beta-\gamma} \right]^{\alpha_2-1} e^{-\left[\frac{x_i-\gamma}{\beta-\gamma}\right]^{\alpha_2}} \right) \right] \right\} \quad (2.19)$$

El procedimiento consiste en obtener y resolver un sistema de ecuaciones formado por:

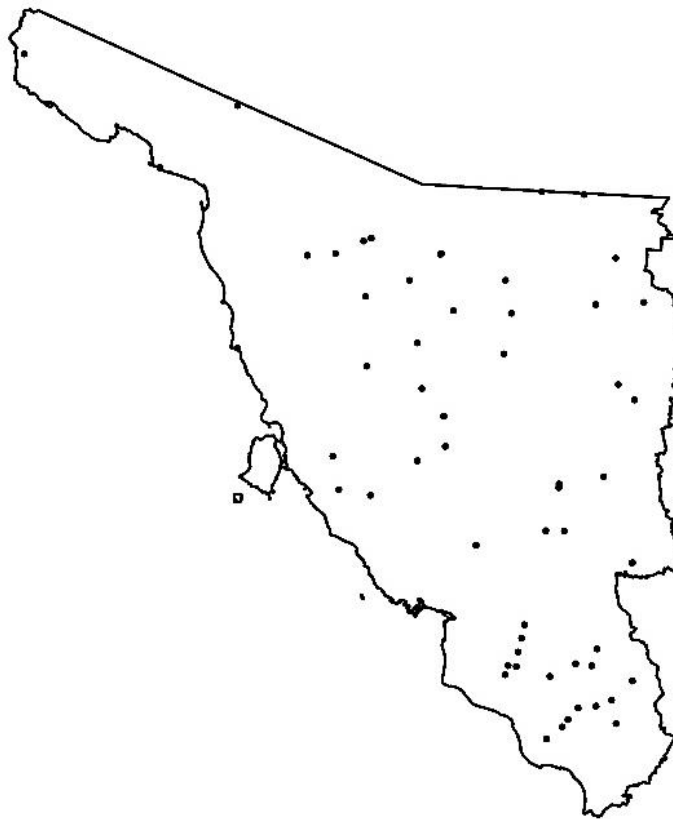
$$\frac{\partial \ln L}{\partial \phi_i} = 0 \quad (2.20)$$

Para $i = 1$ hasta mp número de parámetros de la distribución.

Dada la complejidad de las expresiones obtenidas en (2.20) y de las derivadas parciales con respecto a los parámetros en (2.18), se propone aplicar el método de optimación multivariable restringido de Rosenbrock (Kuester y Mize, 1973) para la directa maximización de (2.20). Cabe mencionar que este mismo esquema se utilizó para obtener los parámetros de las distribuciones unimodales G, W3, LN3 y GM3.

3. Materiales

La Comisión Nacional del Agua cuenta con registros de lluvia diaria en 287 estaciones climatológicas en el estado de Sonora, sin embargo, en este estudio solo se considera los datos de 58 estaciones (Tabla 3.1) que cuentan con al menos el 80% de la información de 64 años del periodo 1950-2013 (CLICOM, 2014). La ubicación de las estaciones seleccionadas se muestra en la Figura 3.1.



(figura 3.1Ubicación de las estaciones climatológicas utilizadas).

Tabla 3.1Coordenadas geográficas y porcentaje de información disponible de cada estación analizada.

Clave	Long°	Lat°	Datos	Clave	Long°	Lat°	Datos
26001	-109.5	31.3	87.6%	26068	-109.9	27.8	99.3%
26005	-110.2	30.3	80.4%	26069	-109.4	30.4	81.7%
26006	-109.1	29.8	85.9%	26071	-112.7	29.9	81.3%
26007	-110.2	30.6	88.5%	26072	-113.5	31.3	82.8%
26008	-110.2	30.0	90.8%	26073	-110.4	28.4	92.4%
26009	-109.4	27.5	85.4%	26074	-111.0	30.1	88.1%
26012	-108.9	30.5	80.9%	26075	-109.3	27.5	97.7%
26016	-111	29.7	90.1%	26076	-114.9	32.1	95.5%
26018	-109.9	27.5	92.0%	26077	-109.2	29.1	97.5%
26019	-109.5	27.0	84.4%	26082	-111.7	28.8	89.7%
26021	-109.6	27.4	83.6%	26083	-109.7	28.6	85.2%
26022	-109.2	30.8	83.8%	26089	-111.1	30.6	89.1%
26024	-109.1	27.2	94.4%	26092	-111.5	30.9	84.0%
26025	-110.7	30.3	84.8%	26093	-112.1	30.7	93.9%
26028	-111.7	29.1	81.5%	26096	-112.9	31.9	99.0%
26031	-109.6	29.0	82.1%	26098	-109.4	27.2	97.3%
26032	-110.7	29.2	97.4%	26099	-109.2	27.7	91.6%
26034	-109.6	26.9	86.4%	26101	-109.6	28.6	85.8%
26035	-111.5	29.8	83.7%	26102	-109.2	27.2	97.4%
26038	-111.6	30.8	82.8%	26103	-111.5	30.4	89.8%
26043	-109.9	27.7	88.1%	26109	-108.9	28.4	86.8%
26045	-110.9	30.8	99.2%	26115	-110.9	30.8	82.5%
26048	-109.6	28.9	84.2%	26123	-108.9	28.4	85.6%
26050	-108.9	27.4	92.4%	26139	-111.0	29.1	82.3%
26053	-109	27.1	96.1%	26180	-110.7	29.5	81.4%
26057	-109.9	31.3	90.8%	26206	-111.8	30.7	86.8%
26061	-109.4	27.1	93.6%	26207	-109.6	30.3	83.2%
26066	-111.4	28.8	81.1%	26298	-110.0	27.4	85.4%
26067	-109	29.7	80.4%	26403	-110.0	27.5	85.6%

3.1 Método de interpolación inversa y Base de datos

Como se observa en la tabla 3.1, la base de datos disponible no cuenta con la información al 100%, por lo que es necesario inferirla mediante alguna técnica geo-estadística. Para tal propósito, en esta tesis se propone el uso del método de la interpolación inversa. La técnica pertenece a la familia de métodos de distancia pesada (Tabios y Salas, 1985). La influencia de la lluvia en una estación para el cálculo de la misma en cualquier otro punto es inversamente proporcional a la distancia entre los dos puntos. El método da mayor peso a la estación más cercana y se reduce conforme la distancia es mayor, dependiendo del exponente β , (Abtew et al., 1993). Los pesos de la función de interpolación, ecuación 3.1, son solamente una función de la distancia entre el punto de interés “e”, con coordenadas (X_e, Y_e) y los puntos de medición (X_j, Y_j) para $j = 1, \dots, n$.

$$P_e = \sum_{j=1}^n W_j P_j \quad (3.1)$$

Considerando la distancia d_{ej} como:

$$d_{ej} = \sqrt{(X_e - X_j)^2 + (Y_e - Y_j)^2} \quad (3.2)$$

El peso correspondiente al punto (X_j, Y_j) está dado en general por:

$$W_j = \frac{\left[\frac{1}{d_{ej}} \right]^\beta}{\sum_{j=1}^n \left[\frac{1}{d_{ej}} \right]^\beta} \quad (3.3)$$

Es importante notar que el factor de peso W_j tiende a cero cuando hay incremento en la distancia d_{ej} y/o en el parámetro β . Cuando la potencia β toma valores de 1 ó 2, la técnica es llamada como interpolación de la distancia inversa o interpolación del cuadrado de la distancia inversa, respectivamente. En este estudio se consideró el valor $\beta = 2$.

Una vez completado el registro de lluvias acumuladas en 24 horas se procedió a obtener el valor acumulado anual de cada uno de ellos.

3.2 Estadísticos de las series de Lluvia acumulada anual.

Para llevar a cabo el análisis de frecuencias de las series de lluvia anual es necesario obtener los valores estadísticos. Para este propósito, se aplicaron las expresiones (3.4) a (3.9).

Media

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (3.4)$$

Varianza

$$S^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \quad (3.5)$$

Desviación estándar

$$S = \sqrt{S^2} \quad (3.6)$$

Coefficiente de asimetría

$$g = \frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{S} \right)^3 \quad (3.7)$$

Coefficiente de Kurtosis

$$K = 3 + \left\langle \left\{ \frac{n(n+1)}{(n-1)(n-2)(n-3)} \sum_{i=1}^n \left(\frac{x_i - \bar{x}}{S} \right)^4 \right\} - \left(\frac{3(n-1)^2}{(n-2)(n-3)} \right) \right\rangle \quad (3.8)$$

Coefficiente de variación

$$Cv = \frac{S}{\bar{x}} \quad (3.9)$$

En todas las expresiones anteriores, n , representa el tamaño de muestra.

4. Resultados

4.1 Base de Datos

Al utilizar la técnica geoestadística de interpolación inversa se pudo obtener una base de datos de lluvia acumulada anual para las 58 estaciones disponibles del estado de Sonora. En la tabla 4.1 se muestran los valores obtenidos.

4.2 Estadísticos de las muestras de lluvia

Al aplicar las expresiones (3.4) a (3.9) se obtuvieron las características estadísticas de las series de lluvia acumulada anual. En la tabla 4.2 se presentan dichos valores.

4.3 Homogeneidad y Tendencia de las Series de lluvia

De las 58 muestras analizadas mediante las pruebas de Pettitt y Mann-Kendall, 12 (21%) presentaron un punto de cambio significativo, pero solo un cambio en la tendencia (estación 26077). En la tabla 4.3 se presentan los resultados de estas pruebas. En ella se observa que el 79% de las muestras de lluvia anual se pueden considerar como series estacionarias (E) y el 21% no estacionarias (NE).

Tabla 4.1 Series de lluvia acumulada anual (en mm) disponibles en el estado de Sonora.

	1	2	3	4	5	6		1	2	3	4	5	6
AÑO	26001	26005	26006	26007	26008	26009	AÑO	26001	26005	26006	26007	26008	26009
1950	435.5	395.2	361.6	323.9	402.5	685.8	1982	365.5	502.9	553.0	431.6	384.5	780.7
1951	405.8	513.8	424.8	470.0	512.6	434.3	1983	596.8	803.8	458.9	586.1	706.5	851.2
1952	404.8	532.5	446.7	472.8	543.1	603.6	1984	579.4	597.5	506.8	785.6	611.0	997.9
1953	278.0	392.7	550.6	391.5	404.4	574.6	1985	496.5	553.1	338.0	779.6	588.9	768.5
1954	445.0	527.3	526.3	506.8	520.3	970.1	1986	448.9	702.3	555.1	593.2	615.0	482.1
1955	366.2	449.6	445.6	494.3	451.4	867.1	1987	354.6	369.4	322.4	376.4	313.0	467.3
1956	241.3	449.3	545.1	486.1	459.2	666.6	1988	577.7	652.2	607.5	866.3	655.0	619.7
1957	452.2	557.7	626.1	536.1	552.9	593.1	1989	287.2	371.9	394.4	558.0	371.6	694.9
1958	753.1	846.6	637.5	1173.3	827.4	994.7	1990	425.5	588.8	674.2	531.5	670.4	927.4
1959	499.6	502.6	631.3	524.4	498.8	748.0	1991	448.5	641.5	557.3	668.2	901.8	676.1
1960	306.2	407.1	465.4	330.6	425.2	695.5	1992	379.4	640.5	559.1	658.1	554.0	645.2
1961	350.5	745.8	483.8	787.0	813.2	1020.8	1993	346.8	665.2	652.9	681.9	759.8	834.3
1962	306.2	505.0	556.3	593.8	525.3	746.7	1994	412.3	659.5	563.4	718.8	746.1	621.3
1963	433.1	403.0	405.1	638.8	370.6	751.2	1995	268.0	418.4	449.9	420.7	369.0	771.1
1964	323.0	436.2	575.5	399.6	434.4	435.9	1996	323.4	406.3	437.8	494.5	396.5	631.2
1965	374.0	495.6	601.5	608.5	378.3	325.1	1997	297.0	479.3	535.6	565.7	536.0	746.0
1966	441.7	547.0	478.0	511.0	557.6	436.5	1998	339.4	487.3	590.9	607.4	268.5	520.0
1967	473.2	528.5	580.0	719.9	533.9	470.5	1999	292.3	329.7	413.7	438.4	374.5	484.0
1968	304.8	397.0	536.0	443.5	691.1	550.3	2000	514.1	749.0	710.7	927.0	614.0	524.1
1969	271.5	303.5	372.3	571.1	479.0	763.7	2001	311.6	449.2	546.6	443.1	476.5	665.8
1970	211.0	282.0	440.5	397.5	323.0	434.5	2002	342.6	377.0	512.0	375.7	310.5	378.3
1971	354.0	355.4	361.5	573.8	380.5	518.0	2003	187.4	325.1	396.5	402.7	402.7	474.7
1972	392.1	515.1	487.0	430.0	377.5	570.0	2004	322.0	454.0	707.9	496.1	381.5	672.9
1973	455.8	367.4	399.2	415.0	370.2	440.5	2005	290.2	501.0	502.8	493.3	415.5	355.3
1974	311.8	376.5	573.0	491.5	463.5	669.1	2006	345.5	536.3	501.3	491.5	523.5	527.0
1975	291.2	333.5	478.1	435.9	398.5	518.0	2007	432.8	563.5	722.5	412.2	463.5	816.7
1976	282.6	362.5	495.0	436.2	402.5	467.5	2008	223.0	430.5	410.7	536.3	428.5	822.7
1977	491.0	581.3	487.5	742.6	426.0	304.0	2009	194.1	487.2	441.8	597.4	348.5	697.5
1978	492.5	666.7	662.6	619.2	810.7	467.5	2010	404.7	430.8	537.0	502.4	535.0	613.2
1979	306.5	374.3	432.3	374.8	368.0	337.6	2011	521.0	338.7	564.1	369.7	697.8	520.0
1980	305.0	519.9	355.5	341.0	268.5	685.5	2012	325.7	303.6	561.5	313.9	421.7	368.0
1981	366.0	769.1	993.0	503.9	621.5	688.5	2013	417.1	355.0	531.2	412.9	498.6	455.0

Tabla 4.1 Series de lluvia acumulada anual (en mm) disponibles en el estado de Sonora (continuación).

	7	8	9	10	11	12		7	8	9	10	11	12
AÑO	26012	26016	26018	26019	26021	26022	AÑO	26012	26016	26018	26019	26021	26022
1950	375.4	334.3	412.8	589.8	531.0	451.4	1982	272.4	309.1	463.5	352.1	509.8	352.2
1951	435.2	564.4	154.3	391.7	374.4	512.2	1983	677.8	483.0	581.4	650.5	634.9	401.0
1952	447.0	440.2	218.7	418.0	436.2	535.8	1984	600.7	644.2	668.0	770.9	661.9	489.7
1953	439.5	442.2	290.6	288.6	390.5	446.5	1985	450.4	380.2	294.3	368.2	346.5	569.9
1954	524.3	522.8	578.5	680.4	682.3	560.3	1986	613.7	433.0	393.8	773.0	472.5	431.6
1955	435.8	558.6	580.6	490.3	710.9	475.4	1987	516.4	228.5	288.9	309.8	388.8	285.0
1956	414.8	567.4	474.9	474.5	513.2	408.2	1988	452.1	467.4	470.6	763.3	593.5	459.1
1957	730.4	555.2	284.8	651.7	465.8	715.9	1989	701.1	448.1	411.4	406.8	463.5	390.6
1958	698.4	772.8	792.6	660.4	806.1	750.1	1990	562.0	572.1	505.4	867.5	599.7	585.7
1959	668.8	437.4	581.5	547.3	608.7	637.4	1991	619.4	510.3	443.0	448.7	735.8	529.8
1960	393.6	309.2	491.8	613.0	532.2	352.1	1992	512.5	661.3	582.9	361.7	744.1	327.0
1961	561.3	312.5	338.2	487.4	481.5	470.4	1993	567.9	562.5	258.5	491.3	612.8	551.5
1962	501.3	215.0	479.1	312.1	548.7	469.2	1994	406.4	636.3	458.3	439.1	581.0	602.9
1963	488.8	230.8	315.6	468.5	489.1	384.6	1995	371.8	371.1	290.9	468.0	431.8	325.5
1964	413.7	278.0	352.1	355.8	370.4	435.3	1996	550.0	414.6	405.2	661.0	432.5	282.0
1965	570.8	350.0	350.2	406.1	287.1	228.1	1997	607.7	333.2	463.5	393.0	625.6	347.5
1966	459.5	387.6	541.3	577.7	437.9	276.5	1998	458.9	348.6	187.1	427.2	432.7	284.5
1967	523.6	451.0	364.4	420.6	447.9	541.5	1999	309.6	313.0	252.9	344.5	318.3	369.9
1968	376.0	313.0	394.9	653.3	482.8	386.8	2000	669.8	474.0	290.1	266.6	281.5	799.4
1969	401.5	373.3	450.0	434.4	444.7	282.5	2001	656.9	332.6	359.0	629.7	431.0	609.0
1970	403.0	302.5	312.7	326.4	462.1	261.5	2002	509.3	259.7	348.6	264.6	404.5	701.8
1971	458.5	425.9	328.4	409.9	652.3	332.0	2003	223.6	314.4	283.5	232.0	355.5	368.0
1972	369.0	159.0	567.4	743.5	525.9	270.0	2004	566.4	403.7	599.1	480.3	845.1	610.6
1973	487.5	237.0	379.4	370.9	437.7	221.0	2005	444.3	391.0	429.2	292.2	420.5	202.0
1974	402.0	292.5	486.1	293.4	517.0	272.0	2006	509.1	374.0	209.6	243.0	523.1	268.0
1975	502.8	204.0	241.7	253.3	462.9	386.5	2007	536.6	346.0	376.0	430.6	620.7	203.0
1976	519.9	326.0	291.0	437.0	377.9	329.5	2008	236.5	452.5	440.0	759.0	519.9	349.5
1977	428.0	264.3	303.7	273.0	206.4	500.2	2009	698.3	212.5	558.3	383.5	558.2	328.0
1978	650.5	525.0	603.3	446.7	434.9	328.5	2010	399.5	295.0	259.0	546.6	385.3	247.5
1979	491.0	499.0	209.6	207.2	326.0	252.0	2011	627.5	383.3	349.0	466.9	343.5	641.0
1980	515.7	184.0	239.4	300.0	482.8	238.0	2012	421.7	230.2	543.6	442.4	323.0	396.3
1981	423.3	368.5	459.0	490.2	563.1	378.5	2013	517.0	191.2	429.4	392.1	466.6	413.8

Tabla 4.1 Series de lluvia acumulada anual (en mm) disponibles en el estado de Sonora (continuación).

	13	14	15	16	17	18		13	14	15	16	17	18
AÑO	26024	26025	26028	26031	26032	26034	AÑO	26024	26025	26028	26031	26032	26034
1950	488.7	457.6	280.3	961.6	177.2	629.4	1982	611.5	535.5	263.0	456.7	377.1	250.2
1951	456.9	704.2	560.1	623.1	368.5	303.0	1983	668.8	1010.1	258.2	790.9	589.2	388.5
1952	551.3	692.9	427.6	543.1	279.1	183.0	1984	967.7	775.6	489.4	868.1	613.8	777.9
1953	454.7	510.3	419.2	649.0	270.8	182.0	1985	424.9	797.6	546.8	695.9	519.7	368.1
1954	607.0	757.2	609.2	591.9	332.5	309.2	1986	593.4	508.3	512.0	868.9	476.9	298.3
1955	698.0	674.4	519.2	351.3	381.1	617.7	1987	308.0	619.1	305.7	398.5	188.0	217.5
1956	416.2	526.7	468.9	680.7	358.7	524.6	1988	421.4	998.5	497.5	653.2	527.1	274.1
1957	686.5	506.2	661.0	531.6	352.4	259.5	1989	509.5	759.4	295.6	621.4	386.1	339.7
1958	939.3	1271.4	592.7	933.5	512.1	811.7	1990	787.5	806.5	497.1	1039.0	729.5	555.4
1959	957.9	886.4	731.8	776.0	295.3	719.2	1991	556.0	939.2	541.5	733.2	440.4	389.5
1960	634.5	565.5	591.1	836.0	455.0	485.5	1992	664.0	644.5	890.8	493.5	749.1	410.6
1961	756.5	929.7	767.1	626.4	437.7	360.3	1993	507.8	1205.7	629.5	770.4	371.7	374.5
1962	572.0	709.4	564.5	717.5	349.1	321.2	1994	646.2	680.0	662.9	626.5	498.0	400.9
1963	595.5	744.4	357.8	665.8	376.2	327.2	1995	556.6	376.0	429.9	423.7	380.4	381.0
1964	499.0	890.0	366.7	383.0	296.7	312.8	1996	466.9	333.5	239.2	549.2	366.0	334.3
1965	571.4	865.0	371.5	630.5	251.7	330.5	1997	542.5	678.0	463.2	600.9	374.7	604.5
1966	540.0	874.0	257.4	509.4	327.6	380.9	1998	373.5	665.3	268.7	481.5	315.8	435.6
1967	600.1	580.9	328.1	706.5	393.7	364.0	1999	493.0	592.1	355.8	437.5	374.6	316.7
1968	631.8	354.1	160.9	679.4	655.2	620.7	2000	510.0	857.4	256.3	846.7	680.2	299.3
1969	420.6	560.0	269.6	355.1	461.7	240.0	2001	537.7	516.0	290.6	604.7	414.7	585.0
1970	411.9	499.0	308.7	342.7	245.5	300.1	2002	384.5	666.1	421.7	597.9	356.1	239.9
1971	452.2	595.1	395.7	503.4	385.0	452.6	2003	495.6	494.0	449.3	627.5	426.9	316.5
1972	792.4	353.0	237.9	521.1	270.3	817.4	2004	662.3	549.5	404.8	1017.7	355.1	469.4
1973	513.5	424.0	229.4	400.7	284.3	222.2	2005	391.2	456.0	319.5	869.0	340.2	279.4
1974	715.3	350.3	298.1	581.3	341.6	313.4	2006	546.9	599.5	622.9	679.0	564.3	279.6
1975	364.2	407.5	237.2	465.0	453.8	234.3	2007	654.5	576.0	326.0	1110.7	438.2	419.6
1976	638.4	326.5	241.7	453.4	438.3	284.8	2008	822.2	696.1	435.6	655.2	399.6	812.3
1977	358.4	353.3	214.4	385.4	342.3	150.2	2009	505.9	378.0	197.8	763.8	404.3	407.6
1978	555.0	740.8	346.5	657.7	463.6	217.2	2010	465.9	548.0	267.0	801.7	574.0	410.8
1979	296.3	371.5	264.5	453.5	257.6	296.6	2011	500.1	510.9	413.5	732.0	622.5	502.5
1980	380.6	305.0	253.8	489.9	284.2	248.3	2012	459.3	507.4	348.9	770.5	401.8	458.8
1981	642.8	936.1	310.1	696.4	746.4	542.5	2013	515.1	419.6	353.9	540.7	418.2	386.1

Tabla 4.1 Series de lluvia acumulada anual (en mm) disponibles en el estado de Sonora (continuación).

	19	20	21	22	23	24		19	20	21	22	23	24
AÑO	26035	26038	26043	26045	26048	26050	AÑO	26035	26038	26043	26045	26048	26050
1950	372.4	269.5	319.3	276.5	1143.0	794.7	1982	508.5	419.0	344.2	459.7	494.0	765.2
1951	417.1	447.2	248.6	426.9	755.7	488.3	1983	656.9	781.0	550.6	698.6	822.6	1086.9
1952	258.4	415.0	324.7	379.8	699.8	579.6	1984	620.0	597.0	573.8	816.0	895.6	1053.7
1953	411.6	243.0	263.7	314.0	734.3	375.2	1985	257.5	376.5	292.5	570.6	853.5	692.9
1954	631.6	457.5	469.5	461.0	764.2	592.0	1986	275.8	463.5	448.6	399.9	1110.0	712.8
1955	472.1	327.8	604.4	417.5	543.0	562.6	1987	139.0	388.0	293.4	386.0	419.5	703.1
1956	491.0	188.5	430.7	321.0	841.4	658.6	1988	450.3	513.2	299.9	399.6	604.0	576.4
1957	531.7	277.5	584.0	347.5	835.4	990.8	1989	376.4	319.9	438.6	579.0	700.4	679.5
1958	740.6	400.0	932.8	679.5	1112.4	786.7	1990	402.2	362.3	625.1	438.6	1198.9	964.2
1959	583.5	490.9	671.9	491.9	919.8	1469.8	1991	582.0	314.7	419.2	536.5	687.4	628.2
1960	207.0	337.0	518.7	415.5	819.8	1023.2	1992	641.7	621.0	595.6	544.6	592.5	1064.4
1961	331.0	349.7	333.9	555.0	927.1	1037.2	1993	617.0	481.8	447.2	644.3	719.5	785.3
1962	253.8	192.5	381.2	561.5	756.8	524.5	1994	915.8	477.4	500.4	681.5	697.8	949.4
1963	298.0	877.0	490.5	470.1	689.4	795.5	1995	363.5	362.1	357.2	438.0	467.7	811.3
1964	454.0	1033.5	272.2	701.9	551.5	531.2	1996	486.4	252.5	459.6	284.0	692.6	635.6
1965	450.3	382.5	226.6	528.9	585.7	539.0	1997	339.3	480.1	324.6	492.5	609.5	912.8
1966	423.6	532.7	334.0	778.6	563.0	581.0	1998	242.2	247.6	439.3	453.1	571.0	512.5
1967	195.0	503.2	507.9	790.0	719.8	711.8	1999	324.2	409.7	416.8	349.0	481.2	528.4
1968	380.8	203.5	685.0	419.5	643.3	736.6	2000	299.3	691.9	233.4	619.0	858.0	740.0
1969	366.4	316.5	377.2	707.9	421.3	680.9	2001	363.2	565.4	348.1	444.5	639.7	549.0
1970	221.0	360.0	259.2	413.0	412.7	655.4	2002	292.0	294.5	391.2	245.9	613.5	562.8
1971	212.0	483.5	266.8	485.1	535.6	967.5	2003	298.9	374.4	382.2	317.4	627.3	615.9
1972	267.0	302.6	439.2	495.0	548.1	776.2	2004	439.6	450.5	558.2	416.5	1030.2	672.0
1973	234.0	269.0	205.6	391.0	734.2	570.6	2005	330.8	351.3	534.5	433.7	852.8	633.1
1974	247.8	338.5	357.7	398.8	703.1	587.8	2006	276.2	215.1	336.5	431.6	662.1	620.9
1975	244.5	257.0	333.0	351.1	652.1	503.3	2007	291.6	280.4	463.9	369.1	1054.9	931.0
1976	337.5	299.4	456.8	460.0	592.9	720.9	2008	354.8	310.1	434.6	493.0	613.7	886.5
1977	176.5	415.0	329.6	456.5	416.5	627.5	2009	309.2	205.8	678.8	306.7	782.3	788.3
1978	616.2	618.0	549.3	750.9	702.8	1001.5	2010	353.4	414.8	307.8	472.1	856.1	604.7
1979	231.4	355.3	212.8	438.5	523.7	564.7	2011	235.8	326.3	390.3	333.1	772.2	845.4
1980	263.0	307.4	513.0	360.0	628.7	701.1	2012	254.7	401.0	529.2	474.8	771.2	590.9
1981	552.0	384.0	584.9	477.3	764.9	793.1	2013	182.6	239.2	723.3	411.4	629.3	701.1

Tabla 4.1 Series de lluvia acumulada anual (en mm) disponibles en el estado de Sonora (continuación).

	25	26	27	28	29	30		25	26	27	28	29	30
AÑO	26053	26057	26061	26066	26067	26068	AÑO	26053	26057	26061	26066	26067	26068
1950	733.0	427.5	555.8	224.6	444.6	219.9	1982	701.5	468.0	374.1	133.8	414.8	482.7
1951	405.8	406.0	391.0	448.8	522.4	234.3	1983	881.3	408.5	494.4	267.5	838.2	598.6
1952	529.0	405.0	420.7	342.7	549.8	296.5	1984	1334.6	537.0	783.3	433.4	828.6	497.4
1953	419.6	240.9	283.8	335.9	677.2	197.7	1985	733.7	382.4	329.4	229.4	538.5	296.8
1954	557.0	468.3	722.3	496.0	647.3	327.8	1986	885.9	435.5	647.5	276.6	919.1	451.5
1955	664.5	489.7	430.5	500.3	548.1	486.0	1987	485.0	486.0	407.9	326.0	430.0	186.8
1956	521.5	339.5	417.4	427.1	670.5	322.3	1988	578.5	485.5	330.8	422.1	764.5	354.0
1957	616.5	407.0	625.1	481.9	703.1	571.9	1989	757.9	278.0	506.8	304.9	593.8	320.5
1958	938.0	848.1	661.4	540.7	637.5	786.1	1990	823.0	565.6	693.8	248.0	837.4	720.5
1959	1361.5	731.3	548.1	695.9	631.3	564.4	1991	629.4	437.5	465.8	233.4	647.6	371.0
1960	1082.0	272.5	579.2	564.2	487.1	472.9	1992	846.7	470.2	378.9	690.5	483.2	269.0
1961	758.3	294.4	446.7	652.7	483.8	423.5	1993	646.8	402.3	352.1	221.5	853.5	394.0
1962	731.8	308.6	259.7	435.8	626.8	407.2	1994	864.9	557.1	542.6	579.4	652.3	459.2
1963	359.6	342.9	444.9	297.3	436.8	594.9	1995	875.0	285.3	443.2	409.5	450.0	386.6
1964	660.7	578.0	316.4	203.9	478.6	232.0	1996	671.0	375.0	496.0	316.7	437.8	471.7
1965	934.4	418.0	369.3	318.9	437.9	354.2	1997	767.5	277.0	465.7	576.9	535.6	496.6
1966	648.0	372.0	433.3	336.7	539.3	496.6	1998	804.5	258.0	485.3	258.5	590.9	469.7
1967	787.2	727.2	347.5	194.4	590.8	444.5	1999	713.5	296.7	401.3	339.6	413.7	379.6
1968	900.0	515.1	554.0	208.4	691.1	610.0	2000	593.2	454.0	322.6	146.6	710.6	261.0
1969	701.0	261.0	326.6	260.0	480.4	469.1	2001	711.0	255.3	516.9	286.9	546.6	374.0
1970	612.5	243.0	381.9	199.5	476.9	409.7	2002	540.5	222.8	218.8	424.2	512.0	342.0
1971	884.4	326.1	265.8	236.0	557.2	305.8	2003	531.3	287.3	362.7	366.4	396.5	368.7
1972	875.5	376.3	527.6	160.5	608.3	499.8	2004	929.5	379.0	505.8	302.5	707.9	679.0
1973	544.9	353.0	328.1	128.6	435.9	244.0	2005	523.5	340.8	310.7	292.3	502.8	393.4
1974	860.4	378.5	383.3	250.0	617.3	386.0	2006	519.3	320.9	315.4	591.7	501.4	316.6
1975	575.9	315.5	270.7	347.1	528.3	294.9	2007	861.6	288.2	361.6	288.4	722.5	388.9
1976	724.6	390.3	578.6	139.9	583.6	513.1	2008	1232.9	355.7	764.1	431.4	410.8	453.0
1977	592.0	467.0	212.4	222.3	808.4	284.5	2009	790.7	264.6	416.7	190.5	441.8	508.1
1978	774.9	486.5	493.5	291.7	681.9	493.3	2010	629.4	522.8	456.5	250.7	537.0	295.1
1979	539.1	250.5	199.2	203.5	461.1	340.8	2011	606.5	516.4	507.8	400.6	536.8	352.7
1980	679.0	338.9	505.5	152.5	427.4	463.0	2012	537.0	377.8	433.4	349.1	573.8	529.3
1981	934.5	271.0	530.0	130.5	484.7	547.8	2013	593.6	483.8	390.6	353.6	513.7	358.3

Tabla 4.1 Series de lluvia acumulada anual (en mm) disponibles en el estado de Sonora (continuación).

	31	32	33	34	35	36		31	32	33	34	35	36
AÑO	26069	26071	26072	26073	26074	26075	AÑO	26069	26071	26072	26073	26074	26075
1950	363.1	304.4	301.6	786.5	407.5	748.2	1982	310.4	307.0	246.4	382.6	584.6	609.7
1951	423.6	477.5	385.4	586.4	597.6	394.0	1983	489.2	331.1	629.6	451.8	722.6	965.1
1952	435.9	375.3	285.9	558.5	294.4	722.5	1984	539.3	555.1	607.3	556.4	813.3	928.5
1953	250.3	246.7	204.4	438.1	472.6	632.7	1985	528.4	377.9	272.2	451.0	483.3	484.3
1954	441.7	372.3	237.7	650.3	796.7	1199.1	1986	660.1	523.7	271.1	407.4	540.0	678.5
1955	359.1	284.7	340.6	616.8	586.5	861.7	1987	274.8	230.0	213.0	289.0	306.1	451.0
1956	212.3	230.8	352.3	756.4	541.4	732.1	1988	421.4	233.6	282.7	408.0	360.3	620.8
1957	411.6	301.9	689.1	813.0	677.5	633.9	1989	444.5	237.7	151.1	429.3	470.6	647.7
1958	434.2	737.0	709.5	726.0	877.7	1007.5	1990	688.6	249.2	287.9	585.2	261.8	1027.5
1959	324.5	736.9	559.4	403.1	451.7	753.8	1991	434.6	394.3	257.1	571.7	409.6	876.0
1960	285.8	324.9	259.3	487.0	511.5	744.0	1992	328.1	469.7	462.2	631.8	549.2	884.5
1961	343.1	432.0	288.4	403.4	918.7	851.1	1993	621.8	569.0	258.5	428.7	1150.6	773.0
1962	411.0	233.2	302.6	362.6	566.7	552.0	1994	516.5	320.2	253.3	472.1	981.1	965.0
1963	287.5	400.2	217.9	348.0	434.1	849.0	1995	323.5	247.7	141.2	447.8	375.3	709.7
1964	433.3	289.5	263.3	392.7	417.2	733.0	1996	304.2	284.5	225.5	390.4	355.1	566.7
1965	435.2	285.8	189.1	341.3	268.4	768.8	1997	599.6	298.5	381.2	451.5	313.3	785.3
1966	481.0	343.4	296.0	420.2	276.9	498.0	1998	504.4	481.5	149.2	342.4	341.1	531.3
1967	455.8	329.9	226.8	458.3	264.1	433.0	1999	383.2	314.0	141.5	401.7	364.6	565.3
1968	557.0	168.7	275.2	575.1	295.0	898.8	2000	736.6	379.6	210.0	465.7	421.5	562.1
1969	378.1	412.5	239.6	375.5	382.6	981.5	2001	502.2	447.6	209.5	628.1	465.6	653.0
1970	421.6	364.2	327.3	453.5	313.5	707.7	2002	488.2	330.6	242.4	454.6	311.9	515.0
1971	554.3	435.0	412.7	387.7	377.4	709.8	2003	251.1	348.7	287.7	518.9	438.4	650.0
1972	453.3	260.8	256.7	375.2	400.5	578.8	2004	452.6	425.9	172.3	524.4	412.9	873.0
1973	433.6	179.1	130.9	354.2	257.0	623.1	2005	360.9	230.6	259.3	270.3	404.7	403.2
1974	420.5	195.7	208.6	555.0	156.0	692.3	2006	427.3	419.8	177.5	491.0	373.2	618.1
1975	523.1	186.6	199.9	350.8	176.8	446.5	2007	603.2	236.1	148.3	558.9	309.6	777.6
1976	581.3	294.2	135.9	285.9	216.5	565.6	2008	343.3	245.4	236.2	397.5	481.4	971.0
1977	497.7	172.8	211.3	225.7	265.0	549.2	2009	415.9	153.2	171.6	356.2	341.2	573.9
1978	665.3	286.2	239.0	537.6	623.0	733.2	2010	405.6	263.1	132.5	369.0	442.8	503.9
1979	402.7	226.1	100.2	251.5	390.5	506.5	2011	536.8	279.9	440.2	671.7	250.0	570.1
1980	450.2	159.9	93.6	314.8	309.7	568.6	2012	298.5	274.4	350.1	510.2	367.0	427.9
1981	713.2	244.2	106.2	375.9	431.3	841.7	2013	329.3	279.2	368.5	473.2	201.4	529.5

Tabla 4.1 Series de lluvia acumulada anual (en mm) disponibles en el estado de Sonora (continuación).

	37	38	39	40	41	42		37	38	39	40	41	42
AÑO	26076	26077	26082	26083	26089	26092	AÑO	26076	26077	26082	26083	26089	26092
1950	280.4	968.6	322.9	686.8	292.7	307.5	1982	270.6	494.0	293.9	869.0	557.9	361.4
1951	376.0	644.2	645.4	690.5	574.3	431.7	1983	551.6	890.1	249.8	1112.7	545.0	682.4
1952	275.6	334.6	492.8	588.5	416.0	324.2	1984	502.3	742.0	459.1	1240.5	772.6	590.7
1953	191.5	656.6	483.0	401.4	354.9	235.5	1985	236.9	750.8	389.1	999.1	548.5	250.3
1954	211.3	559.3	723.7	660.5	574.0	377.4	1986	277.0	749.5	435.9	1220.9	487.7	438.8
1955	461.8	255.3	725.2	693.5	581.1	372.7	1987	188.2	495.0	313.0	576.9	453.0	395.8
1956	355.7	660.5	604.3	844.1	325.6	226.8	1988	224.1	524.5	508.0	889.0	407.9	309.8
1957	720.6	411.8	625.7	691.0	280.2	310.0	1989	112.8	412.8	302.2	660.5	287.5	313.2
1958	582.3	905.0	537.0	914.0	689.2	467.4	1990	288.3	796.5	521.6	1067.0	587.5	341.5
1959	558.9	657.1	929.6	618.0	320.2	561.3	1991	276.2	809.0	345.2	1131.0	372.8	362.8
1960	235.7	909.9	692.1	664.8	297.2	376.1	1992	428.8	659.5	1081.2	800.0	686.0	544.7
1961	259.0	518.6	836.4	620.0	533.8	389.4	1993	264.3	1004.0	445.1	1080.0	414.0	401.2
1962	268.5	422.5	560.0	500.2	563.0	218.1	1994	274.2	854.3	817.8	886.0	435.9	524.8
1963	166.1	331.5	406.3	506.0	255.0	944.8	1995	159.0	519.0	407.2	782.4	379.5	361.0
1964	180.0	401.0	460.3	447.0	246.0	1140.6	1996	227.2	864.9	323.2	586.3	332.7	396.5
1965	169.8	505.6	399.2	471.9	322.0	435.5	1997	354.0	1022.7	497.3	994.5	462.2	505.2
1966	199.4	482.2	319.7	729.0	410.5	419.5	1998	168.0	559.0	293.9	465.9	503.7	467.8
1967	287.6	403.5	178.9	913.8	474.1	336.2	1999	177.7	525.1	329.1	417.8	392.1	525.6
1968	267.4	479.5	185.9	700.3	349.0	195.0	2000	241.7	732.0	310.7	552.0	727.4	669.5
1969	282.4	324.8	224.0	614.6	376.3	292.9	2001	245.5	764.0	277.4	516.0	497.1	562.9
1970	301.4	363.0	242.2	1019.1	558.5	341.2	2002	246.4	649.0	414.4	492.5	255.9	298.2
1971	345.1	413.0	261.1	796.0	420.8	425.3	2003	445.8	795.0	471.7	437.9	326.4	374.2
1972	287.8	296.5	193.8	868.9	290.5	186.6	2004	264.1	1180.0	377.8	711.2	393.1	452.7
1973	121.3	762.0	142.7	729.0	234.0	279.3	2005	408.7	742.0	348.7	646.7	277.4	356.8
1974	221.7	718.3	146.0	1098.5	162.0	274.6	2006	168.6	546.0	676.3	478.1	255.6	214.6
1975	116.4	486.0	81.1	881.6	178.0	303.2	2007	157.5	1080.0	365.3	658.6	299.5	280.1
1976	257.2	563.5	284.8	720.0	305.0	263.2	2008	292.7	800.2	450.6	634.4	291.1	311.0
1977	135.2	487.5	184.7	548.0	521.4	374.3	2009	183.7	614.0	197.5	351.4	188.2	205.9
1978	270.9	557.0	218.4	732.5	1104.2	503.5	2010	157.2	797.0	262.2	580.9	355.7	417.0
1979	218.4	551.0	189.5	735.0	168.5	322.0	2011	432.2	751.2	412.4	775.3	215.6	323.8
1980	130.1	274.0	195.9	824.0	212.5	290.8	2012	344.7	768.6	349.1	687.1	341.2	409.9
1981	476.4	650.0	173.1	857.0	326.0	349.2	2013	366.9	693.1	353.6	571.0	273.3	233.0

Tabla 4.1 Series de lluvia acumulada anual (en mm) disponibles en el estado de Sonora (continuación).

	43	44	45	46	47	48		43	44	45	46	47	48
AÑO	26093	26096	26098	26099	26101	26102	AÑO	26093	26096	26098	26099	26101	26102
1950	272.2	402.6	791.3	708.1	932.8	459.9	1982	264.3	231.0	524.8	721.8	631.5	702.8
1951	428.8	482.9	367.8	387.8	653.4	465.3	1983	493.9	486.3	684.8	1156.3	1057.5	800.7
1952	345.9	347.9	329.5	732.3	653.0	554.6	1984	362.2	322.6	971.8	1105.1	618.5	956.1
1953	222.6	252.4	261.1	616.6	627.5	469.1	1985	180.2	234.9	418.7	801.4	781.5	552.3
1954	331.8	278.5	490.1	1088.9	730.3	613.6	1986	236.7	163.3	658.6	762.6	1186.8	614.5
1955	244.4	199.8	655.1	864.5	622.2	653.1	1987	147.0	193.2	311.7	525.3	728.7	344.3
1956	225.6	198.2	432.0	692.9	730.6	419.8	1988	274.1	256.2	366.4	970.8	703.5	546.6
1957	198.8	123.7	403.0	733.3	1007.2	609.3	1989	161.2	121.9	488.1	702.9	1109.4	666.0
1958	577.2	214.2	766.8	1042.1	943.4	941.6	1990	233.1	252.6	793.1	1163.6	1266.8	940.0
1959	632.5	373.0	554.0	782.7	760.1	912.7	1991	226.3	186.6	489.2	693.6	816.7	638.2
1960	232.3	214.5	472.1	684.4	450.5	570.1	1992	363.0	400.5	536.2	820.7	848.2	637.0
1961	313.8	329.8	537.6	1019.0	935.9	697.0	1993	392.2	299.6	581.9	859.8	942.2	621.4
1962	189.3	272.2	404.9	762.0	523.5	450.5	1994	246.7	249.6	581.9	842.8	606.2	551.6
1963	284.3	196.3	648.6	728.7	456.5	547.3	1995	258.2	126.2	531.4	678.4	847.9	586.2
1964	261.9	235.0	413.1	733.1	624.0	456.1	1996	216.8	187.7	421.8	846.9	437.5	532.1
1965	289.0	240.9	446.9	632.8	663.0	525.8	1997	251.6	336.8	621.5	753.4	708.8	609.6
1966	332.9	205.0	460.5	667.9	664.5	573.7	1998	361.3	211.5	352.2	446.8	406.3	367.5
1967	381.0	224.7	467.7	629.7	738.0	571.9	1999	336.6	97.4	370.6	631.5	404.3	389.0
1968	188.7	272.2	436.1	897.8	914.0	624.3	2000	214.1	177.8	447.3	748.2	602.2	417.0
1969	232.2	186.0	522.5	464.5	715.1	462.3	2001	300.3	200.4	501.9	714.4	455.2	489.7
1970	248.9	228.5	473.3	841.8	628.9	545.7	2002	205.4	208.2	376.5	546.9	446.7	515.5
1971	262.5	109.6	539.2	798.5	505.5	507.1	2003	285.4	231.1	458.6	727.2	514.0	586.0
1972	212.0	211.1	542.4	568.0	909.4	588.9	2004	198.2	221.7	516.9	982.0	781.5	751.4
1973	210.4	118.4	387.4	649.9	452.4	448.7	2005	219.1	286.4	373.5	497.9	760.7	602.6
1974	220.6	190.6	454.2	622.3	792.0	787.8	2006	264.8	136.4	450.0	615.3	519.8	484.5
1975	183.3	126.2	409.4	692.1	725.7	561.8	2007	238.8	144.7	580.3	769.7	871.7	711.2
1976	308.9	193.8	500.6	646.2	650.5	416.3	2008	174.1	232.4	764.5	936.5	667.0	901.5
1977	201.3	186.8	288.3	623.2	640.7	417.7	2009	159.4	156.7	655.0	599.4	347.0	405.6
1978	297.8	313.5	495.4	730.7	761.4	611.7	2010	320.2	232.0	413.0	585.9	597.9	551.2
1979	183.6	245.4	333.6	444.4	588.0	503.9	2011	280.9	368.7	582.7	704.0	781.3	747.0
1980	126.5	97.4	590.8	648.0	896.0	534.2	2012	281.9	295.5	232.8	530.3	744.6	382.1
1981	213.5	173.6	623.5	951.7	805.6	602.5	2013	282.1	309.9	233.4	590.6	623.8	404.9

Tabla 4.1 Series de lluvia acumulada anual (en mm) disponibles en el estado de Sonora (continuación).

	49	50	51	52	53	54		49	50	51	52	53	54
AÑO	26103	26109	26115	26123	26139	26180	AÑO	26103	26109	26115	26123	26139	26180
1950	288.5	1083.9	281.7	865.4	232.0	272.1	1982	333.5	964.8	450.0	838.8	221.5	389.5
1951	303.3	1189.3	436.3	937.1	463.8	457.4	1983	754.9	1950.7	713.9	1450.8	598.2	691.6
1952	221.5	1227.5	369.2	1004.3	354.0	356.7	1984	395.0	1253.5	725.4	1312.5	512.7	678.4
1953	269.2	1088.0	312.1	830.4	346.9	358.7	1985	382.8	683.8	486.4	824.9	382.9	462.9
1954	491.7	1726.0	473.9	1276.4	421.9	423.6	1986	279.0	541.6	485.2	903.2	449.1	468.0
1955	437.6	2142.0	416.8	1583.6	476.3	451.7	1987	188.6	389.9	277.6	655.8	219.5	229.4
1956	251.8	1518.1	319.1	1160.3	455.8	459.6	1988	249.4	315.6	411.5	438.2	464.0	632.6
1957	299.1	2206.0	339.9	1548.7	446.8	449.6	1989	369.1	661.4	579.8	927.2	296.6	370.8
1958	515.0	2268.0	688.6	1677.1	644.4	625.3	1990	412.1	1003.6	458.8	1364.7	578.2	824.8
1959	493.8	2469.8	501.9	1826.5	370.1	353.5	1991	162.4	292.9	503.4	1161.7	333.1	441.4
1960	272.6	2519.8	421.7	1898.8	569.0	537.3	1992	202.8	238.5	701.9	1191.2	570.2	750.9
1961	398.0	432.2	561.9	320.0	550.9	546.7	1993	143.5	1538.8	596.4	1038.0	505.1	431.7
1962	350.7	521.6	552.7	386.3	439.4	438.8	1994	574.9	1745.4	619.2	966.3	546.6	577.1
1963	147.7	821.1	461.4	607.5	471.3	452.3	1995	549.5	1523.9	397.8	895.1	383.4	317.5
1964	309.5	822.9	697.0	609.0	374.9	384.2	1996	203.0	1510.8	300.6	863.6	305.8	335.7
1965	170.2	1041.9	550.2	926.6	404.4	326.5	1997	337.1	2200.0	423.3	1202.3	411.1	372.6
1966	240.9	941.1	772.8	762.7	416.1	423.7	1998	335.0	1337.0	409.4	730.5	278.4	320.4
1967	301.3	809.0	777.8	631.1	318.9	495.1	1999	301.0	1112.5	349.4	607.9	321.6	391.9
1968	177.4	1477.4	412.2	1243.9	373.8	585.4	2000	453.6	1760.3	612.3	961.8	531.6	594.5
1969	305.2	798.0	625.8	795.7	393.9	462.0	2001	282.0	1496.2	452.3	817.4	298.5	431.2
1970	305.4	853.5	397.6	811.2	334.5	292.5	2002	150.0	1431.6	225.2	782.5	422.8	261.2
1971	380.5	930.0	381.8	799.1	457.4	443.9	2003	377.7	1646.6	369.4	899.9	414.4	392.9
1972	317.4	1684.9	407.8	1461.3	248.3	338.1	2004	273.3	2127.4	497.0	1162.4	304.8	351.6
1973	233.0	898.0	375.3	846.8	207.8	329.5	2005	229.1	2017.9	462.7	1103.7	288.1	308.8
1974	367.6	2023.0	398.8	580.0	303.2	397.5	2006	221.0	1506.5	377.0	823.6	569.9	434.9
1975	238.5	2020.5	407.5	661.1	269.8	212.3	2007	220.4	2170.4	381.0	1186.4	359.4	358.3
1976	207.4	1122.0	498.0	885.7	278.1	560.1	2008	263.2	728.9	640.0	728.9	413.4	358.0
1977	216.2	841.0	379.9	884.8	291.3	437.6	2009	227.7	1057.9	336.4	1057.9	185.6	368.8
1978	444.0	1175.3	694.8	893.8	325.1	589.2	2010	230.7	1126.2	580.0	1116.0	264.4	386.1
1979	172.9	555.0	461.1	862.7	306.1	381.6	2011	291.9	958.3	314.6	1049.6	445.1	540.0
1980	194.5	870.4	329.7	1128.4	253.9	292.7	2012	497.2	1042.6	472.7	1078.3	355.7	426.0
1981	421.6	1039.3	454.7	1524.6	291.7	463.3	2013	294.9	917.9	408.9	944.4	405.9	350.5

Tabla 4.1 Series de lluvia acumulada anual (en mm) disponibles en el estado de Sonora (continuación).

	55	56	57	58		55	56	57	58
AÑO	26206	26297	26298	26403	AÑO	26206	26297	26298	26403
1950	285.9	365.9	389.8	388.4	1982	388.8	292.8	263.0	321.5
1951	449.3	184.1	184.0	156.0	1983	681.3	644.9	542.0	482.5
1952	377.8	254.8	207.6	206.6	1984	539.2	691.2	372.2	433.6
1953	239.7	277.1	252.4	267.8	1985	193.2	262.2	243.7	230.6
1954	399.2	532.7	494.9	532.0	1986	282.2	358.4	237.5	264.6
1955	291.8	576.1	494.2	532.5	1987	333.2	320.8	144.3	266.9
1956	230.7	456.6	392.0	433.4	1988	308.0	343.1	224.0	210.9
1957	235.5	400.4	289.5	275.1	1989	367.0	427.3	491.2	437.1
1958	544.2	831.2	665.6	725.5	1990	392.8	521.8	450.7	380.0
1959	614.7	600.7	499.7	535.4	1991	282.8	442.3	424.0	476.1
1960	281.2	510.0	422.7	452.4	1992	254.6	509.0	441.5	534.2
1961	280.5	352.9	309.5	316.3	1993	567.3	270.3	162.5	184.2
1962	201.3	371.4	407.4	444.0	1994	228.9	608.4	332.5	340.7
1963	351.1	516.3	272.4	291.6	1995	410.0	398.7	278.5	237.7
1964	574.5	280.6	354.9	338.0	1996	281.3	419.5	406.3	391.5
1965	363.0	243.6	301.9	322.1	1997	475.2	368.5	399.5	387.5
1966	543.8	363.8	483.9	531.8	1998	434.0	469.3	246.5	191.2
1967	356.5	518.4	266.7	288.3	1999	445.5	412.6	192.7	215.2
1968	200.6	669.4	224.6	282.0	2000	389.6	518.8	221.5	145.2
1969	314.5	422.9	420.2	368.5	2001	420.1	345.5	371.4	247.7
1970	472.7	185.0	236.4	197.0	2002	392.3	331.1	213.7	186.3
1971	566.5	300.2	257.0	276.0	2003	436.4	330.0	259.8	202.7
1972	484.9	394.5	603.5	422.5	2004	394.1	430.4	537.7	383.5
1973	401.5	214.8	387.5	234.0	2005	388.1	364.0	305.2	379.3
1974	281.0	503.9	517.8	344.5	2006	250.3	332.0	237.6	256.1
1975	429.2	487.6	149.5	153.0	2007	270.6	489.2	323.1	205.7
1976	336.0	593.8	411.1	238.0	2008	148.0	428.2	291.3	349.7
1977	426.2	269.1	150.0	213.5	2009	146.6	541.0	559.5	437.2
1978	498.0	303.5	413.0	327.6	2010	296.0	205.5	247.8	188.2
1979	440.0	190.1	192.5	128.2	2011	388.4	271.5	233.5	261.0
1980	195.1	242.0	184.8	147.3	2012	309.8	530.6	585.8	562.5
1981	325.1	405.0	377.8	391.0	2013	318.6	569.7	497.0	449.7

Tabla 4.2 Características estadísticas de las 58 series de lluvia acumulada anual (en mm).

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
	26001	26005	26006	26007	26008	26009	26012	26016	26018	26019	26021	26022
Media	378.1	493.9	519.3	535.6	498.9	622.6	496.5	390.3	402.5	462.5	493.0	419.0
S	104.9	133.2	112.7	157.8	146.1	177.1	114.0	131.7	132.1	156.9	129.5	144.3
g	0.85	0.69	1.16	1.48	0.84	0.33	0.00	0.53	0.44	0.64	0.51	0.65
K	4.50	2.92	6.69	6.35	3.13	2.52	2.83	3.00	2.89	2.72	3.25	2.78
Cv	0.28	0.27	0.22	0.29	0.29	0.28	0.23	0.34	0.33	0.34	0.26	0.34

	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
	26024	26025	26028	26031	26032	26034	26035	26038	26043	26045	26048	26050
Media	558.6	631.6	404.6	637.9	414.4	396.0	380.5	400.4	431.6	476.0	712.9	730.2
S	146.9	215.6	156.6	178.1	129.1	161.7	156.4	158.8	143.3	133.2	181.1	192.3
g	0.84	0.73	0.87	0.48	0.86	1.10	1.04	1.68	0.83	0.84	0.69	1.17
K	3.85	3.38	3.35	2.91	3.58	3.72	4.02	7.02	4.07	3.21	3.39	5.16
Cv	0.26	0.34	0.39	0.28	0.31	0.41	0.41	0.40	0.33	0.28	0.25	0.26

	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
	26053	26057	26061	26066	26067	26068	26069	26071	26072	26073	26074	26075
Media	726.7	398.8	442.1	333.9	575.0	414.4	443.2	328.6	276.3	464.9	446.3	690.9
S	200.0	124.7	130.6	142.7	127.5	125.9	117.4	121.8	134.2	128.3	197.9	177.5
g	1.04	1.23	0.54	0.77	0.80	0.55	0.47	1.34	1.56	0.72	1.46	0.50
K	4.77	5.23	3.18	3.02	2.97	3.36	2.98	5.44	5.62	3.35	5.40	2.79
Cv	0.28	0.31	0.30	0.43	0.22	0.30	0.26	0.37	0.49	0.28	0.44	0.26

	37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48
	26076	26077	26082	26083	26089	26092	26093	26096	26098	26099	26101	26102
Media	283.6	633.4	405.4	728.7	406.9	393.1	270.1	234.4	496.7	736.2	711.2	579.9
S	124.8	209.3	203.3	211.4	168.3	162.4	92.7	85.6	142.2	172.5	192.9	145.5
g	1.25	0.33	1.10	0.54	1.39	2.28	1.74	0.88	0.76	0.57	0.54	0.92
K	4.71	2.67	4.28	2.72	6.47	10.71	7.30	3.96	4.16	3.25	3.39	3.68
Cv	0.44	0.33	0.50	0.29	0.41	0.41	0.34	0.36	0.29	0.23	0.27	0.25

	49	50	51	52	53	54	55	56	57	58
	26103	26109	26115	26123	26139	26180	26206	26297	26298	26403
Media	311.4	1255.8	471.6	989.3	386.4	435.1	365.7	410.4	343.0	328.1
S	118.9	578.5	131.4	326.9	108.6	122.7	117.5	137.9	128.5	126.9
g	1.17	0.38	0.64	0.67	0.34	0.94	0.40	0.53	0.45	0.63
K	4.95	2.34	2.71	3.57	2.42	4.05	2.84	3.14	2.32	3.10
Cv	0.38	0.46	0.28	0.33	0.28	0.28	0.32	0.34	0.37	0.39

Tabla 4.3 Resultados de las pruebas estadísticas de Pettitt y Mann-Kendall

Estación	Pettitt	MK	Decisión	Estación	Pettitt	MK	Decisión
26001	Ho	Ho	E	26068	Ho	Ho	E
26005	Ho	Ho	E	26069	H1	Ho	NE
26006	Ho	Ho	E	26071	Ho	Ho	E
26007	Ho	Ho	E	26072	H1	Ho	NE
26008	Ho	Ho	E	26073	H1	Ho	NE
26009	Ho	Ho	E	26074	H1	Ho	NE
26012	Ho	Ho	E	26075	Ho	Ho	E
26016	H1	Ho	NE	26076	Ho	Ho	E
26018	Ho	Ho	E	26077	H1	H1	NE
26019	Ho	Ho	E	26082	H1	Ho	NE
26021	Ho	Ho	E	26083	H1	Ho	NE
26022	Ho	Ho	E	26089	Ho	Ho	E
26024	H1	Ho	NE	26092	Ho	Ho	E
26025	Ho	Ho	E	26093	Ho	Ho	E
26028	Ho	Ho	E	26096	Ho	Ho	E
26031	Ho	Ho	E	26098	Ho	Ho	E
26032	H1	Ho	NE	26099	Ho	Ho	E
26034	Ho	Ho	E	26101	H1	Ho	NE
26035	Ho	Ho	E	26102	Ho	Ho	E
26038	Ho	Ho	E	26103	Ho	Ho	E
26043	Ho	Ho	E	26109	Ho	Ho	E
26045	Ho	Ho	E	26115	Ho	Ho	E
26048	Ho	Ho	E	26123	Ho	Ho	E
26050	Ho	Ho	E	26139	Ho	Ho	E
26053	Ho	Ho	E	26180	Ho	Ho	E
26057	Ho	Ho	E	26206	Ho	Ho	E
26061	Ho	Ho	E	26297	Ho	Ho	E
26066	H1	Ho	NE	26298	Ho	Ho	E
26067	Ho	Ho	E	26403	Ho	Ho	E

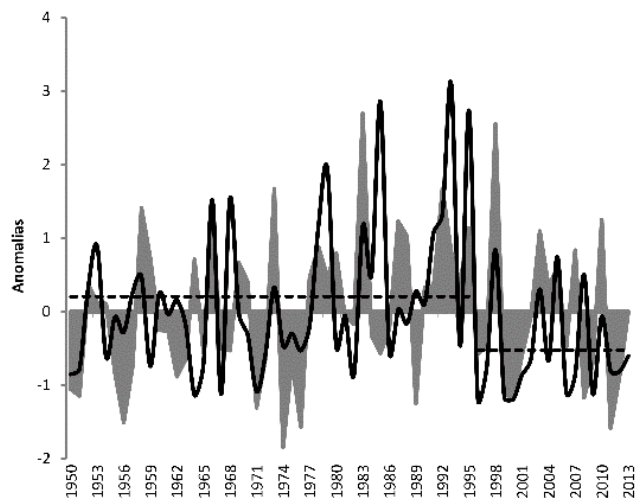
4.4 Relación de la lluvia con los índices climáticos

El coeficiente de correlación de Spearman entre cada estación del año y serie estacional de lluvia se muestran en la tabla 4.4.

Tabla 4.4 Correlación entre las lluvias estacionales y los índices climático MEI y PDO

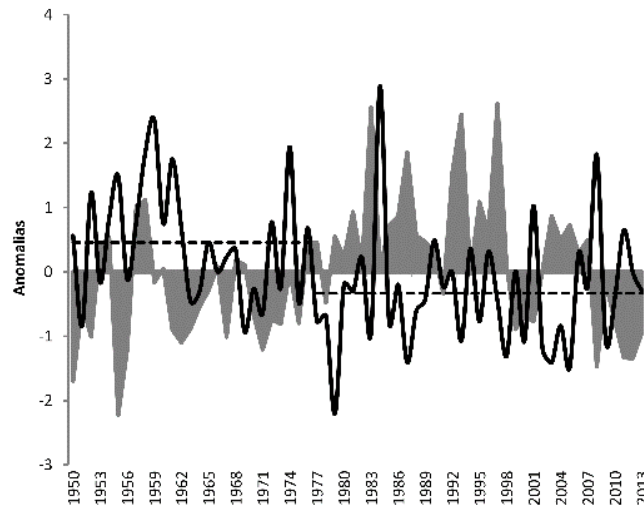
Estación	MEI	PDO
Invierno	0.51	0.18
Primavera	0.42	0.30
Verano	-0.16	-0.12
Otoño	-0.24	0.23

La correlación entre el ENSO (MEI) y las series de lluvia del estado de Sonora son más fuertes y significativas durante la estación de invierno. En la Figura 4.1 se presenta una comparación entre las anomalías del MEI y las lluvias de invierno de la estación 26016. La fase caliente del ENSO incrementa los valores de lluvia, en tanto que la fase fría los disminuye.



(figura 4.1 Comparación entre las anomalías del índice ENSO (áreas en gris) y las anomalías de las series de invierno de la estación 26016).

Las series de lluvia de primavera están positiva y altamente correlacionadas con los índices MEI y PDO. En tanto que para las lluvias de verano lo hace de manera negativa. La fase positiva del PDO disminuye los valores de lluvia, en tanto que la fase fría los incrementa (Figura 4.2).



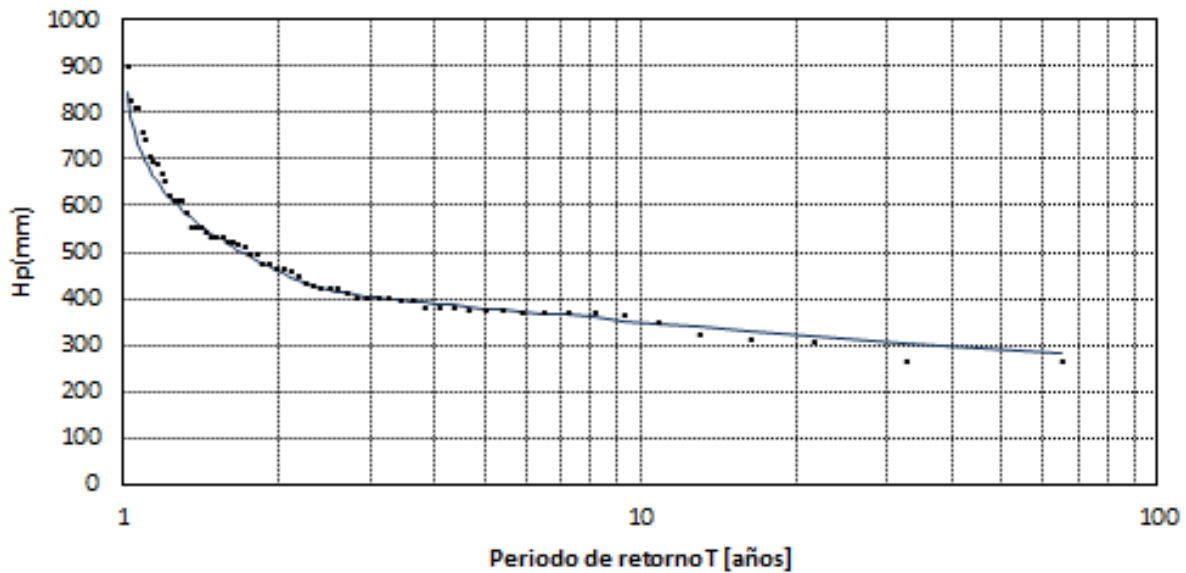
(figura 4.2 Comparación entre las anomalías del índice PDO (áreas en gris) y las anomalías de las series de verano de la estación 26024).

4.4 Análisis de Frecuencias de lluvia acumulada anual

A pesar de que el 21% de las series de lluvia acumulada anual son no estacionarias, se les ajustaron las distribuciones G, W3, LN3, G3, GG, GW3, W3G y W3W3. Como ejemplo, en la Tabla 4.5 se muestran los resultados obtenidos para el caso de la estación climatológica de la estación 26008. En ella se observa que el mejor ajuste se obtiene mediante la distribución mezclada W3W3 ($EEA = 2.9$ mm, Figura 4.3).

Tabla 4.5 Eventos de lluvia anual H_p (en mm) de diferentes periodos de retorno T (en años) de la estación 26008.

H_{pmed}	Distribución	EEA	$T = 2$	$T = 5$	$T = 10$	$T = 20$	$T = 50$	$T = 100$
499 mm	W3W3	21.9	458	379	350	322	291	274
	GW3	25.0	437	373	343	312	269	236
	W3G	25.6	454	377	344	307	253	215
	W3	26.5	471	370	330	305	285	275
	G3	26.9	468	375	338	312	288	274
	LN3	31.8	472	378	336	305	274	255
	GG	50.8	461	360	291	220	115	25
	G	71.8	504	353	253	157	34	0



(figura 4.3 Ajuste la distribución mezclada W3W3 a la serie de lluvia acumulada anual de la estación 26008).

En la Tabla 4.6 se presentan para cada estación la mejor distribución de ajuste y los eventos estimados de lluvia acumulada anual esperada para los periodos de retorno de 2, 5, 10, 20, 50 y 100 años. El 47% de las muestras se ajustaron mejor a través de una distribución mezclada.

En la Tabla 4.7 se encuentra el porcentaje de reducción de la lluvia respecto a la media anual de cada estación. Escalante y Reyes (2013) establecieron que el valor estimado para un periodo de retorno de cinco años corresponde a la lámina esperada en periodo de sequía, en tanto que el de diez años corresponde a la lámina de lluvia esperada, también en estiaje, pero que considera la variabilidad del comportamiento de la lluvia (una desviación estándar). En el estado de Sonora, los déficits esperados con respecto a su valor medio varían, para el periodo de retorno de cinco años, de entre un 17% a un 41% (promedio 27%), en tanto que para el caso de diez años periodos de retorno, el déficit de lluvia pudiera variar de un 24% a un 53% (promedio 36%). Estas condiciones son importantes, ya que, si se considera que en el estado se puede presentar una sequía cada 4 años y durar 2 años, entonces, la lámina esperada en época de sequía sería en promedio 325 mm (un 27% menos de la lluvia media anual, que es de 445 mm).

Tabla4.6 Eventos de lluvia anual H_p (en mm) de diferentes periodos de retorno T (en años) de todas las estaciones analizadas.

Estación	Distribución	T = 2	T = 5	T =10	T = 20	T = 50	T = 100
26001	LN3	362	292	261	238	214	199
26005	G3	465	377	343	320	299	288
26006	LN3	504	430	396	369	341	323
26007	LN3	495	410	375	351	327	313
26008	W3W3	458	379	350	322	291	274
26009	W3W3	609	464	417	379	336	308
26012	GG	492	409	357	309	247	200
26016	EV3	372	274	233	206	181	169
26018	EV3	388	288	244	213	185	170
26019	W3G	433	346	295	248	189	145
26021	W3G	477	384	330	281	221	179
26022	EV3	388	289	253	230	213	205
26024	W3G	543	443	388	342	291	257
26025	W3W3	595	423	347	317	307	306
26028	G3	367	271	234	209	187	175
26031	EV3	610	480	426	390	359	343
26032	GG	391	319	272	226	164	112
26034	GG	354	275	224	174	103	44
26035	G3	343	250	213	188	166	154
26038	LN3	359	278	244	219	194	180
26043	G3	403	310	270	242	216	200
26045	W3W3	447	376	337	305	267	242
26048	GG	707	574	488	406	300	220
26050	LN3	682	582	543	517	492	478
26053	LN3	689	570	515	472	427	399
26057	LN3	367	296	268	248	229	219
26061	W3W3	430	335	288	252	217	196
26066	EV3	299	205	171	152	137	130
26067	EV3	542	461	433	418	406	401

Tabla4.6 Eventos de lluvia anual Hp(en mm) de diferentes periodos de retorno T(en años) de todas las estaciones analizadas (continuación).

Estación	Distribución	T = 2	T = 5	T =10	T = 20	T = 50	T = 100
26068	G3	399	309	267	236	203	182
26069	W3W3	431	350	302	269	239	224
26071	LN3	300	231	203	182	162	150
26072	W3G	248	177	142	116	90	75
26073	GW3	436	366	324	285	238	204
26074	W3W3	393	302	255	219	184	166
26075	EV3	663	533	481	445	415	401
26076	W3W3	264	176	146	130	120	116
26077	EV3	610	452	381	332	287	263
26082	G3	356	237	189	156	124	107
26083	W3W3	689	556	490	436	377	339
26089	LN3	368	272	231	202	173	156
26092	W3W3	354	278	242	219	199	190
26093	LN3	249	200	179	164	148	139
26096	W3W3	218	166	137	119	105	99
26098	G3	477	381	336	302	267	245
26099	W3G	715	604	534	469	385	323
26101	G3	685	551	488	440	390	359
26102	W3W3	556	470	423	382	335	303
26103	G3	282	211	184	166	150	142
26109	GW3	1152	774	603	475	350	279
26115	W3G	443	372	330	291	241	204
26123	W3W3	905	773	657	556	456	400
26139	W3W3	376	288	253	229	208	197
26180	W3G	413	348	308	270	223	187
26206	EV3	354	263	222	194	167	153
26297	EV3	390	289	247	219	194	181
26298	W3W3	314	224	196	175	153	144
26403	EV3	304	215	181	160	142	134

Tabla4.7 Porcentaje de reducción de la lluvia anual Hp(en mm) de T(en años) respecto a su lluvia media anual (Hpméd en mm).

Estación	Hpméd	T = 2	T = 5	T =10	T = 20	T = 50	T = 100
26001	378	4%	23%	31%	37%	43%	47%
26005	494	6%	24%	31%	35%	39%	42%
26006	519	3%	17%	24%	29%	34%	38%
26007	536	7%	23%	30%	35%	39%	42%
26008	499	8%	24%	30%	36%	42%	45%
26009	623	2%	26%	33%	39%	46%	50%
26012	497	1%	18%	28%	38%	50%	60%
26016	390	5%	30%	40%	47%	54%	57%
26018	403	4%	28%	39%	47%	54%	58%
26019	462	6%	25%	36%	46%	59%	69%
26021	493	3%	22%	33%	43%	55%	64%
26022	419	7%	31%	40%	45%	49%	51%
26024	559	3%	21%	30%	39%	48%	54%
26025	632	6%	33%	45%	50%	51%	52%
26028	405	9%	33%	42%	48%	54%	57%
26031	638	4%	25%	33%	39%	44%	46%
26032	414	6%	23%	34%	45%	61%	73%
26034	396	11%	31%	43%	56%	74%	89%
26035	381	10%	34%	44%	51%	56%	60%
26038	400	10%	31%	39%	45%	51%	55%
26043	432	7%	28%	37%	44%	50%	54%
26045	476	6%	21%	29%	36%	44%	49%
26048	713	1%	19%	32%	43%	58%	69%
26050	730	7%	20%	26%	29%	33%	35%
26053	727	5%	22%	29%	35%	41%	45%
26057	399	8%	26%	33%	38%	42%	45%
26061	442	3%	24%	35%	43%	51%	56%
26066	334	10%	39%	49%	55%	59%	61%
26067	575	6%	20%	25%	27%	29%	30%

Tabla4.7 Porcentaje de reducción de la lluvia anual Hp(en mm) de T(en años) respecto a su lluvia media anual (H_{med} en mm) (Continuación).

Estación	H_{med}	T = 2	T = 5	T =10	T = 20	T = 50	T = 100
26068	414	4%	25%	35%	43%	51%	56%
26069	443	3%	21%	32%	39%	46%	50%
26071	329	9%	30%	38%	45%	51%	54%
26072	276	10%	36%	48%	58%	67%	73%
26073	465	6%	21%	30%	39%	49%	56%
26074	446	12%	32%	43%	51%	59%	63%
26075	691	4%	23%	30%	36%	40%	42%
26076	284	7%	38%	49%	54%	58%	59%
26077	633	4%	29%	40%	48%	55%	58%
26082	405	12%	41%	53%	62%	69%	74%
26083	729	5%	24%	33%	40%	48%	54%
26089	407	10%	33%	43%	50%	57%	62%
26092	393	10%	29%	38%	44%	49%	52%
26093	270	8%	26%	34%	39%	45%	49%
26096	234	7%	29%	42%	49%	55%	58%
26098	497	4%	23%	32%	39%	46%	51%
26099	736	3%	18%	27%	36%	48%	56%
26101	711	4%	23%	31%	38%	45%	50%
26102	580	4%	19%	27%	34%	42%	48%
26103	311	9%	32%	41%	47%	52%	55%
26109	1256	8%	38%	52%	62%	72%	78%
26115	472	6%	21%	30%	38%	49%	57%
26123	989	8%	22%	34%	44%	54%	60%
26139	386	3%	25%	35%	41%	46%	49%
26180	435	5%	20%	29%	38%	49%	57%
26206	366	3%	28%	39%	47%	54%	58%
26297	410	5%	30%	40%	47%	53%	56%
26298	343	9%	35%	43%	49%	55%	58%
26403	328	7%	34%	45%	51%	57%	59%

5. Conclusiones

El estado de Sonora es un importante productor de alimentos, pero debido a su situación geográfica, presenta problemas de escasez de agua que sin duda debe resolverse.

Parte de la solución depende de un adecuado análisis de disponibilidad hídrica, que contemple sus posibles variaciones, en especial, los periodos de estiaje o sequía.

Durante el invierno, la fase caliente del ENSO incrementa los valores de lluvia, en tanto que la fase fría los disminuye. Por otra parte, en primavera, la fase positiva del PDO disminuye los valores de lluvia, en tanto que la fase fría los incrementa. Situación que pudiera explicar la no estacionariedad de las series. A este respecto, 21% de las series analizadas se consideran como no estacionarias debido a la presencia de un punto de quiebre estadísticamente significativo.

Tomando en cuenta que el análisis de frecuencias de lluvia tradicional considera como premisa que las series a ajustar deben ser estacionarias, entonces, se deberá tomar con reserva sus resultados, en tanto no se usen los modelos no estacionarios, los cuales emplean como covariables al tiempo o a algún índice como el MEI o el PDO.

En este estudio solo se aplicaron modelos estacionarios, pero se propusieron dos tipos, los unimodales y los bimodales. El 47% de las muestras fueron mejor ajustadas por las distribuciones mezcladas. El algoritmo de optimización propuesto para la obtención de los parámetros es muy rápido y eficiente.

La lluvia asociada a 5 años periodo de retorno representa una reducción del 27% respecto a su media anual para todo el estado, en tanto que la lluvia asociada a 10 años periodo de retorno considera la posible variabilidad en un periodo de sequía, por lo que sería recomendado utilizar únicamente, con propósitos de planeación, el 64% de la lluvia media anual para evitar la sobreexplotación de las aguas superficiales y subterráneas, en caso de que no se alcance ésta,

Referencias

- Al-Mashidani G., Lal B. B. and Quadri I.** 1980. Drought Flow Analysis of River Tigris in Baghdad. *Hydrological Science Journal*. 25(4), 453-459.
- Chow V. T.** 1964. *Handbook of Applied Hydrology*, Mc. Graw-Hill.
- CLICOM, 2014.** CLImateCOMputingproject. Base de datos de estaciones climáticas administrada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) <http://clicom-mex.cicese.mx/>.
- CONAGUA. 2015.** *Statistics on Water in Mexico*, Edition 2015. Comisión Nacional del Agua (CONAGUA). México, D.F.
- Curtis, S.** 2008. The Atlantic multidecadal oscillation and extreme daily precipitation over the US and Mexico during the hurricane season. *Climate Dynamics*, 30, 343.
- Englehart, P. J., and Douglas, A. V.** 2002. Mexico's summer rainfall patterns: an analysis of regional modes and changes in their teleconnectivity. *Atmósfera*, 15(3), 147-164.
- Escalante-Sandoval, C y Orsini L.** 2012. Estimación de caudales mínimos anuales mediante distribuciones mezcladas. XXV Congreso Latinoamericano de Hidráulica. San José de Costa Rica. 3C:1-10.
- Escalante-Sandoval, C and Reyes-Chavez L.** 2013. Meteorological Drought Analysis in Northern Mexico. In: Proceedings of the 35th IAHR World Congress 2013: The wise find pleasure in water meandering through water science and engineering. 2: 1630-1641. ISBN 978-1629938141.
- Fuentes-Franco R, E.G. Pavia, E. G. and F. Graef.** 2015. Inter-annual variability of precipitation over Southern Mexico and Central America and its relationship to sea surface temperature from a set of future projections from CMIP5 GCMs and RegCM4 CORDEX simulations. *Climate Dynamics*. DOI: 10.1007/s00382-014-2258-6.
- Grubbs, F.E. and Beck, G.** 1972. Extension of Sample Sizes and Percentage Points for Significance Tests of Outlying Observations. *Technometrics*, 14(4), 847-854.
- Gumbel E. J.** 1958. *Statistics of Extremes*, Columbia University Press, New York. USA.
- INEGI.** 2015. Anuario Estadístico del Estado de Sonora. 2016. www.inegi.gob.mx
- Kite G. W.** 1988. *Frequency and Risk Analyses in Hydrology*. Water resources Publications. USA. 257 p.
- Kroll Ch. and Vogel R.** 2002. Probability Distribution of Low Stream Flow Series in the United States. *Journal of Hydrologic Engineering*. 7(2), 137-146.

Kuester J. L. and Mize J. H. 1973. *Optimization Techniques with FORTRAN*, McGraw-Hill Book Co., New York, pp. 386-398.

Kundzewics, Z. and Robson, A. 2004. Change Detection in Hydrological Records – A Review of the Methodology. *Hydrological Sciences Journal*, 49 (1), 7-19.

Magaña, V.O., Vázquez, J.L, Pérez, J.L. and Pérez, J.B. 2003. Impact of El Niño on precipitation in Mexico. *GeofísicaInternacional*, 42 (3), 313-330.

Méndez, M. and Magaña, V. 2010. Regional Aspects of Prolonged Meteorological Droughts over Mexico and Central America. *Journal of Climate*. 23, 1175-1188.

Mendoza, B., García-Acosta, V., Velasco, V., Jáuregui, E., and Díaz-Sandoval, R. 2007. Frequency and duration of historical droughts from the 16th to the 19th centuries in the Mexican Maya lands, Yucatan Peninsula. *Climatic Change*, 83(1-2), 151-168.

Mood A., Graybill F. and D. Boes. 1974. *Introduction to the Theory of Statistics*. McGraw-Hill.

NOAA, 2014. National Oceanic and Atmospheric Administration. Climate Indices: Monthly Atmospheric and Ocean Time Series. Consulta de la página:

<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list/index.html>.

Onoz B. and Bayazit M. 1999. GEV-PWM Model for Distribution of Minimum Flows. *Journal of Hydrologic Engineering*. 4(3), 289-292.

Pavia, E. G., Graef, F., and Reyes, J. 2016. Recent ENSO-PDO precipitation relationships in the Mediterranean California border region. *AtmosphericScienceLetters*, 17, 280-285.

Peña, A. and Neyra, L. 1998. Amenazas de la biodiversidad. In: H. Benítez, E. Loa and J. Larson, ed., *La diversidad biológica de México: Estudio de País, 1998*, 1st ed. México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, pp.158-181.

Pettitt, A. 1979. A Non-parametric Approach to the Change-point Problem, *Journal of Royal Statistical Association*. Series C 28(2), 126-135.

Santillan, N. S., López, R. G., Zepeda, R. V., and Trejo, R. 2012. Climate change in NE Mexico: influence of the North Atlantic Oscillation. *Investigacionesgeográficas*, 78, 7-18.

Teegavarapu, R. and Chandramouli, V. 2005. Improved weighting methods, deterministic and stochastic data-driven models for estimation of missing precipitation records. *Journal of Hydrology*, 312, 91-106.

Yevjevich, V. and Jeng, R. 1969. *Properties of non-homogeneous hydrologic time series*. Hydrology papers, Colorado State University, Colorado, USA.