JALISCO

Territorio y Problemas del Desarrollo

JALISCO
GOBIERNO DEL ESTADO

iTERRITORIAL
INSTITUTO DE INFORMACIÓN TERRITORIAL

Capítulo 9.
Las Zonas con Mayor Riesgo a la Sequía en Jalisco

Maximiano Bautista Andalón

Noé Durán Puga

Rosa Olivia Contreras Uribe

Capítulo 9.
Las Zonas con Mayor Riesgo a la Sequía en Jalisco

INTRODUCCIÓN

En México y en el estado de Jalisco, en las últimas décadas el tema de la prevención ha tomado importancia, debido a que algunos eventos de fenómenos naturales han dejado daños con un costo muy elevado. Entre muchos otros factores, una de las causas principales es el crecimiento urbano desordenado que ha ocupado zonas poco propicias para la urbanización; es el caso de muchos asentamientos irregulares. La consecuencia de ello es mayor número de población expuesta y más vulnerable, por lo que se incrementan potencialmente las posibilidades de la ocurrencia de desastres mayores.

El estado de Jalisco, ubicado en el occidente del país, presenta un entorno natural y geográfico de gran diversidad que va, desde un volcán activo –que lo hace altamente vulnerable ante la presencia de fenómenos como sismos y falla geológicas– hasta una extensa zona costera, expuesta a fenómenos hidrometeorológicos, como son los huracanes que año con año se presentan, ocasionando peligro de inundaciones y lluvias torrenciales, entre otras afectaciones.

Al tiempo que se manifiestan una gran cantidad de depresiones topográficas, amplias planicies de origen lacustre, importantes cuencas hidrológicas, entre otras condiciones propicias para el desarrollo de fenómenos naturales que se pueden traducir en riegos.

Sobre esta diversidad geográfica, existe el desarrollo y crecimiento de una importante cantidad de áreas urbanas, zonas industriales, áreas agrícolas, infraestructura estratégica y urbana, en donde la interacción de todos estos factores genera zonas de riesgo.

Solamente en la Zona Metropolitana de Guadalajara, a finales siglo XX se contabilizaron un poco más de 6,000 hectáreas de paisaje natural modificado, considerando laderas, barrancas, cauces, depresiones y humedales, que por el

proceso de urbanización han sido rellenadas con basura, escombro y otros materiales; y haber modificado laderas con asentamientos humanos y con extracción de materiales para construcción. (iTerritorial, 2012)

Recientemente se ha aceptado que los efectos del cambio climático, en especial la sequía, serán una de las principales condicionantes del desarrollo; se reconoce que, en algunas regiones, las condiciones actuales de sequía podrían empeorar. Para Jalisco el tema es relevante ya que de los 80,014 km^2 de superficie total (iTerritorial, 2013), las zonas semiáridas o con peligro alto a la sequía significan el 26.4% del territorio estatal, sumando 21,194 kilómetros cuadrados y afectando principalmente a las regiones Altos Norte, Norte y Altos Sur.

De acuerdo con el cálculo global del grado de vulnerabilidad a la sequía (CONAGUA, 2012:39), en el estado de Jalisco, la región Alto Santiago es clasificada con un grado de vulnerabilidad *alto*.

En este contexto, en el estado se ha realizado el Atlas de riesgos del estado de Jalisco y el inventario de peligros municipales que son documentos que integran los tres componentes del Riesgo: peligro, exposición y vulnerabilidad. Estos atlas se han publicado en el Sistema de Información Territorial Estatal en Línea (SITEL) junto con un sistema de consulta (http://sitel.jalisco.gob.mx/riesgos), el cual muestra la información integrada por la Unidad Estatal de Protección Civil y Bomberos de Jalisco (UEPCYBJ).

En esta aplicación se muestran los más de 6,900 objetos geográficos que se encuentran en las 109 capas correspondientes a los fenómenos perturbadores geológicos, hidrometeorológicos, químicos, sanitarios y socioorganizativos en el estado de Jalisco.

En estos servicios de información –Atlas de riesgos y los sistemas de consulta– el tema de vulnerabilidad a la sequía no se había incorporado de manera suficiente; esto si se considera que el problema no es menor, ya que los resultados de este análisis indican que en la zona con riesgo alto a la sequía, habitan 855,000 personas, se encuentran 530,000 hectáreas de agricultura de temporal y en los últimos 30 años se han documentado más de 700,000 hectáreas de vegetación deteriorada principalmente de selvas bajas y pastizales naturales.

Una parte de esa población, 202,405 personas, asentadas en los acuíferos Encarnación de Díaz y la Barca se encuentran en una condición más vulnerable a la sequía. En estos sitios, el fenómeno ha contribuido a que ambos acuíferos se encuentren en condición de sobre-explotados.

En términos generales, las sequías son un fenómeno atmosférico en el cual la precipitación disminuye severamente por debajo de su valor medio histórico; tradicionalmente, la intensidad de la sequía se asocia con su duración (Marcos, 2001). Lo anterior afecta directa e indirectamente las actividades económicas en una región de manera adversa. Las sequías en México representan un fenómeno recurrente en algunas zonas, como lo son el Norte y el Noroeste del país, sin embargo, debido al cambio climático, la región central también se ha visto afectada.

Entre las principales características que hacen a un territorio más susceptible de ser afectado por la sequía, se encuentran: procesos de erosión y desertificación que inciden en una baja retención de humedad de agua en los suelos; y la baja disponibilidad de agua, tanto superficial como subterránea.

Considerando lo anterior, en el presente capítulo se mostrará el tema de riesgo a la sequía, abordando la metodología de la UNEP[27] para identificar las zonas vulnerables a este peligro en Jalisco. Se presentan los resultados en dos sentidos; por una parte, la geo-referenciación de las zonas vulnerables para todo el estado de Jalisco, y por otra, un análisis específico de la zona con riesgo alto a la sequía y su relación con variables como la población, los sistemas afectables, tanto los naturales como los productivos y los embalses. El capítulo cierra con comentarios que enfatizan retos de políticas públicas que se desprenden de los resultados obtenidos.

APLICACIÓN DE LA METODOLOGÍA UNEP

Para la determinación de las zonas con riesgo a la sequía en Jalisco, se aplicó la metodología de obtención de las zonas áridas y semiáridas del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA) (UNEP, 1992). Específicamente el Índice de Aridez.

La metodología establece una clasificación que se basa en la relación de la precipitación y la evapotranspiración potencial (ETP). Los valores obtenidos se clasifican de acuerdo a los rangos de valores presentados en la Tabla 9.1. Para este caso se definió como criterio de cálculo para la ETP, el modelo de Hargreaves, usando niveles de precipitación y temperatura, para el cálculo final.

[27] *United Nations Enironment Program.*

Parámetros relacionados con la precipitación pluvial

Esta metodología propone la utilización de dos parámetros para conformar la climatología del estado; por una parte, la precipitación pluvial en un periodo dado (Pp) y la temperatura media en un periodo (Tm), descritos a continuación.

Precipitación pluvial en un periodo dado (Pp): Para calcular este parámetro se utilizaron los valores de la precipitación diaria de cada estación climatológica analizada. Se obtuvo la precipitación acumulada mensual con la suma de las precipitaciones diarias durante el mes; precipitación acumulada anual, con la suma de las precipitaciones de los 12 meses del año; y precipitación acumulada normal anual, con el promedio de la precipitación acumulada anual para los años del periodo de estudio.

Temperatura media en un periodo (Tm): Al tiempo que para calcular este segundo parámetro se utilizaron los valores de las temperaturas medias diarias de las estaciones climatológicas analizadas. Con estos valores se determinó la temperatura media mensual, que se obtiene mediante el promedio en el mes de las temperaturas medias diarias, temperatura media anual como el promedio de las temperaturas medias mensuales y temperatura media normal anual, como el promedio de las temperaturas medias anuales para los años correspondientes en una serie de tiempo, que para este estudio se utilizaron las series de datos disponibles de los últimos cincuenta años.

Cálculo de la evapotranspiración potencial (*ET0*) mediante el modelo Hargreaves (ET0). La expresión general es la siguiente:

$$ET0 = \mathbf{0.0135\ (tmed + 17.78)Rs}$$

Donde

Tmed =Temperatura media, °C; y **Rs**= radiación solar incidente.

Índice de humedad anual

Se basa en el cálculo del cociente de Precipitación media acumulada anual (Pna) entre la Evapotranspiración (ETP), para obtener las zonas de aridez o humedad del suelo se utilizó el sistema de clasificación de la UNEP (1992ª,b) (Tabla 9.1).

Tabla 9.1. Clasificación de zonas hídricas de acuerdo a la relación entre precipitación y la evapotranspiración potencial

Zona	*Precipitación/ETP*
Hiperárida	<0.05
Árida	0.05-020
Semiárida	0.20-0.50
Subhúmeda seca	0.50-0.65
Subhúmeda húmeda	0.65-1.00
Húmeda	>1.00

Fuente: UNEP (1992a,b)

El término semiárido corresponde a ambientes en los que se dispone de 1 a 3 meses con humedad adecuada para el desarrollo de cultivos. Por esta razón, los ambientes semiáridos normalmente resultan apropiados para especies de ciclo vegetativo breve. Si se cuantifica en términos de días, el estrato semiárido se ubica entre los 30 y 119 días húmedos.

El término subhúmedo, acotado de 4 a 6 meses húmedos, determina un ambiente en que la agricultura de temporal es muy factible, teniendo cabida cultivares de diverso nivel de precocidad. En términos de días, la categoría de subhúmedo se obtiene cuando el periodo húmedo oscila entre 120 y 209 días.

En cuanto al término húmedo, que significa 7 o más meses húmedos; representa disponibilidad de humedad en la mayor parte del año, por lo que es muy factible el logro de más de una cosecha al año.

OBTENCIÓN DE ZONAS CON RIESGO A LA SEQUÍA EN JALISCO

Se utilizó información climatológica de 156 estaciones climáticas, y como herramienta de análisis los sistemas de información geográfica (SIG); con imágenes ráster a partir de datos de precipitación y temperatura.

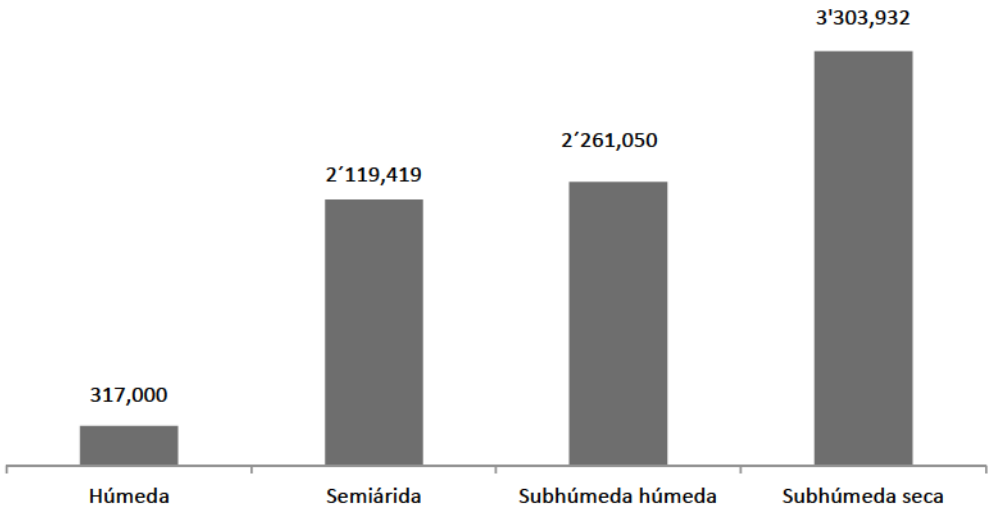
La información de las estaciones se interpoló, tomando los valores de las estaciones más cercanas a cada punto de interpolación; los resultados obtenidos se presentan en la Tabla 9.2, en la Figura 9.1 y 9.2.

Tabla 9.2. Total de hectáreas y porcentaje de zonas semiáridas, subhúmedas y húmedas en Jalisco

Zona	*Hectáreas*	*%*
Semiárida	2´119,419	26
Subhúmeda seca	3´303,932	41
Subhúmeda húmeda	2´261,050	28
Húmeda	317,000	4

Fuente: iTerritorial, 2013.

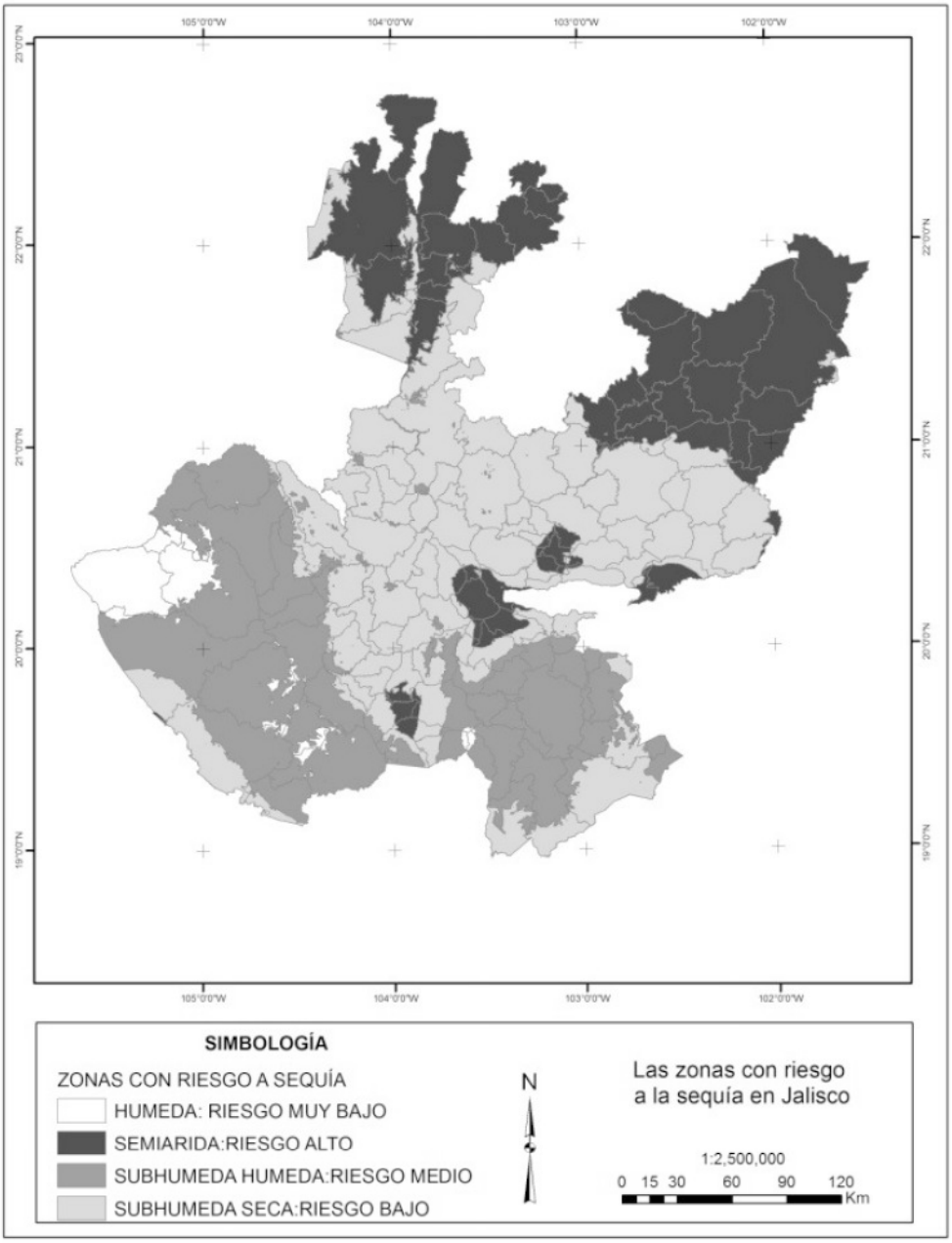
Figura 9.1. Total de hectáreas de zonas semiáridas, subhúmedas y húmedas en Jalisco.



Fuente: iTerritorial, 2013.

Los resultados presentados en la Tabla 9.2 y la Figura 9.1, se representan en la Figura 9.2, dándole su ubicación en el estado.

Figura 9.2. Zonas con riesgo a la sequía en Jalisco



Fuente: iTerritorial.

De acuerdo con la Tabla 9.3, el riesgo a la sequía se concentra principalmente en tres regiones del estado, siendo la región Altos Norte la que tiene la mayor superficie en esta condición con el 99% de su territorio, seguida de la región Norte, con poco más del 71%, el tercer sitio lo ocupa la región Altos Sur con

poco más del 40% de su superficie. Con menor relevancia se encuentra la región Ciénega con 17.89%. La única región sin exposición a este peligro es la Sierra Occidental.

Tabla 9.3. Superficie semiárida por región

Región	*Área de la Región en km²*	*Superficie semiárida en km²*	*Porcentaje semiárido*
Altos Norte	8,307.35	8,238.16	99.17
Norte	11,023.51	7,915.38	71.80
Altos Sur	6,626.00	2,687.81	40.56
Ciénega	3,978.58	711.74	17.89
Sur	6,084.08	858.06	14.10
Centro	5,911.37	534.97	9.05
Sierra de Amula	3,843.26	211.06	5.49
Valles	6,307.21	21.44	0.34
Costa Norte	5,191.00	10.40	0.20
Costa Sur	7,120.44	3.24	0.05
Sureste	7,185.26	1.93	0.03
Sierra Occidental	8,435.91	0	0.00

Fuente: iTerritorial

A nivel municipal, son 14 municipios de Jalisco cuya superficie se encuentra totalmente en zona semiárida, estos son: Cañadas de Obregón, Colotlán, Encarnación de Díaz, Huejuquilla el Alto, Huejúcar, Jalostotitlán, Mexticacán, Ojuelos de Jalisco, San Diego de Alejandría, San Juan de los Lagos, Santa María de los Ángeles, Teocaltiche, Unión de San Antonio y Villa Hidalgo.

Afectaciones y sistemas afectables

La población vulnerable

De acuerdo al Censo de Población y Vivienda 2010, la población que habita en la zona semiárida del estado, es decir con riesgo alto a la sequía, suma 855,560 personas asentadas en 3,668 localidades pertenecientes a 65 municipios de la entidad. Una parte de esa población, 202,405 personas asentadas en los acuíferos Encarnación de Díaz y La Barca, se encuentran en una condición más vulnerable a la sequía. En estos sitios, el fenómeno de la sequía los tiene en condición de sobre-explotados.

Los sistemas naturales y productivos vulnerables

A partir de los resultados se encontró que los sistemas más vulnerables a la sequía son las zonas con uso de suelo agropecuario con el 33.22% del territorio, la vegetación secundaria arbustiva con un 33.05% y los bosques con el 8.44%, véase la Tabla 9.4.

Tabla 9.4. Clasificación de uso de suelo y vegetación en las zonas semiáridas

Clasificación	*Área en km²*	*%*
Agropecuaria	7,040.21	33.22
Bosque	1,788.79	8.44
Cuerpo de agua	242.20	1.14
Matorral	60.73	0.29
Otros tipos de vegetación	16.51	0.08
Pastizal	1,356.62	6.40
Selva	1,225.66	5.78
Sin vegetación aparente	1.97	0.01
Vegetación cultivada	2.08	0.01
Vegetación hidrófila	57.57	0.27
Vegetación inducida	862.43	4.07
Vegetación secundaria arbustiva	7,004.69	33.05
Vegetación secundaria arbórea	1,350.46	6.37
Vegetación secundaria herbácea	2.15	0.01
Zona urbana	182.12	0.86
Total	21,194.19	100

Fuente: iTerritorial con base en la Serie V, de uso de suelo y Vegetación de INEGI.

Considerando los datos de la tabla 9.4, especialmente en la superficie agropecuaria, destacan 534, 400 hectáreas de agricultura de temporal, la vulnerabilidad radica en que esta superficie dispone solamente de 1 a 3 meses de humedad adecuada para el desarrollo de cultivos. Véase la Tabla 9.5.

Tabla 9.5. Uso de suelo en agricultura de temporal en la zona semiárida

Uso de suelo en agricultura de temporal	*Área en km²*
Agricultura de temporal anual	5,248.93
Agricultura de temporal anual y permanente	86.76
Agricultura de temporal permanente	9.15
Total	5,344.84

Fuente: iTerritorial con base en la Serie V, de uso de suelo y vegetación de INEGI.

En la zona bajo análisis, la vegetación de pastizal natural y selva baja caducifolia, han padecido un serio proceso de deterioro al acumular en 30 años, 700,400 hectáreas con vegetación secundaria arbustiva. Al tiempo que la superficie con bosques en buenas condiciones de conservación es de 178,800 hectáreas, lo que significa una cantidad que supera apenas el 8% del total de la zona semiárida.

Tabla 9.6. Superficie de bosques en la zona semiárida

Tipo de bosque	*Área en km²*
Bosque de Táscate	121.86
Bosque de Pino	8.91
Bosque Pino-Encino	272.61
Bosque Encino	977.49
Bosque Encino-Pino	407.92
TOTAL	*1,788.79*

Fuente: iTerritorial con base en la Serie V, de uso de suelo y vegetación de INEGI.

La infraestructura afectable

En la zona semiárida se ubican 29,672 cuerpos de agua naturales y construidos con una superficie total de 52,766 hectáreas. De estos cuerpos de agua, el 98% tiene menos de 10 hectáreas de superficie, lo que posiblemente los coloca en condición intermitente y los hace sumamente vulnerables a la sequía. Al tiempo que únicamente 464 cuerpos de agua miden entre 10 y 100 hectáreas y 46 embalses superan las 100 hectáreas.

Tabla 9.7. Clasificación por superficie de embalses en la zona semiárida

Superficie en hectáreas	*Número de embalses*	*%*
Menos de 10	29,162	98.3
10 a 100	464	1.55
Más de 100	46	0.15

Fuente: iTerritorial con base en la red hidrográfica, 1:50,000, INEGI, 2010.

El fenómeno de la sequía ocasiona un mayor estrés en los acuíferos, al ser el agua subterránea la única fuente de abastecimiento. Por lo cual resulta necesario realizar un ejercicio para identificar zonas de alta vulnerabilidad ante las sequías, (CONAGUA, 2012).

De acuerdo a los resultados del presente análisis, son los acuíferos Encarnación de Díaz y la Barca, los que registran condición de sobreexplotado en la zona con alto riesgo a la sequía. Ambos acuíferos tienen alta importancia, pues en el área con riesgo alto a sequía del acuífero La Barca, donde se encuentran 19,530 hectáreas con riego anual (INEGI, 2011); se producen granos, principalmente maíz y sorgo. Por su parte en el acuífero Encarnación de Díaz, se encuentran 66,367 hectáreas de riego.

Entre ambos acuíferos sobreexplotados, suman el 50.9% de la agricultura de riego de la zona con riesgo a la sequía. Al tiempo que para el estado de Jalisco, representa el 17.5% del total de las 490,822 hectáreas que cuentan con algún tipo de riego.

Hay que considerar que en ambos acuíferos sobreexplotados se asientan también importantes corredores industriales y urbanos: el de Encarnación de Díaz, con influencia en los municipios de Villa Hidalgo, Encarnación de Díaz y Teocaltiche; y el acuífero la Barca que sirve a los municipios de Jamay y La Barca.

Entonces estos cinco municipios enfrentan dos problemas vinculados, primero se ubican en zona de riesgo alto a la sequía y segundo, sus acuíferos se encuentran sobreexplotados y de ellos dependen relevantes actividades económicas y una población total de 202,405 personas.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo con el cálculo global del grado de vulnerabilidad a la sequía (CONAGUA, 2012:39), en el estado de Jalisco, la región Alto Santiago es clasificada con un grado de vulnerabilidad *alto*.

Con los resultados obtenidos en el presente estudio se concluye que el estado de Jalisco tiene zonas con peligro *alto* a la sequía, que suman una superficie del 26% del total estatal, en esta condición. Con lo que se pone en riesgo a los 855,000 habitantes de dichas zonas.

Una parte de esa población; 202,405 personas asentadas en los acuíferos Encarnación de Díaz y la Barca se encuentran en una condición más vulnerable a la sequía. En estos sitios, el fenómeno de la sequía ocasiona un mayor estrés en los acuíferos, al ser el agua subterránea la principal fuente de abastecimiento.

La SEMARNAT y la CONAGUA, recomiendan una serie de acciones a implementar para aumentar el grado de resiliencia ante las sequias en zonas semiáridas, los esfuerzos de adaptación abarcan una gran cantidad de actividades. No obstante, a continuación se mencionan ciertas acciones clave para prepararse ante un evento de sequía.

- Desarrollar planes de contingencia ante las sequías, que asignen responsabilidades concretas y compromisos a los actores, usuarios y a las dependencias públicas.
- Minimizar las pérdidas en redes de agua para riego.
- Promover el uso eficiente del agua en las áreas con actividades agropecuarias, particularmente incentivar la aplicación de técnicas avanzadas de riego y promover el uso de cultivos de baja demanda, entre otros.
- Fomentar e incentivar la reutilización del agua.
- Controlar la sobreexplotación de los acuíferos y monitorear el comportamiento de los mismos.
- Conservar, proteger y restaurar las áreas con vegetación natural; especialmente bosques, selvas y pastizales naturales. Con tareas de conservación de suelos, reforestación y enriquecimiento de acahuales en zonas desprotegidas y sometidas recurrentemente al sobrepastoreo.
- Impulsar la captación de agua de lluvia, especialmente en la región Norte.

BIBLIOGRAFIA

CONAGUA (2012). Análisis espacial de las regiones más vulnerables ante la sequía en México. Consultado en línea el 20 de septiembre del 2013, en: http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/sequiasB.pdf,.

INEGI (2010a). Red hidrográfica, escala 1:50,000. 2010

INEGI (2010b). Censo de Población y Vivienda, 2010.

INEGI. (2011) Uso de suelo y vegetación, serie V, escala 1:250,000, 2011.

INIFAP (2005). Diagnóstico del manejo actual del cultivo de la guayaba en la región oriente de Michoacán, Mendoza López Mauro Raúl, Luis Aguilar Alfredo, Castillo Orta Sergio F., Vidales Fernández Ignacio. Publicación Especial núm. 1 Uruapan Michoacán, marzo 2005, visto en línea en http://www.cofupro.org.mx/cofupro/archivo/fondo_sectorial/Michoacan/42michoacan.pdf

INIFAP (2006). Sequía: Vulnerabilidad, impacto y tecnología para afrontarla en el Norte Centro de México, Bravo Lozano Ángel, Salinas González Homero, Rumayor Rodríguez Agustín. Libro técico Num. 4, 2° Edición, diciembre de 2006, visto en línea en http://pronacose.uacj.mx/Carpeta1erTaller/1.%20APOYO%20DOCUMENTAL/1.5.%20Tecnologias%20en%20la%20gesti%C3%B3n%20del%20agua/036_Bravo%20et%20al.pdf

iTerritorial (2012). Barrancas Rellenadas en: http://iitej.blogspot.mx/2012/09/danadas-y-rellenadas-6000-hectareas-de.html consulta realizada el 21 de septiembre de 2013.http://sitel.jalisco.gob.mx/riesgos/

iTerritorial (2013). Mapa General del Estado de Jalisco, 2013.

Marcos VO. (2001). Sequía: definiciones, tipologías y métodos de cuantificación. Investigaciónes geográficas 26: 59-80.

UNEP (1992a). Status of desertification and implementation of the United Nations Plan of Action to combar desertification. Report of the Executive Director. Nairobi: United Nations Environment Program.

UNEP (1992b.). World Atlas of Desertification. Editorial commentary by N. Middleton and D.S.G. Thomas, London: Edward Arnold.