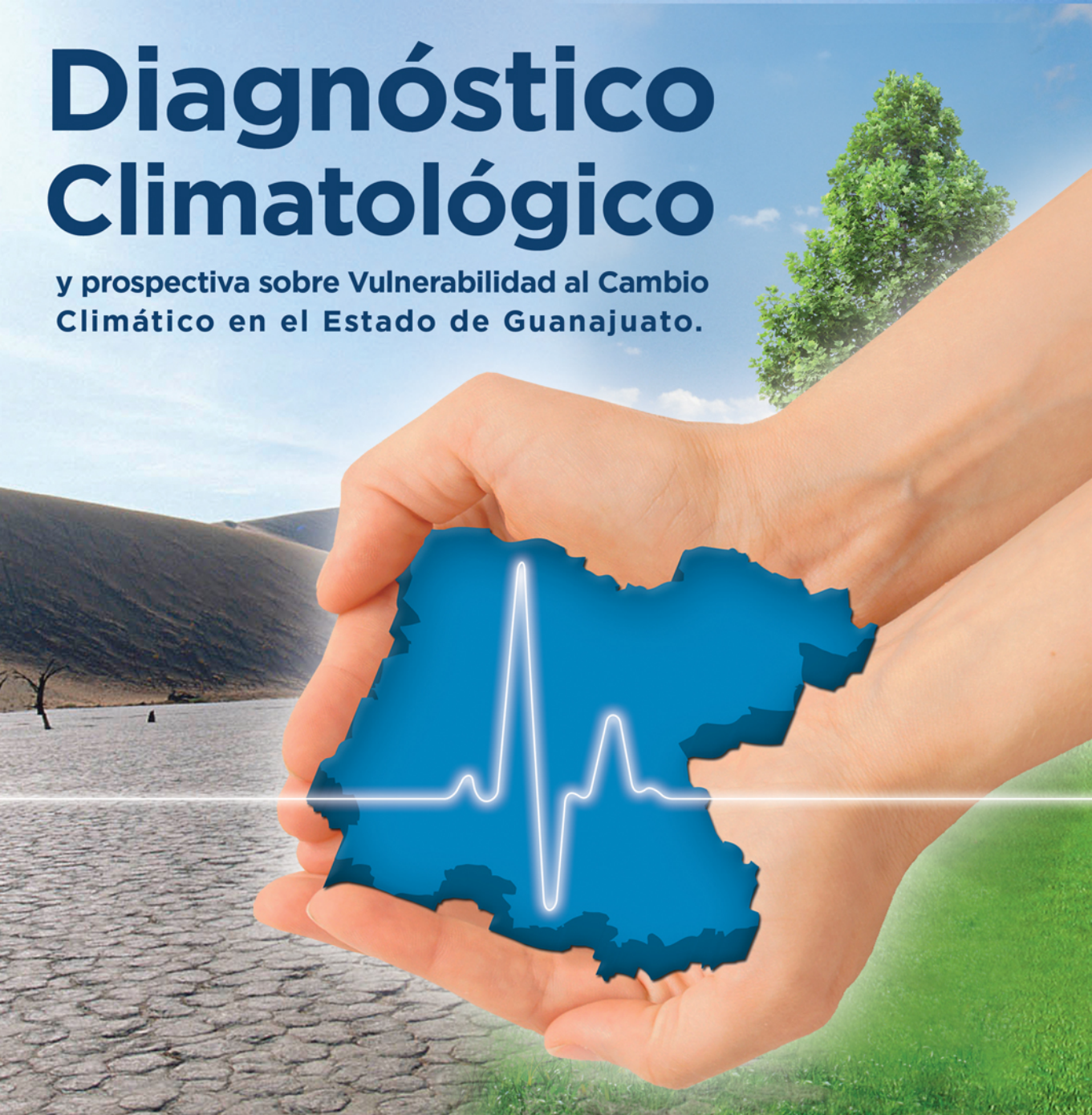


Diagnóstico Climatológico

y prospectiva sobre Vulnerabilidad al Cambio
Climático en el Estado de Guanajuato.





**Instituto
de Ecología**

Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE)

Calle Aldana No.12 Esq. Calle República Mexicana

Col. Pueblito de Rocha Zona XIV C.P. 36040

Guanajuato, Gto. Tel/Fax: 01 (473) 735 2600

ecologia.guanajuato.gob.mx

Resumen

Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato

Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE)

Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato (CCAUG)

Instituto Nacional de Ecología (INE)

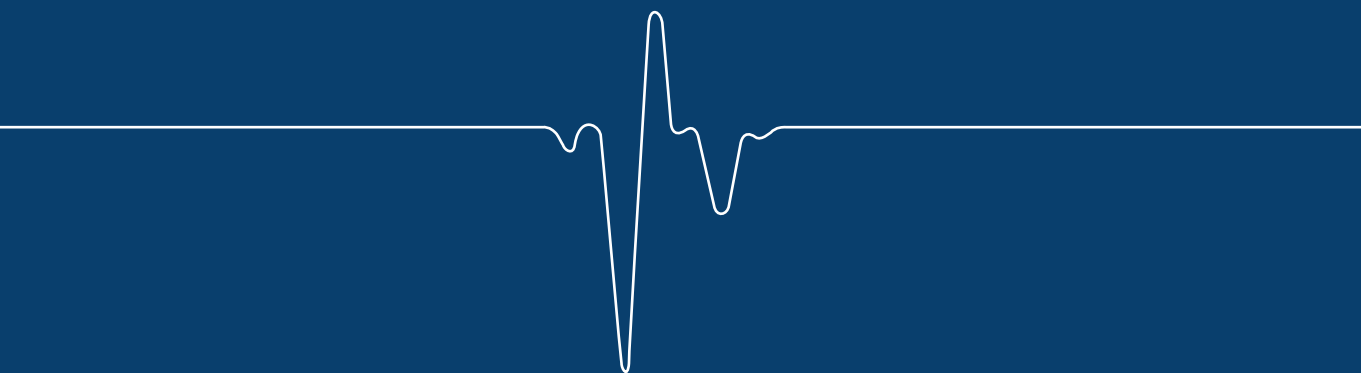
Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT)





Índice

Presentación	07
Introducción	09
Antecedentes Generales de perfil del Estado de Guanajuato	13
Retrospectiva Hidrometeorológica	15
Impactos por efecto del Cambio Climático en el Estado	17
Inundaciones	18
Incendios forestales y pastizales	20
Heladas y granizadas	21
Lluvia afectada por el fenómeno de El Niño	22
Conclusiones de los impactos por fenómenos climatológicos extremos	22
Riesgos a la salud por efecto del Cambio Climático en el Estado	23
Revisión del marco jurídico y normativo Estatal ante el Cambio Climático	27
Escenarios de vulnerabilidad al 2030	31
El Contexto de los Escenarios de Prospectiva de Guanajuato	32
Escenarios tendenciales al 2030 bajo condiciones de cambio climático	33
Casos de Estudio de Alternativas de Políticas de Adaptación al Cambio Climático	37
Escenario 1: Presa Solís y Distrito de Riego 011 (DR011)	38
Escenario base a 2030 bajo condiciones de cambio climático	38
Caso de modificación de superficie sembrada para evitar las caídas de los niveles mínimos de la Presa Solís	40
Escenario 2. La Industria Automotriz de Guanajuato: Cuenca Turbio-Palote y Guanajuato	41
Caso de Escenario con la modificación de la vocación de la región para la atención del desarrollo del Corredor Automotriz	43
Conclusiones de Caso de Estudio	46
Conclusiones de Estudio de Vulnerabilidad	49
Bibliografía	51
Índice de Figuras	53
Índice de Tablas	55





Presentación

En los últimos años el cambio climático presenta desafíos para la humanidad sin precedentes. Las modificaciones del comportamiento del clima han provocado eventos extremos de sequía e inundaciones severas en distintas regiones del mundo. El estado de Guanajuato no es la excepción, existen diversas afectaciones por diferentes eventos de sequía extrema y de lluvia intensa en diferentes zonas distribuidas en todo el territorio estatal.

Por lo anterior, el Gobierno del Estado a través de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático (COCLIMA) ha realizado un trabajo intenso para definir una serie de estrategias y acciones para contrarrestar los efectos del fenómeno global, sin embargo la falta de información objetiva y confiable son una barrera que impide que tales acciones sean certeras y enfocadas a los sectores socio-económicos y ambientales más vulnerables en las regiones del estado con mayor impacto de los efectos del cambio climático.

Con esta perspectiva, el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE) con apoyo del Instituto Nacional de Ecología (INE) y la Secretaría de Medioambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) han encomendado al Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato (CCAUG), la realización del Diagnóstico Climatológico y Prospectiva sobre Vulnerabilidad al Cambio Climático en el Estado de Guanajuato. Con el objetivo de “Evaluar la vulnerabilidad y el riesgo actual y futuro al cambio

climático y proponer medidas de adaptación de los diferentes sectores y regiones prioritarias en el estado, así como de sus diferentes sistemas: hídrico, ambiental y social, a partir de diferentes escenarios alternativos de cambio climático a nivel regional y microregional”. El presente trabajo es un resumen de los resultados más relevantes y que se espera someter a discusión en la sociedad estatal como un elemento esencial para la implementación de acciones conjuntas por todos los actores involucrados.

Aunado a ello, con este proyecto se inicia una serie de acciones encaminadas a fortalecer las capacidades de la sociedad guanajuatense para enfrentar este desafío para los próximos años. Además de que las conclusiones obtenidas nos permitirán plantear estrategias y acciones para el Programa Estatal de Cambio Climático de Guanajuato (PECCG), que es el instrumento máximo de política pública de atención al fenómeno en el estado. Por lo tanto, Guanajuato se consolida como un estado a la vanguardia en la generación del conocimiento y a la atención firme y sostenida a los desafíos y oportunidades derivados del cambio climático.

M. en C. Biol. Enrique Kato Miranda
*Presidente de la Comisión Intersecretarial
de Cambio Climático*

*Director General del Instituto de
Ecología del Estado de Guanajuato*





Introducción

Este proyecto ante todo, demuestra que existe una alternativa a la que tradicionalmente se ha venido utilizando para examinar asuntos relacionados con el Cambio Climático a nivel regional, cuando está en juego la resolución de problemas en regiones específicas de un estado en el corto plazo.

Hasta ahora, la mayoría de los estudios regionales de cambio climático han utilizado como punto de partida modelos de circulación general de la atmósfera (MCGAs). Sin embargo, es importante anotar que dichos modelos fueron concebidos para generar escenarios de bióxido de carbono en horizontes de tiempo medidos en décadas y para grandes regiones del planeta y su objetivo era alertar a ejecutivos de naciones –presidentes, primeros ministros, etc.- con evaluaciones cualitativas de los impactos que pudieran esperarse del cambio climático en sus países y en el largo plazo.

Por la naturaleza misma de los MCGAs, su aplicación a situaciones regionales se lleva a cabo empleando un enfoque de “Arriba-Abajo”, que consiste en des-escalar los resultados de un MCGA para la región bajo análisis. Esto se lleva a cabo utilizando información meteorológica reciente de la misma, así como resultados del MCGA para establecer relaciones estadísticas. Sin embargo, bajo la suposición ampliamente aceptada de que el clima cambiará, estas relaciones tendrán validez por un periodo a futuro relativamente corto, aunque en la práctica se utilizan para horizontes de varias décadas. Esta metodología presenta serias deficiencias ya que: (1) la validez de las relaciones de escala no es la adecuada;

(2) por la escala de los resultados del MCGA este proceso no siempre representa a la región bajo análisis con suficiente precisión, y (3) el escenario de CO₂ simulado por el MCGA puede quedar atrapado en la incertidumbre de los “escenarios socioeconómicos” que actúan como motores o funciones de forzamiento del MCGA utilizado.

El proyecto para Guanajuato busca tanto en la escala temporal como en la espacial, identificar las vulnerabilidades ambientales, sociales, económicas, etc. Estas podrán surgir a lo largo de un horizonte de tiempo de varias décadas por causas directas o indirectas del Cambio Climático al actuar sobre el socio-ecosistema que se localiza adentro de la frontera geopolítica del Estado de Guanajuato.

El objetivo buscado indica que el trabajo que se realice: (1) abarque la geografía del Estado en su totalidad y, (2) comience en el presente extendiéndose hacia el futuro cada vez más lejano, para lo cual lo idóneo es utilizar un enfoque “Abajo-Arriba.” Este enfoque comienza identificando las vulnerabilidades regionales más críticas, articula las causas de esas vulnerabilidades y finalmente sugiere como enfrentar los efectos del Cambio Climático.

El Capítulo 6 del UNFCCC, Recursos Hídricos, establece de manera contundente que: “una piedra angular del análisis del Cambio Climático en el proceso de la planificación del futuro del agua [el recurso natural más afectado por el cambio climático], es el uso de simulaciones hidrológicas para estudiar el efecto de un clima cambiante en procesos de lluvia-escurrimiento superficial.”

La importancia de esta aseveración estriba en el hecho de que a través de la simulación continua de los recursos hídricos en la región, es posible estimar las variaciones del escurrimiento superficial debidas al Cambio Climático. Y, una vez conocido el comportamiento del escurrimiento, se determinan subsecuentemente los impactos que producirá en los almacenamientos del agua de superficie y subterránea, y en las demandas de agua para los diferentes usos –doméstico, industrial, agrícola, acuícola, etc.

Como parte de una cadena “causa-efecto” con los impactos identificados, que se caracterizan por su localización dentro de la región, sus patrones de intensidad y su duración, se pueden identificar fácilmente las “vulnerabilidades ambientales y socioeconómicas” en dicha región. Con esto se tiene la información necesaria para desarrollar las acciones de prevención o adaptación necesarias para la región. El enfoque para Guanajuato consta de dos elementos mostrados en la Figura 1.



Figura 1. Enfoque metodológico para Guanajuato, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.

La **Interfaz Atmosférica** se apoya en la base de datos de precipitación y temperatura que existe en Guanajuato y de ahí, desarrolla el análisis retrospectivo, presente y el diseño del “futuro de las condiciones atmosféricas para las diferentes regiones de Guanajuato” mediante “escenarios de precipitación, temperatura y evaporación” que se crean utilizando la premisa de: ¿Cómo se comportará la región bajo análisis si se utiliza el siguiente escenario de variables meteorológicas para el periodo de simulación considerado?

Las variables meteorológicas generadas por la interfaz Atmosférica para cada una de las 13 cuencas hidrológicas en que se ha dividido **MAUA**¹ (**Modelo de Abasto y Uso de Agua**), dicho modelo simula el proceso lluvia-escurrimiento de manera continua en el tiempo. Esto permite localizar a la humedad en cada cuenca/sub-

cuenca para cada instante de tiempo. Y, como el modelo se fundamenta en el principio “causa-efecto” para su funcionamiento, esto permite determinar los efectos que la humedad tendrá en el resto de los procesos naturales y antropogénicos en la cuenca.

Para representar los procesos de manera continua en el tiempo, **MAUA** tiene que estar formado por un conjunto de círculos “causa-efecto,” entrelazados e interactuando, que reproduce de forma muy aproximada, “el comportamiento de las realidades observadas en Guanajuato.”

¹ El modelo MAUA al igual que el presente proyecto fueron desarrollados con la colaboración del Dr. Juan Manuel Huerta Tolis especialista en Dinámica de Sistemas con reconocimiento mundial fundador de PDM de México, S.A. de C.V. y miembro del Al Gore Climate Project.



La “circularidad” de la estructura de MAUA presenta un fuerte contraste con otros enfoques de exploración de futuros los que, al ser unidireccionales y no circulares, no permiten la retroalimentación. Así vemos que los futuros generados con enfoques unidireccionales lo mismo puede estar sobredimensionados o sub-dimensionados y no contemplan que el comportamiento en el tiempo cambiará el estatus de los sectores que interviene en el proceso.

Con la capacidad de simulación continua de la realidad de Guanajuato que ofrece **MAUA** se pueden trazar **escenarios de evolución del presente al futuro** al tiempo que permitirá la prueba de políticas de mitigación o adaptación.

MAUA modela la biosfera de una cuenca hidrológica a tres niveles: Atmósfera, Superficie y Acuífero (ver Figura 2).

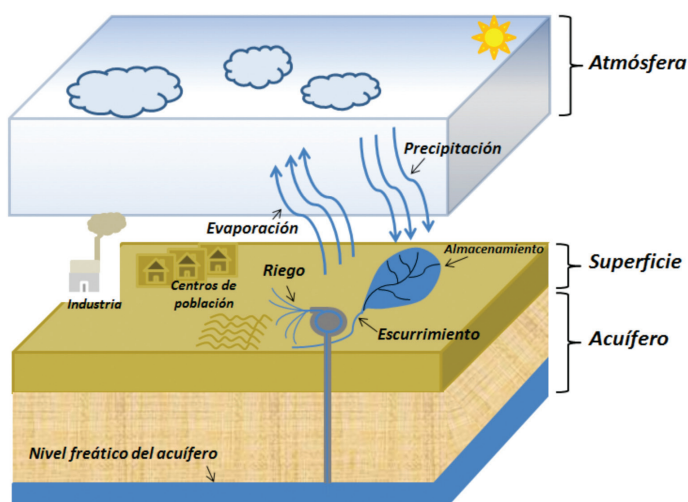


Figura 2. Niveles de estudio para la modelación con MAUA, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.

Las variables lluvia, temperatura y evaporación son generadas por la Interfaz Atmosférica. Son variables exógenas de MAUA con una importancia capital pues son los impulsores del modelo (funciones de forzamiento) que determinan al transcurrir el tiempo: (1) el comportamiento del proceso lluvia-esguimiento; (2) la evaporación inducida en los procesos de crecimiento de las cosechas, en la superficie y en los cuerpos de agua; (3) la temperatura que influye en el comportamiento de los procesos naturales y los hechos por el hombre.

Los sub-modelos de **MAUA** (ver Figura 3) se detallan a continuación:

- **Sub-modelo Socio-demográfico**, que incluye tres módulos interrelacionados: (1) la población de la sub-cuenca en grupos de edades de cinco años; (2) el proceso educativo cuyo resultado final es la mano de obra disponible y (3) el empleo, que es la interface entre la mano de obra disponible y la demanda de dicha mano de obra.

- **Sub-modelo de Procesos Productivos**, que incluye las industrias de cuero-calzado, agroindustria, automotriz, auto partes, confección de ropa, construcción, química, petróleo, etc.
- **Sub-modelo de Medio Ambiente**, que incluye el registro del uso del suelo y ciclo hidrológico.
- **Sub-modelo Toma de Decisiones**, que permite al usuario del modelo, formular políticas que controlan a los procesos y que en consecuencia, modifican las trayectorias (valores de una variable que el modelo calcula a lo largo del tiempo).
- **Fuerzas Externas**, son variables como: tipo de cambio, demanda externas a México de productos agrícolas o manufacturados. Estas variables influencia el funcionamiento de los modelos de cada cuenca/sub-cuenca. Por ejemplo, el cierre de la planta GM en Silao, tendría un efecto drástico en la cuenca denominada “río Guanajuato”.
- **Conectores** que unen bloques indican las interacciones que existen de los procesos dentro de un bloque hacia los de otro bloque.

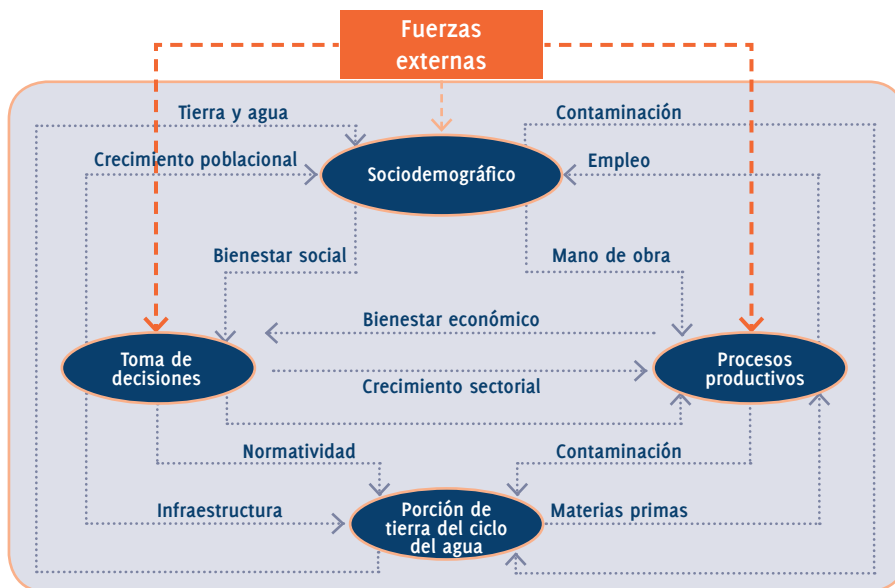


Figura 3. Submodelos de MAUA.
Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.



Antecedentes Generales de Perfil del Estado de Guanajuato

El balance general de los acuíferos indica que del año 1998 al 2004 el déficit hídrico fue incrementándose gradualmente hasta llegar a una deficiencia de 1,126 Hm³, lo que coloca a los mismos en estado de sobreexplotación, lo que se prevé como un factor de riesgo para el desarrollo del estado a futuro.

Del total de los acuíferos solo el de Jaral de Berrios en San Felipe y el de la Sierra Gorda que incluye a los municipios de Atarjea, Xichú y Victoria cuentan con un estado de posibilidad de recibir mayor demanda de agua. Sin embargo, un desequilibrio en la extracción de agua

puede ocasionar la afectación de los ecosistemas de la Reserva de la Biósfera Sierra Gorda de Guanajuato.

Por tal motivo, en el año 2006 el Gobierno del Estado a través de la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG) realizó el Plan Estatal Hidráulico 2006-2030 (PEHG 2030), el cual tiene su base en el desarrollo de un Modelo Dinámico de Simulación llamado Modelo de Abasto y Uso de Agua de Guanajuato (MAUA- Guanajuato). Dicha herramienta permitió la definición de escenarios futuros de la situación hídrica con la interrelación con factores socio- económicos y ambientales particulares del estado.

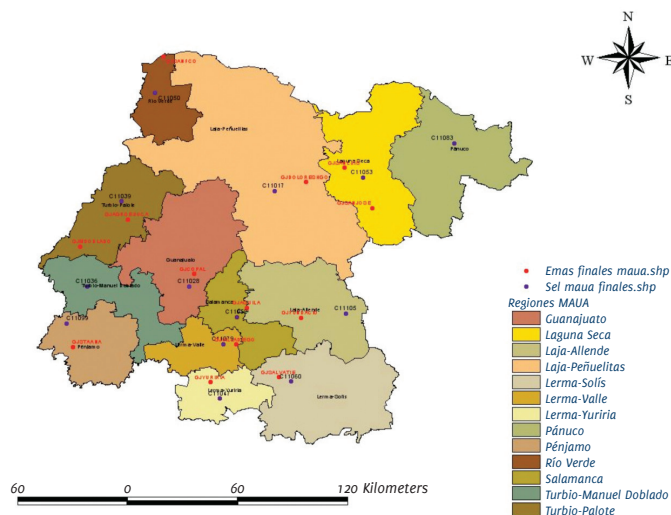


Figura 4 Mapa de Subcuencas del Río Lerma seleccionadas para complementar las series Base MAUA. Con información de la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG), Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.

Sin embargo, las condiciones ambientales cambiantes impactadas por el cambio climático han acelerado el suceso de eventos de sequía y de la anomalía en el régimen de lluvias, lo que ha modificado las premisas consideradas en el PEHG 2030. Con la perspectiva de complementar dicha herramienta, el Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato (IEE) y con el apoyo

de la Comisión Intersecretarial del Cambio Climático del Estado de Guanajuato (COCLIMA), impulsó el desarrollo del presente estudio incrementando las capacidades del MAUA- Guanajuato, con un módulo de variabilidad climática, y generando escenarios al 2030 de la vulnerabilidad al cambio climático en el estado.



Retrospectiva Hidrometeorológica

Como resultado de la evaluación de las variables climatológicas en base a información retrospectiva se confirma que existe cambio climático en el estado, con un incremento de 0.6 a 0.8 °C la temperatura media anual en el estado, siendo más notable en la zona del bajío y que corresponde al corredor industrial del estado, con los municipios de Purísima del Rincón, San Francisco del Rincón, León, Silao, Irapuato, Salamanca, Villagrán, Cortazar, Celaya y Apaseo el Grande.

El régimen de lluvias muestra una tendencia hacia menor cantidad de lluvia promedio anual con periodos prolongados sin lluvia y con eventos de lluvias más intensas en periodos cortos de tiempo. Por ello, son comunes los eventos de sequía prolongada y riesgo de inundaciones en las zonas aledañas a los ríos Turbio, Lerma- Salamanca, y Guanajuato.

Como se precia en la figura 4 las condiciones de sequía se ven agudizadas en la zona norte del estado principalmente en la cuenca de Laguna Seca que comprende los municipios de San Luís de la Paz, Doctor Mora y San José de Iturbide, por lo que se identifica como una zona afectada por las condiciones históricas del cambio climático. Además esta condición está en fase de extenderse a la zona norte de la cuenca Laja- Peñuelitas en los municipios de San Felipe, San Diego de la Unión, Dolores Hidalgo, parte colindante de Guanajuato y San Miguel de Allende. Esto permite denotar a esta zona como la más propensa al avance de la desertificación por degradación de suelos.

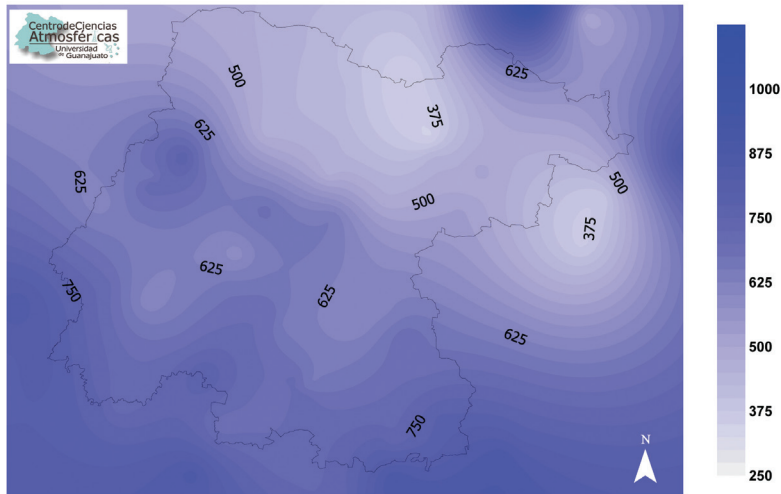


Figura 5. Lluvia promedio anual en el estado de Guanajuato correspondiente al periodo 1950-2005, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.

Por otra parte en las zonas serranas se han presentado heladas que han afectado a las actividades agropecuarias de las mismas. Siendo los de mayor afectación las regiones aledañas a la Sierra de Lobos en San Felipe y Ocampo, Los Agustinos en Jerécuaro, Acámbaro y Tarimoro; además de la Sierra de Santa Rosa de Guanajuato y que pertenece al Área Natural Protegida (ANP) Cuenca de la Esperanza.



Impactos por efecto del Cambio Climático en el Estado

Guanajuato es afectado por varios tipos de fenómenos hidrometeorológicos que han provocado daños a la salud y pérdidas materiales de importancia; eventualmente ha estado expuesto a lluvias intensas, granizadas, heladas y sequías. Los esfuerzos que se realizan año tras año para enfrentar los efectos de estos fenómenos han sido insuficientes, como se puede apreciar en la tabla 1. Es indispensable invertir más esfuerzo y recursos para transitar lo más pronto posible

de un esquema fundamentalmente reactivo a uno de carácter preventivo.

El conocimiento de los principales aspectos de los fenómenos hidrometeorológicos, la difusión de la cultura de Protección civil en la población y la aplicación de las medidas de prevención de desastres puede contribuir de manera importante en la reducción de los daños ante esta clase de fenómenos.

Fenómenos meteorológicos	Consecuencias	Datos relevantes recientes
Frentes	Heladas y granizadas	Del 30 de septiembre de 2005 al 11 de mayo de 2006 se han presentado 50 frentes fríos. Entre 2004 y 2005 se presentaron 55 frentes fríos en el País.
Huracanes	Inundaciones y fuertes vientos	Entre 1851 y 2005, parte de la trayectoria de 11 ciclones del Atlántico se localizó a 200 km de distancia de Guanajuato. Por su parte, la trayectoria de 4 ciclones del Pacífico circularon cerca del Estado a esa misma distancia entre 1949 y 2005.
Ondas tropicales	Inundaciones	Estas perturbaciones atmosféricas son recurrentes año con año y afectan en gran medida a la Entidad a través de tormentas eléctricas y chubascos.
ENOS	Sequías e inundaciones (dependiendo si es Niño o Niña)	Este fenómeno global modifica los patrones de lluvia en el estado. Esta es una aseveración derivada de análisis climatológicos estadísticos.

Tabla 1: Fenómenos hidrometeorológicos que han ocasionado afectaciones en el estado.
Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato (CCAUG), 2010.

Por otra parte, a través del tiempo se han presentado diferentes eventos por causa de fenómenos hidrometeorológicos que han afectado a diferentes comunidades en los municipios del estado. Los principales problemas son inundaciones, sequía severa y heladas principalmente. Sin embargo, estos han sido espaciados en el tiempo, por lo que las afectaciones pudieran ser consideradas como extraordinarias al comportamiento normal del clima.

Inundaciones

Ejemplo de ello son las inundaciones entre julio y agosto de 1976 por el desbordamiento de diferentes segmentos del río turbio, afectando a los municipios aledaños como Abasolo, y Manuel Doblado por mencionar algunos. Esto permitió impulsar una serie de acciones de creación de infraestructura a nivel regional que permitió contrarrestar posibles nuevos incidentes. Además de que en otras zonas hubo también afectaciones por inundaciones en

comunidades ribereñas al río Guanajuato sobre todo en el municipio de Irapuato.

Otro evento de importancia en años recientes fueron las lluvias extraordinarias del año 2003 que llevaron a inundaciones generalizadas en todo el estado por el aumento en el caudal de los principales ríos que atraviesan el territorio estatal. Esto trajo como resultado daños a casas- habitación, así como pérdidas en zonas de cultivo y daños a vidas humanas.

Así mismo, las diferentes eventualidades han puesto en evidencia la necesidad de fortalecer la infraestructura hidráulica de los diferentes municipios más vulnerables, así como la definición de políticas de desarrollo urbano que contemplen el Ordenamiento Territorial y Ecológico, con zonas de riesgo bien definidas ante este tipo de eventualidades climáticas y zonas de conservación y preservación ecológica municipal.



Año	Descripción del evento
1888	Se desborda el Río Lerma inundando prácticamente todo el Bajío. con pérdidas humanas y daños materiales incuantificables.
1898	En Silao ocurre una catastrófica inundación en la zona urbana con pérdidas no cuantificadas.
1905	En la ciudad de Guanajuato se desborda la presa de San Renovato por exceso de lluvias que rebasaron el nivel del embalse, ocasionando daños materiales cuantiosos a edificaciones en las partes bajas de la ciudad.
1950	Se desbordó el arroyo Mariches en León, por el escurrimiento abundante de las lluvias de verano, afectando a las colonias aledañas al mismo.
1953	Por las cuantiosas lluvias se desborda la presa el Mastranzo afectando a la comunidad de Santa Rosa Plan de Ayala de León.
1975	Se desborda el río de los Gómez en León causando numerosas afectaciones en la zona sur de la ciudad. Sumado a ello. los arroyos las Liebres y Alfaro se desbordan dejando alrededor de 700 familias damnificadas.
1976	Debido a las continuas lluvias se desborda el río Turbio en diferentes puntos afectando a los municipios aledaños, siendo los más afectados los ubicados en las zonas bajas de la cuenca.
1997	Ocurre una nevada general en varias zonas del estado, incluso en zonas urbanas que nunca habían tenido este tipo de fenómenos climáticos, por ejemplo León.
1998	Debido a las lluvias generalizadas y copiosas, hubo una serie de desbordamientos en arroyos de escorrentías en todo el estado, incluso en municipios de zonas serranas del estado.
2003	Se presentan lluvias extraordinarias que afectan a prácticamente todo el estado. Hubo desbordamientos en las zonas aledañas al río Lerma, Turbio, Laja y Guanajuato.
2005	Se presenta un periodo de sequía que se extiende hasta parte del 2006, con afectaciones importantes a los cultivos de esos años y se agudiza el abasto de agua en zonas urbanas.
2009	Ocurre nuevamente un periodo de sequía prolongada por el comportamiento del fenómeno del Niño que afecta a la producción agrícola en todo el país.
2010	En el estado se presenta un periodo de lluvias atípicas en el mes de febrero que en un periodo de 5 días prácticamente llena todas las presas y pone en riesgo de inundación varias comunidades aledañas a los principales ríos del territorio estatal.

Tabla 2: Eventos debido a fenómenos climáticos que han ocasionado desastres en el estado. Datos tomados del Atlas de Riesgos de la Coordinación Ejecutiva de Protección Civil del Estado de Guanajuato. (<http://proteccioncivil.guanajuato.gob.mx/atlas/hidrometeorologico.php>), con análisis y resumen del Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato y la Dirección de Planeación y Política Ambiental del Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato 2010.

Los puntos con afectaciones por inundación identificados describen las zonas con alto riesgo de inundación por motivos de una inadecuada infraestructura, o bien, la carencia de mantenimiento al cauce de arroyos y ríos. Se observaron principalmente problemas de azolve y obstrucción del paso de arroyos por negligencia de los habitantes de comunidades aledañas, por mencionar algunos.

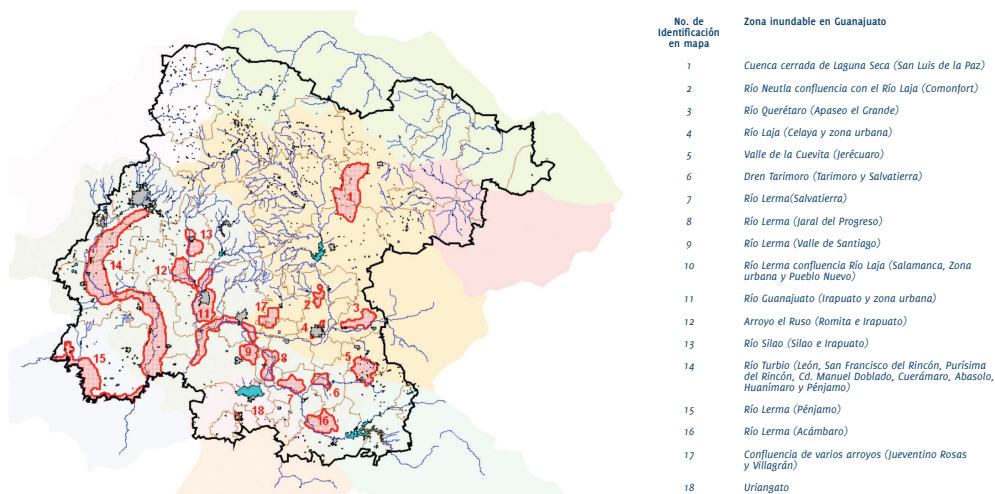


Figura 6: Zonas Vulnerables a Inundaciones según Atlas de Riesgos del Estado de Guanajuato: Fenómenos Hidrometeorológicos, Coordinación Ejecutiva de Protección Civil de la Secretaría de Seguridad Pública del Gobierno del Estado de Guanajuato, 2010.

Incendios forestales y pastizales

Los efectos de la variabilidad climatológica se ve reflejada en la vulnerabilidad de las zonas forestales del país y, por consiguiente, el estado. Los periodos prolongados de sequía en el país, así como los aumentos de la temperatura, han propiciado las condiciones adecuadas para que el riesgo de incendios forestales se incremente.²

Dentro de las principales afectaciones al medioambiente están:

1. Reducción de la masa vegetal con potencial de secuestro y fijación de carbono.
2. Aumento de las emisiones de GEI durante el incendio y posterior al incendio por descomposición de materia orgánica residual.
3. Exposición de los suelos a la erosión y su degradación.
4. Reducción de la capacidad reguladora del ambiente circundante a la zona devastada por el incendio.
5. Reducción de la capacidad de proveer los servicios ambientales de la zona afectada.

En Guanajuato las sequías son recurrentes aproximadamente cada 7 años con duraciones de hasta 2 años, lo que provoca que el aire mantenga un nivel bajo de humedad lo que a su vez se traduce en riesgos ante incendios forestales. Entre los años 2006 al 2009 se presentan dos eventos de incendios forestales que corresponden a los años 2006 con un periodo prolongado de sequía y el año 2008 con temperaturas máximas históricas registradas en el estado. Esto impactó en 934 hectáreas siniestradas en 2006, y 1841 hectáreas en el 2009. En un 90% se registró en zonas de pastizales y con arbustos y matorrales. Por lo anterior, es pertinente reforzar la estrategia encaminada a la prevención de los incendios forestales, aunado a acciones de reforestación con la finalidad de restaurar las zonas afectadas.

2) Villers Ruiz Lourdes y López Blanco Jorge (Editores) (2004). *Incendios forestales en México. Métodos de evaluación*. Centro de Ciencias de la Atmósfera, Universidad Nacional Autónoma de México, México, 164 p. ISBN 970-32-1843-1



Así mismo en el año 2010, las lluvias atípicas de febrero crearon condiciones muy favorables de humedad en el ambiente que incidió a que se redujeran notablemente los incendios en la primera mitad del año. Sin embargo, entre los meses de octubre y abril del 2011, las condiciones de sequía, poca humedad en el ambiente y aumento de la temperatura promedio ocasionaron que se incrementaran los eventos de incendios de pastizales y matorrales en todo el estado.

Sin duda las condiciones cambiantes en el clima favorecen o no a la incidencia de eventos de incendios de pastizales en prácticamente todo el estado, por ello, las campañas de prevención implementadas por la

Coordinación Ejecutiva de Protección Civil del Estado de Guanajuato deben ser reforzadas con la participación de la ciudadanía en general.

Heladas y granizadas

Por otro lado, entre los meses de octubre y abril hacen su aparición las heladas, granizadas y, en caso de condiciones extraordinarias, las nevadas. Estos fenómenos son consecuencia directa de sistemas frontales y la aparición de masas de aire polar. La zona norte del Estado es la más afectada, principalmente los municipios de San Luis de la Paz, Dolores Hidalgo y Doctor Mora, en donde la frecuencia de heladas oscila entre los 6 y 7 días al año en promedio.

Sitio de Observación	Frecuencia de Granizadas (días/año)
Valle de Santiago	1.6
Presa Solís-Acámbaro	3.17
Las Adjuntas-Manuel Doblado	0.86
Juventino Rosas	3.40
Jaral del Progreso	1.92
Irapuato	2.16
Agua Tibia-Pénjamo	0.44
Santa Ma. Yuriria	0.77
Salvatierra	2.30
Puroagua-Jerécuaro	1.56
Pénjamo	3.17
Iramuco-Acámbaro	2.83
Preparatoria-León	4.01
Guanajuato	0.60
San Miguel Allende	2.12
Dr. Mora	6.0
San Luis de la Paz	6.92
San Juan de los Llanos-San Felipe	1.02
San José Iturbide	1.73
San Diego de la Unión	1.06
Río Laja-Dolores Hidalgo	6.57

Tabla 3. Frecuencia de granizadas en Guanajuato, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato (CCAUG), 2010.

Lluvia afectada por el fenómeno de El Niño

Es indudable que las anomalías en las variables atmosféricas en nuestra región están íntimamente relacionadas con fenómenos a escalas media y global como lo es el fenómeno de ENOS (El Niño-Oscilación del Sur). Los análisis que hemos realizado han determinado un comportamiento que indica que ENOS altera el patrón de lluvia. Como ejemplo la relación que existe entre la lluvia que ocurre en San Diego de la Unión, Gto. y ENOS en los meses de mayo y agosto se aprecia que para el mes de mayo cuando se hace presente El Niño la lluvia es mayor que la media, mientras que cuando ocurre La Niña la lluvia es menor a la media. Para el mes de agosto ocurre lo contrario, es decir que cuando El Niño se manifiesta la lluvia es menor que la media y cuando La Niña ocurre la lluvia es mayor que la media. Esto nos indica una regla que se cumple para la zona norte del estado.

Conclusiones de los impactos por fenómenos climatológicos extremos

Los fenómenos naturales en Guanajuato han afectado sin duda de manera considerable a los diferentes sectores económicos de la entidad y por ende a la población. Es por ello que el tema de la prevención de desastres ha tomado relevancia en la agenda de la protección civil

reconociendo que es indispensable establecer estrategias y programas de largo alcance enfocados a prevenir y reducir sus efectos y no sólo prestar atención a las emergencias y desastres, dicho en otras palabras, se están orientando los esfuerzos a las acciones preventivas y no solo a las acciones reactivas.

Por otro lado, el mejor conocimiento del comportamiento de los fenómenos hidrometeorológicos y por consiguiente el grado de las distintas vulnerabilidades significa contar con el apoyo indispensable para las medidas de prevención, por lo que también se están destinando más recursos económicos en este rubro. Este cambio de estrategia será el factor esencial para garantizar no sólo una sociedad más preparada y segura, sino una entidad menos vulnerable frente a los fenómenos naturales y también de aquellos de origen antrópico que generan en ocasiones desastres de gran impacto.

Aunque la prevención, vista como inversión de mediano a largo plazo tiene por supuesto un costo importante, presenta beneficios que se darían principalmente en términos de salvar vidas humanas y por supuesto, ahorros económicos sustanciales derivados del establecimiento de condiciones de menor vulnerabilidad.



Riesgos a la Salud por efecto del Cambio Climático en el Estado

El Sector Salud es uno de los sectores más vulnerables al Cambio Climático, especialmente por el aumento de temperatura y por la anormalidad en las precipitaciones. Estos cambios ambientales están directamente relacionados al aumento de casos de diversas enfermedades, y están siendo objeto de estudio.

Particularmente para el estado de Guanajuato, los riesgos a la salud más significativos son:

- Enfermedades respiratorias: debido a las condiciones de temperatura extremas que se están viviendo en el ambiente estatal. lo que incide que tal padecimiento se presente en forma constante en todo el año dejando atrás la estacionalidad de la mayor morbilidad entre la población.
- Enfermedades estomacales y diarreicas: ocasionadas por el aumento de la temperatura con eventos de calor intenso en prácticamente todo el año, provoca que exista una mayor disposición a que exista este tipo de enfermedades.
- Golpes de calor: estos ocasionan que la población sufran de insolación o rápida deshidratación al exponerse a las condiciones de calor extremo, a

pesar que tales padecimientos no están tipificados dentro del catálogo de enfermedades del sector salud con procedimientos estándar para la asistencia médica.

- Quemaduras en la piel por exposición al Sol: las condiciones cambiantes en los ciclos solares exponen a la Tierra a mayor radiación solar por rayos Ultravioleta (UV), lo que pone en riesgo a la población expuesta en días con mayor incidencia de rayos UV a quemaduras y afectaciones en la piel.
- Intoxicación por picadura de insectos venenosos: la expansión de la población de insectos venenosos como el alacrán, colocan como factor de riesgo en los esquemas de salud pública del estado.

En el Estado de Guanajuato se presenta una estabilidad en las Enfermedades por Infección Estomacal. Mientras que la morbilidad por las Enfermedades Respiratorias (ER) muestra un comportamiento errático pero cuya tendencia es hacia la estabilidad aunque en mayor número de casos en los últimos quince años respecto a los años anteriores. Además, el nivel de mortandad en el estado por ER representa aproximadamente el 5.7% del valor nacional por la misma causa.

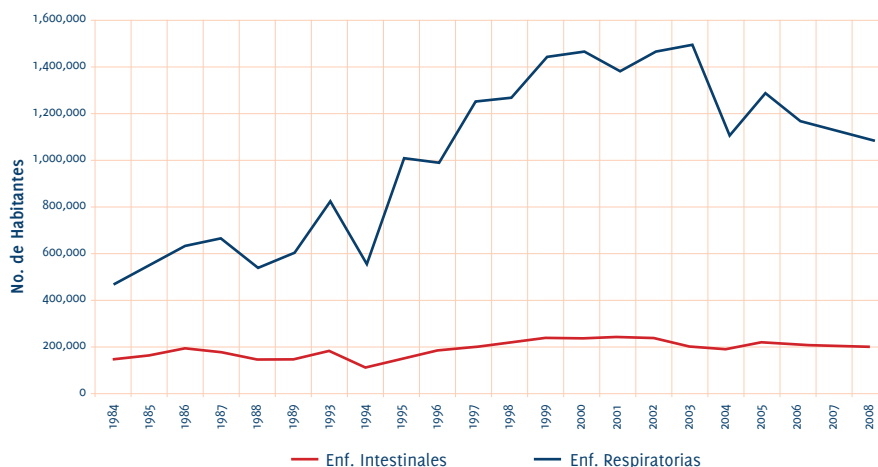


Figura 7: Comportamiento Estatal de la Morbilidad de los años 1984 al 2008.
 Datos de la Dirección General de Epidemiología de la Secretaría de Salud, con análisis del Centro de Ciencias Atmosféricas
 y de la Dirección de Planeación y Política Ambiental del Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, 2010.

Por lo anterior, se observa que la tendencia es a que las modificaciones en la temperatura hacen más notoria la tendencia a incrementar las enfermedades respiratorias y los brotes de infecciones intestinales. Por lo cual es necesario fortalecer las campañas de prevención al respecto.

Por otra parte, el alacranismo es un problema que puede crecer por efecto del cambio climático. La incidencia anual aproximada de casos de picadura de alacrán en el país es de alrededor de 150,000, con un rango de 800 a 1,000 casos de muerte por esta causa³. En el estado de Guanajuato existe una morbilidad aproximada de 10,000 casos por año, principalmente son ubicados en la zona urbana y rural de León. Sin embargo este nivel tuvo un aumento significativo a partir del año 2000 hasta llegar a una incidencia de 24,000 casos por año⁴.

Las especies altamente tóxicas se reúnen en la familia Buthidae, con los géneros Centruroides y Tityus. La primera es la de mayor importancia por su potencial venenoso y por ser la de mayor presencia en el país. De este género se identifican 5 especies como las de mayor peligrosidad, de las cuales 2 se encuentran en el estado de Guanajuato. Según los índices de picadura de alacrán por cada 100,000 habitantes muestran que la zona de mayor vulnerabilidad es la parte aledaña al río Turbio y la zona sureste del estado como se muestra en la figura.

3) Castillo, Velazco, et al. Alacranismo en León, Perspectivas por áreas geoestadísticas básicas urbanas. Universidad de Guanajuato, Acta Universitaria Volumen 12, No. 2 Mayo-Agosto 2002.

4) Castillo, Velazco et al. Distribución geográfica del alacranismo en el Estado de Guanajuato. Universidad de Guanajuato, Acta Universitaria Volumen 17, No. 2 Mayo-Agosto del 2007.

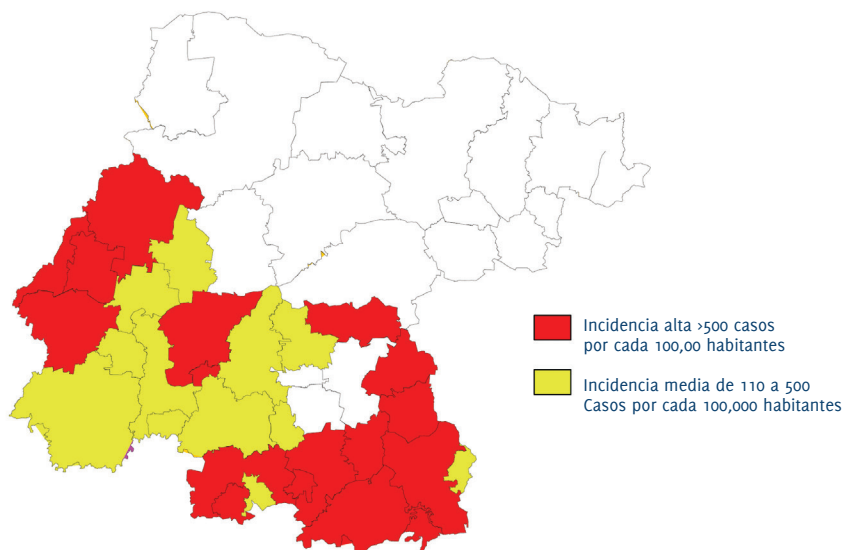


Figura 8: Zonas de mayor índice de picaduras de alacrán por cada 100,000 habitantes, con datos de Castillo, Velasco et al. Distribución geográfica del alacranismo en el Estado de Guanajuato. Universidad de Guanajuato, Acta Universitaria Volumen 17, No. 2 Mayo Agosto del 2007.

Debido al incremento de la temperatura esperado como efecto del cambio climático, se tiene el riesgo de incremento del número de casos por picadura de alacrán, además de la aparición de nuevas especies con alto nivel de peligrosidad, así como es inevitable la expansión de este problema en otras regiones donde las condiciones de temperatura y humedad no eran las adecuadas para la sobrevivencia de tales insectos. Por lo que el refuerzo de las campañas de prevención es de suma relevancia para evitar posibles afectaciones a la población de las zonas más vulnerables.





Revisión del Marco Jurídico y Normativo Estatal ante el Cambio Climático

Las políticas públicas sobre cambio climático de los gobiernos nacionales, tienen como antecedente impulsor los acuerdos de la Convención Marco de las Naciones Unidas para el Cambio Climático del año 1992. Más tarde éstas políticas fueron revisadas y ratificadas en el Protocolo de Kyoto firmado en 1997. México promulgó en el año 2000 su ratificación del Protocolo como base para la definición de su estrategia nacional de cambio climático.

En 2007, el Gobierno Federal, a través de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático del país, publicó la Estrategia Nacional de Cambio Climático con objetivos que conllevaron al planteamiento de acciones para contrarrestar los efectos del cambio climático en el país⁵:

El 28 de Agosto de 2009, el Ejecutivo Federal del gobierno mexicano publicó el Programa Especial de Cambio Climático de México inscrito en el Plan Nacional de Desarrollo 2007- 2012, en el cual se establece una serie de

acciones encaminadas a mitigar las emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI) y a promover la adaptación de los distintos sectores vulnerables de la sociedad.

Con base en el Plan de Gobierno 2006-2012⁶ de Guanajuato, la presente administración coloca a la preservación del medioambiente y de los recursos naturales como una parte de interés primordial para el Estado. En el objetivo estratégico 2.5.4 de dicho Plan se menciona textualmente “Aprovechar oportunidades y desarrollar capacidades para la reducción de Gases de Efecto Invernadero”.

Con ello se establece la necesidad de elaborar el Programa Especial de Cambio Climático de Guanajuato, que contenga una serie de estrategias y acciones que conlleven a la mitigación y adaptación de los efectos del Cambio Climático en la entidad.

Debido a la amplitud de alcances de los impactos debido al cambio climático en el estado, se tiene como sustento las diferentes Leyes Estatales sobre medio ambiente y recursos naturales, sin embargo el elemento relacionado al cambio climático no ha sido considerado en ellas como

5) CICC, 2007. *Estrategia Nacional de Cambio Climático*.

6) *Plan de Gobierno 2006-2012 Tomo II Plan Estratégico, Gobierno del Estado de Guanajuato, 2006-2012.*

aspecto específico, por lo que es conveniente establecer una agenda de trabajo entre los Poderes Ejecutivo, Legislativo y judicial para establecer los programas y mecanismos de Ley para la atención expedita del citado fenómeno:

- Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato.
- Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado y los Municipios de Guanajuato.
- Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado y los Municipios de Guanajuato.
- Ley de Aguas para el Estado de Guanajuato.

En general, estas leyes procuran la protección y conservación del medio ambiente y los recursos naturales en beneficio de la calidad de vida de los Guanajuatenses. Otros dos instrumentos que dan marco y sustento a las acciones planteadas para la atención del cambio climático son: el ya mencionado Decreto mediante el cual se crea la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático del Estado de Guanajuato (Coclima), y el Reglamento Interno de la Comisión Intersecretarial de Cambio Climático del Estado de Guanajuato, publicado el 24 de marzo del 2009, con el objeto de establecer los lineamientos generales para el funcionamiento de la Comisión. En donde se da el primer paso de intención del Ejecutivo Estatal para la atención de los efectos del cambio climático en el estado.

Un ejemplo claro de los alcances de la legislación estatal respecto al medioambiente es lo que se plasma en la Ley para la Protección y Preservación del Ambiente del Estado de Guanajuato en el Artículo 3 que reza: “Se considera de utilidad pública:

- I.- El establecimiento, protección y preservación de las áreas naturales protegidas y de las zonas de

restauración ecológica;

- II.- El ordenamiento ecológico del territorio del Estado;
- III.- Las declaratorias que impongan la conservación y preservación del medio ambiente y su aprovechamiento sustentable;
- IV.- Los programas y acciones tendientes a mejorar la calidad del aire, suelo y agua de jurisdicción estatal;
- V.- La preservación de los sitios necesarios para asegurar el mantenimiento e incremento de los recursos genéticos, de la flora y fauna silvestre, frente al peligro de deterioro grave o de extinción.”

Esto permite sustentar las acciones derivadas del presente estudio, para que tengan una proyección de mediano y largo plazo para la atención del cambio climático en el estado.

Así mismo, en el Capítulo Cuarto de la Política Ambiental, Artículo 15 que reza “Para la formulación y conducción de la política ambiental y la expedición de los instrumentos previstos en esta Ley, en materia de preservación y restauración del equilibrio ecológico y protección al ambiente, el Ejecutivo del Estado y los ayuntamientos observarán los siguientes principios:

- I.- Del equilibrio de los ecosistemas dependen la vida y las posibilidades productivas del Estado;
- II.- Toda persona tiene derecho a disfrutar de un ambiente adecuado para su desarrollo, salud y bienestar;
- III.- Las actividades que se lleven a cabo dentro del territorio estatal, no afectarán el equilibrio ecológico de otras entidades o de zonas de jurisdicción federal;
- IV.- Los ecosistemas y sus elementos deben ser aprovechados de manera que se asegure una productividad óptima y sostenida, compatible con su equilibrio e integridad;



- V.- Las autoridades y los particulares deben asumir la responsabilidad de la protección del equilibrio ecológico;
- VI.- La responsabilidad respecto al equilibrio ecológico, comprende tanto las condiciones presentes como las que determinarán la calidad de vida de las futuras generaciones;
- VII.- La prevención de las causas que generan los desequilibrios ecológicos, es el medio más eficaz para evitarlos;
- VIII.- El aprovechamiento de los recursos naturales renovables debe realizarse de manera que se asegure el mantenimiento de su diversidad y renovabilidad;
- IX.- Los recursos naturales no renovables deben utilizarse de modo que permitan su máximo aprovechamiento, evitando el peligro de su agotamiento y la generación de efectos ecológicos adversos;
- X.- La coordinación entre las dependencias y entidades de la administración pública y entre los distintos niveles de gobierno y la concertación con la sociedad, son indispensables para la eficacia de las acciones ecológicas;
- XI.- El propósito de la concertación de acciones ecológicas es reorientar la relación entre la sociedad y la naturaleza;
- XII.- Garantizar el derecho de las comunidades, incluyendo a los pueblos indígenas, a la protección, preservación, uso y aprovechamiento sustentable de los recursos naturales;
- XIII.- El control y la prevención de la contaminación ambiental, el adecuado aprovechamiento de los elementos naturales y el mejoramiento del entorno natural en los asentamientos humanos, son elementos fundamentales para elevar la calidad de

vida de la población;

- XIV.- Conservar la diversidad genética y el manejo integral del hábitat natural y la recuperación de las especies silvestres; y (Fracción reformada. P.O. 12 de noviembre del 2004)
- XV.- Los demás que señale la Ley General del Equilibrio Ecológico y la Protección al Ambiente. (Fracción adicionada. P.O. 12 de noviembre del 2004)

Todo lo anterior como referente para la implementación de las acciones que a continuación se describen, permite que las acciones planteadas sean implementadas y dirigidas por los principales actores sociales del estado. Como parte complementaria se enlistan instrumentos que pueden permitir el sustento de acciones de adaptación al cambio climático en las siguientes leyes que son:

- Ley para la Gestión Integral de Residuos del Estado y los Municipios de Guanajuato.
- Ley de Desarrollo Forestal Sustentable para el Estado y los Municipios de Guanajuato.
- Ley de Aguas para el Estado de Guanajuato.

Sin embargo es muy importante someter a discusión de los Tres Poderes del Estado de Guanajuato la implementación de adecuaciones del marco legal que sustenta las acciones de adaptación al cambio climático. De la misma manera la conveniencia de establecer una agenda de trabajo que incluya la creación de una Ley para el Cambio Climático en el Estado, donde intervengan además de los poderes Ejecutivo, Legislativo y Judicial estatal también se asegure la participación de diferentes sectores representativos de los más vulnerables, así como los temas de Equidad de Género y Pueblos Indígenas ante el cambio climático.





Escenarios de Vulnerabilidad al 2030

Con la base de los escenarios realizados en el Plan Estatal Hidráulico 2006-2030 realizados por la CEAG, podemos apreciar la tendencia de los acuíferos del estado, sin

considerar el cambio climático, ya presentan situaciones críticas al 2030, como se puede ver en la figura 9.

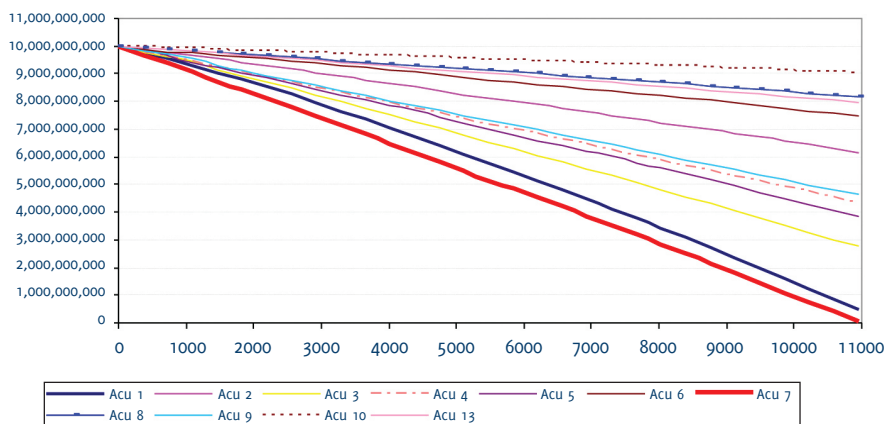


Figura 9. Tendencia de los acuíferos del estado de Guanajuato al 2030 sin considerar el cambio climático como escenario base, con información y datos de la CEAG del Plan Estatal Hidráulico 2006-2030, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010

Regionalizados estos escenarios los podemos apreciar en la figura 10, que los municipios de las Cuencas Turbio- Palote, Laja- Allende son los que presentan una

situación crítica por los cambios en el abasto de agua con perspectiva de desarrollo industrial y pecuario sin considerar los efectos del cambio climático.

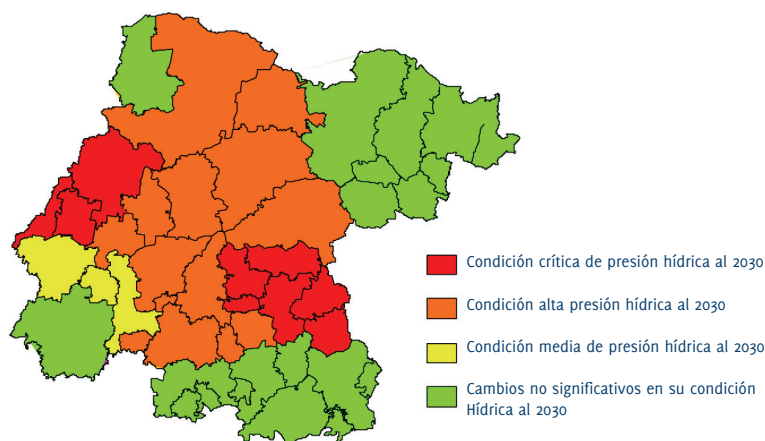


Figura 10. Regionalización en base a la tendencia de los acuíferos del estado de Guanajuato al 2030 sin considerar el cambio climático como escenario base, con información y datos de la CEAG del Plan Estatal Hidráulico 2006-2030, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010

La conjetura sobre la que se han desarrollado los escenarios, es que el cambio en los patrones de lluvia, la tendencia a temperaturas más altas y una mayor evaporación se darán paulatinamente a lo largo del horizonte de tiempo. Como consecuencia se incrementarán también las demandas de aguas para los procesos naturales y antropogénicos al transcurrir el tiempo. Claramente, la producción agrícola en Guanajuato que utiliza el 87% del agua disponible será la más afectada, pero también la población y la industria demandarán más agua. Por lo que bajo condiciones de cambio climático, los escenarios base mencionados anteriormente sucederán más rápido, por lo que existe el riesgo de que los acuíferos se vean abatidos en menor tiempo del esperado previamente.

El Contexto de los Escenarios de Prospectiva de Guanajuato

Situados dentro de la cuenca hidrológica del Río Lerma, partimos del aserto de que el cambio climático afectará al proceso lluvia-escurrimiento, razón por la cual la Convención Marco de la Naciones Unidas sobre el Cambio

Climático (CMNUCC) considera a este proceso como la piedra angular para entender y anticipar dicho cambio.

Porque:

1. Habrán lluvias abundantes en las décadas por venir, pero en contraste con los patrones de lluvia “normales,” éstas serán concentradas en cortos periodos de fuerte precipitación, seguidos de periodos largos si lluvia (Trendberth et al,2003)⁷.
2. La temperatura en los próximas décadas aumentará entre 1.5 y 3.0 grados centígrados con respecto a la norma, lo que ocasionará mayor evaporación de la tierra y de los cuerpos de agua, evaporación que alimentará a los fuertes aguaceros que se predicen.

⁷) Trendberth, K (2003).; Dai, A and others, “The Changing Character of Precipitation,” American Meteorological Society, September 2003



Como consecuencia del cambio en el proceso lluvia-escorrentamiento y por razón de la interconexión que existe entre ellos, todos los procesos naturales y antropogénicos en la cuenca serán en mayor o menor grado afectados. De forma intuitiva se puede ya visualizar que, para compensar los efectos de los incrementos en temperaturas y evaporación, habrá una mayor demanda de agua tanto para los procesos naturales como los antropogénicos.

Con estas premisas se realizaron una serie de escenarios futuros bajo el enfoque de modelos dinámicos que permitirán visualizar el impacto de las modificaciones del régimen de lluvias al abasto del agua y su respectivo impacto a los sectores productivos del estado.

Escenarios tendenciales al 2030 bajo condiciones de cambio climático

Basados en los escenarios generados en el MAUA- Clima al 2030, la mayor vulnerabilidad al cambio climático se presenta en el abasto y uso del agua, por lo que se establece la mayor vulnerabilidad en las cuencas Turbio-Palote, Laja- Peñuelitas y Laja- Allende por la disminución del volumen de agua subterránea disponible, tal y como se presenta en la figura 11. Aunque la tendencia es generalizada para todo el estado.

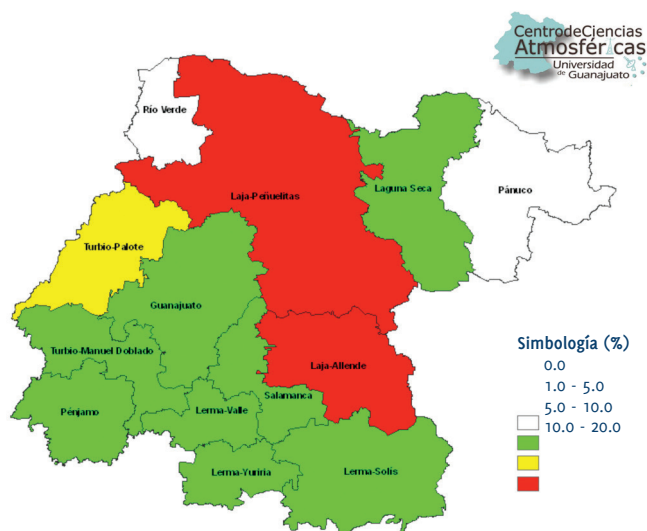


Figura 11 Reducción del volumen de agua subterránea disponible al 2030 bajo escenarios de cambio climático en el estado de Guanajuato. Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.

Por otro lado, la producción agrícola se verá afectada en los rendimientos y por siniestralidad por eventos de sequía en la Cuenca Laja-Peñuelitas, Laguna Seca y en el Distrito de Riego 011 que incluye la cuenca Lerma- Solís y Lerma-Yuriria.



Figura 12. Disminución en la producción agrícola al 2030 bajo escenarios de cambio climático en el estado de Guanajuato. Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.

Para el 2030 se observan incrementos de la demanda de agua potable de hasta un 5% como se aprecia en la figura 13, con la aclaración de que en las zonas donde la cobertura es baja, cualquier cambio por mínimo que sea será significativo, como es el caso de los municipios de la cuenca del Pánuco y Laguna Seca que abarca a San Luís de la Paz, Doctor Mora, San José de Iturbide, Victoria, Tierra Blanca, Xichú, Atarjea y Santa Catarina. Al igual que la zona de Ocampo (cuenca de Río Verde) se aprecia el mismo efecto debido a que existe una baja concentración poblacional que al aumentar según las proyecciones de población, el impacto a la demanda de agua se muestra como alta en comparación con otras zonas del estado.

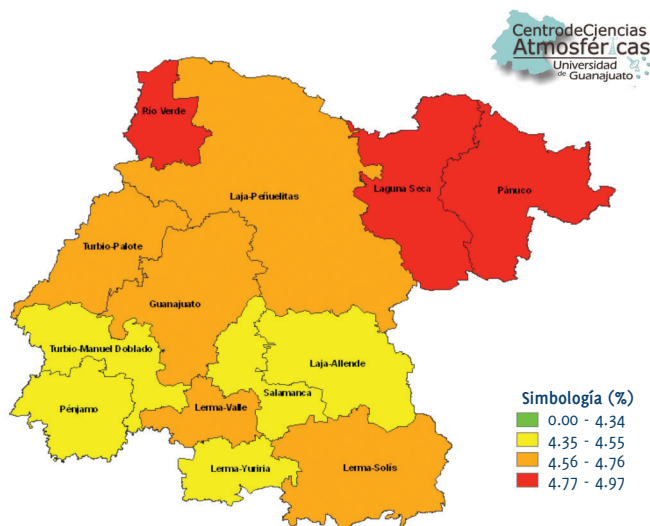


Figura 13. Incremento de la demanda de agua potable al 2030 bajo escenarios de cambio climático en el estado de Guanajuato. Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.

Por otra parte, la extracción de agua subterránea para fines agrícolas al 2030 bajo escenarios de cambio climático, tendrá un incremento importante en las zonas de las cuencas del Turbio- Palote, Lerma-Salamanca y Lerma- Pénjamo con un aumento del 30 al 80 %. Sin embargo, es pertinente mencionar que las demás cuencas también tendrán incrementos significativos por lo que la demanda de agua podría ser un factor de restricción para que exista una mayor presión sobre el abasto de agua.

De la misma manera en cuanto al uso de agua de fuentes superficiales, se observan incrementos significativos en las cuencas de Laguna Seca, Laja Peñuelitas y Lerma-Valle con incremento de hasta el 10%. También es muy importante observar que hay un decremento en el uso de

agua superficial en las cuencas de Turbio- Palote, Lerma-Pénjamo, Río Verde y Pánuco, lo que en específico de León, San Francisco del Rincón y Púrisima es debido a que el incremento de la zona urbana y de las industrias sustituyen a la demanda agrícola que existe en dichos municipios, pero por otro lado existe mayor compensación de dicho uso de agua superficial por un incremento de la demanda de agua subterránea.

Ambos aspectos mencionados al conjugarse se muestran en la figura 14, donde se observa que prácticamente todo el estado tendrá un aumento del volumen de agua utilizado para la agricultura con incrementos de hasta el 11% respecto al nivel actual, lo que incrementaría el déficit hidráulico en abasto de agua estatal al 2030.



Figura 14. Incremento en el volumen de agua (superficial y subterránea) utilizado para fines agrícolas al 2030 bajo escenarios de cambio climático en el estado de Guanajuato. Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.

Con esta base se identifican los siguientes municipios como los de mayor vulnerabilidad y con impactos directos mencionados en la siguiente tabla:

Cuenca	Municipios	Afectación	Principales Sectores Afectados
1. Turbio- Palote	<ul style="list-style-type: none"> • Purísima del Rincón. • San Francisco del Rincón • León 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción en el volumen de agua disponible para uso doméstico. • Reducción de la producción agrícola de riego. • Aumento de casos de golpes de calor y enfermedades diarreicas en la población. 	<ul style="list-style-type: none"> • Agrícola y pecuario. • Población urbana de Zona Metropolitana de León. • Sector Cuero-Calzado. • Productores de alimentos.
2. Laja- Allende	<ul style="list-style-type: none"> • Celaya • Comonfort • Juventino Rosas • Apaseo el Grande • Apaseo el Alto 	<ul style="list-style-type: none"> • Reducción de volumen de agua para uso doméstico y agropecuario. • Reducción de producción agrícola. • Aumento del riesgo de avance de la desertificación en el norte de la cuenca. 	<ul style="list-style-type: none"> • Población urbana de Zona Metropolitana Laja- Bajío Celaya • Sector agrícola y pecuario • Industria de alimentos



3. Laja- Peñuelitas	<ul style="list-style-type: none">• San Felipe• San Diego de la Unión• Dolores Hidalgo• San Miguel de Allende	<ul style="list-style-type: none">• Reducción en el volumen de agua disponible para uso doméstico.• Reducción de la producción agrícola de riego.• Aumento de casos de golpes de calor y enfermedades diarreicas en la población.• Aumento de la Desertificación por degradación de suelos.• Riesgo de impacto a la biodiversidad en Áreas Naturales Protegidas de Peña Alta y Sierra de Lobos.	<ul style="list-style-type: none">• Agrícola y pecuario.• Población urbana de San Felipe y Dolores Hidalgo.• Industria productora de alimentos.
4. Laguna Seca	<ul style="list-style-type: none">• San Luís de la Paz.• Doctor Mora• San José de Iturbide	<ul style="list-style-type: none">• Avance de la Desertificación por degradación de suelos.• Reducción de producción agrícola y pecuaria.• Reducción del Agua Disponible para consumo de la población.	<ul style="list-style-type: none">• Agrícola y pecuario• Población urbana• Industria productora de alimentos
5. Distrito de Riego j011	<ul style="list-style-type: none">• Cortazar• Jaral del Progreso.• Salvatierra• Acámbaro• Santiago Maravatio• Tarimoro• Yuriria• Valle de Santiago• Sur de Salamanca• Sur de Irapuato• Pueblo Nuevo	<ul style="list-style-type: none">• Reducción del agua disponible para riego.• Reducción de Producción Agrícola	<ul style="list-style-type: none">• Agrícola y pecuario.• Cadena de producción de alimentos.

Tabla 4. Zonas de mayor vulnerabilidad al cambio climático en el estado de Guanajuato y con necesidad de atención prioritaria. Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato y Dirección de Planeación y Política Ambiental del Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, 2010.

Casos de Estudio de Alternativas de Políticas de Adaptación al Cambio Climático

Debido a los escenarios plantados anteriormente, es conveniente implementar políticas de adaptación que permitan la sustentabilidad de las actividades productivas, ya que en el caso de seguir con la tendencia actual se esperan afectaciones críticas en un corto y mediano plazo. Esto significa que las prácticas socio-económico

tradicionales ya no pueden seguirse sosteniendo, puesto que las condiciones de abasto de agua y de los recursos naturales en general se ven muy seriamente afectadas en la actualidad. Es por ello, que se plantean una serie de acciones que dimensionalmente son cambios estructurales en las prácticas actuales de gobernanza y de actuar de la sociedad en general.

Un factor de éxito base para la formulación e implementación de las políticas que se sugieren a continuación, es la coordinación y cooperación entre la ciudadanía y las entidades de gobierno, por ello es conveniente fomentar la discusión de los temas mencionados en un sentido crítico y objetivo, con la finalidad que exista un punto de acuerdo para la implementación de acciones que conlleven a reducir los riesgos detectados. De lo contrario a esta afirmación, se pueden tener serias y costosas consecuencias en los sectores productivos y la vida cotidiana de la sociedad guanajuatense.

Las siguientes propuestas de cambio de políticas son técnicamente viables y son resultado del análisis holístico del problema de abasto de agua a futuro bajo condiciones de cambio climático, además los resultados mostrados no significa que deben ser realizados dichos cambios radicales, más sin embargo son una alternativa cuyo costo beneficio es el más favorable para esas cuencas o regiones en específico en la actualidad.

Escenario 1: Presa Solís y Distrito de Riego 011 (DR011)

La Presa Solís es el punto de regulación del agua de superficie de la cuenca Lerma-Chapala que de manera práctica se podría interpretar como: (1) si todos los años se le diera la dotación máxima al Distrito de Riego 011 (DR011), en años de lluvias escasa el río Lerma dejaría de transitar agua abajo de esta presa y (2) si toda el agua transitara hacia el Lago de Chapala, el DR011 dejaría de producir. Las variables trazadoras del escenario para la Presa Solís y el DR011 que se presentan son:

- Volumen de la Presa Solís como función del tiempo. Congruente con el Acuerdo de Distribución de las Aguas del Río Lerma, el volumen mínimo de Solís no deberá ser menor a los 180 o 200 millones de metros

cúbico ya que por debajo de este nivel, cuando la presa se llena tiempo después, no hay suficiente volumen para crear el caudal del río Lerma de la presa Solís hasta el Lago de Chapala.

- La Superficie Anual Sembrada DR011 corresponde al volumen disponible en la Presa Solís para irrigación año con año. Este volumen es también congruente con el Acuerdo de Distribución mencionado.
- También la Superficie Anual Sembrada DR011 se divide en aéreas específicas para cuatro cultivos diferentes tanto en el ciclo Primavera-Verano como en el ciclo Otoño-Invierno.
- Valor Acumulado de la Producción Agrícola en el DR011 como función del tiempo.
- Jornales Totales del DR011 como el número de personas empleadas para la operación de la producción agrícola en la región.

Los efectos de la operación de esta región impacta al estado de Guanajuato en dos aspectos: el empleo y el Producto Interno Bruto (PIB) estatal por el valor de los alimentos producidos. Además esto último puede trascender al contexto nacional debido a que esta zona es una de las más grandes productoras de alimentos a nivel nacional, por lo que el impacto de las acciones puede ser de importancia en el abasto nacional.

Escenario base a 2030 bajo condiciones de cambio climático

Bajo condiciones de cambio climático el volumen de la Presa Solís muestra el comportamiento según se puede ver en la figura 15. Con precipitación caracterizada por fuertes tormentas seguidas de largos periodos sin lluvia; con incrementos de temperatura y consecuentemente de evaporación, las demandas de agua para irrigación se incrementan mientras que el abasto presenta un patrón muy diferente al “normal.” Con esto, el volumen mínimo



de la Presa Solís cae por debajo de los 180 millones de metros cúbicos y en varias ocasiones toca fondo iniciando esta tendencia en el año 2014. Esta situación es contraria al Acuerdo de Distribución de Aguas del Río Lerma razón

por la cual hay que intervenir para disminuir la superficie sembrada del DRo11. Sin embargo, el agua almacenada en la Presa Solís es suficiente para irrigar la Superficie Anual Sembrada DRo11.

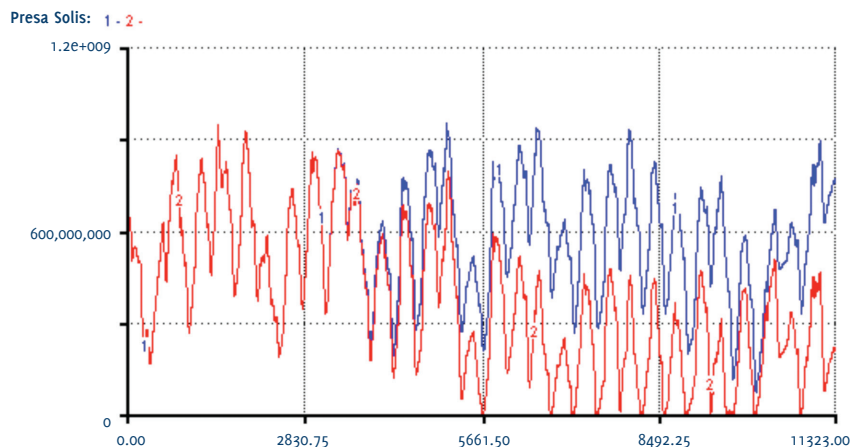


Figura 15. Escenario del volumen de la Presa Solís sin (azul) y con (rojo) cambio climático, generado por el MAUA- Clima con la colaboración del Dr. Juan Manuel Huerta Tolis, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.

La superficie sembrada bajo las condiciones anteriores permite el abasto de agua para riego del DRo11, como se puede ver en la figura 16. Sin embargo los niveles mínimos de la presa se ven seriamente afectados por esta práctica.

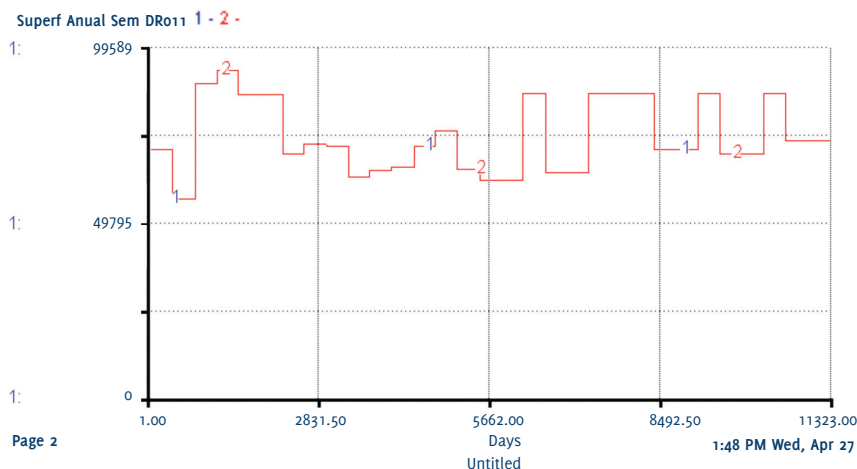


Figura 16. Escenario de la superficie sembrada acorde al volumen de la Presa Solís bajo condiciones de cambio climático, generado por el MAUA- Clima con la colaboración del Dr. Juan Manuel Huerta Tolis, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010

Caso de modificación de superficie sembrada para evitar las caídas de los niveles mínimos de la Presa Solís

Para mantener un nivel mínimo de la Presa Solís por arriba de los 180 millones de metros cúbicos a lo largo de todo el horizonte de simulación, a base de prueba-y-error se determina los valores anuales de la Superficie Anual Sembrada DR011 que hace que Solís satisfaga los 180 millones de metros cúbicos.

La figura 17 muestra la trayectoria que sigue la Superficie Anual Sembrada DR011 que satisface la condición indicada arriba, la cual se muestra en la trayectoria color magenta.

Al disminuir la Superficie Anual Sembrada DR011 en un 42.94%, las Toneladas Totales DR011 disminuyen en un 22.87%. El Valor Total de la Producción DR011 disminuye en un 22.07% y los Jornales Totales Acumulados DR011 disminuyen en un 13.47%

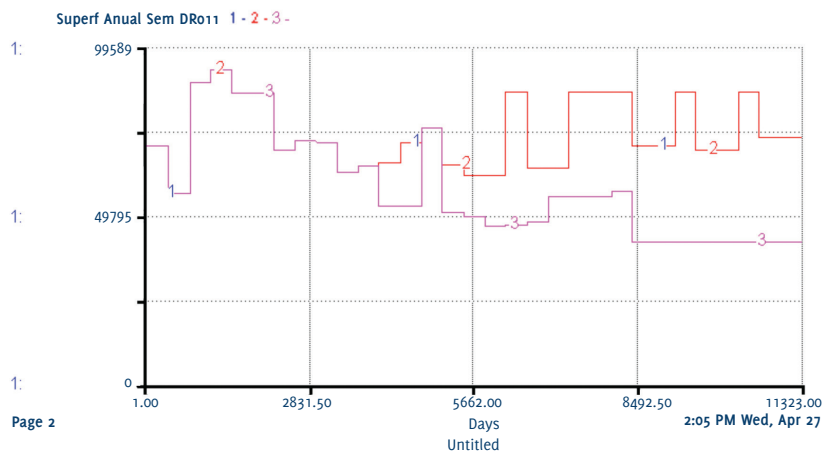


Figura 17. Escenario de la superficie sembrada acorde al volumen de la Presa Solís bajo condiciones de cambio climático (línea roja) y con menor superficie sembrada (línea magenta), generado por el MAUA- Clima con la colaboración del Dr. Juan Manuel Huerta Tolis, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010

Esto permitirá una mejora en los niveles de la presa, pero conlleva que la reducción en la superficie sembrada impacte significativamente en la disponibilidad de alimentos (ver figura 18).

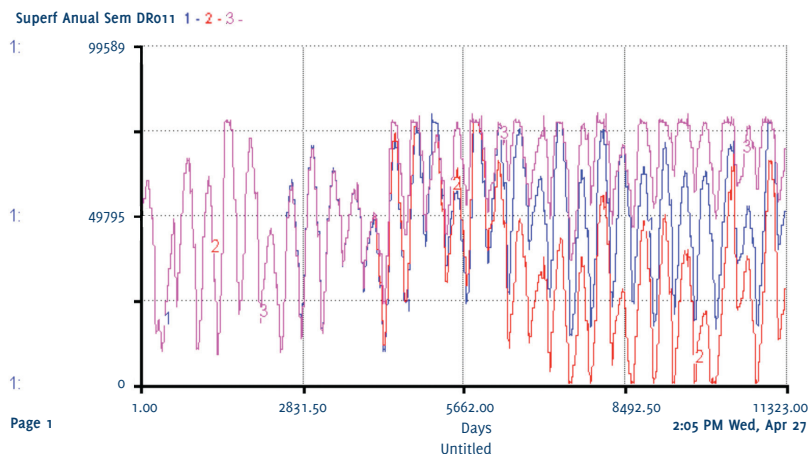


Figura 18. Escenario del volumen de la Presa Solís en condiciones actuales (línea azul), bajo condiciones de cambio climático (línea roja) y con menor superficie sembrada (línea magenta), generado por el MAUA- Clima con la colaboración del Dr. Juan Manuel Huerta Tolis, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.

Al comparar los efectos del Cambio Climático con el escenario Base en el Distrito de Riego 011, la reducción de la Superficie Sembrada que es de casi 43%, redundará en pérdidas en las Toneladas Producidas y en el correspondiente Valor de la Producción de alrededor del 22%. El empleo (jornales) sufre una reducción de tal solo 13.5%.

A nivel de todo el estado, la afectación del DRo11 se traduce en reducciones porcentuales de 2.06% en el Valor de la Producción Acumulada en el horizonte de simulación. El empleo sufre una disminución de 1.03%. Sin embargo, en términos monetarios la pérdida del Valor de la Producción es de 599 millones de pesos, mientras que la de empleo es de 447,826 jornales. Aunque es pertinente mencionar que los resultados obtenidos por la implementación de esta acción pueden ser obtenidos por medio de la implementación de otro tipo de acciones, por ejemplo la implementación de sistemas de riego por goteo, microaspersión o nanogoteo por mencionar algunos, y cuyo consumo de agua sea equivalente a la reducción de la superficie sembrada.

El análisis presentado es solamente para el Distrito de

Riego 011 y arroja porcentajes de disminución del valor de la producción y del número de jornales importantes. El cambio climático tendrá efectos diferenciados pero importantes en todas las cuencas de Guanajuato donde se localiza la pequeña irrigación así como a la producción de perennes. Es entonces necesario repetir el presente ejercicio a todas las cuencas de Guanajuato pues solo así se podrá determinar el impacto que el cambio climático tendrá en la producción agrícola, en términos de pérdidas de empleo y económicas en el Estado.

Escenario 2. La Industria Automotriz de Guanajuato: Cuenca Turbio-Palote y Guanajuato

En la segunda parte del estudio de caso, es la visión a futuro del cambio de vocación en las cuencas Turbio-Palote y Guanajuato. Un cambio de vocación ocurre cuando existe suficiente evidencia en una cuenca hidrológica de que las actividades humanas en la misma han cambiado substancialmente en cuanto a generación de empleo y producto regional de un conjunto de sectores de actividad productiva hacia otros. Esto es exactamente lo que ha estado ocurriendo en gran parte de las cuencas

Turbio-Palote y Guanajuato donde se ubica el “Corredor Automotriz y de Autopartes de Guanajuato,” que en adelante lo denominaremos Corredor Automotriz.

Alrededor del Corredor Automotriz otros sectores de apoyo como transporte, servicios profesionales y financieros también crecen; prueba de ello en el caso de la Cuenca del Río Guanajuato es la Aduana Interior y el Centro multimodal de Transporte que facilitan grandemente la operación del mencionado corredor.

En cuanto a demanda de mano de obra para el Corredor Automotriz, es evidente que éste requerirá personal con formación escolar de media a superior, el cual provendrá de las instituciones de educación vocacional y superior de la cuenca Turbio-Palote (centro de educación media y superior de la región de la ciudad de León) y de la cuenca Guanajuato (Universidad de Guanajuato y otras

instituciones).

La pregunta que es oportuno hacer acerca del futuro del Corredor Automotriz es: ¿será sustentable hasta el 2030, el cuál es el horizonte de tiempo del presente estudio? Para responder a esta pregunta nos referimos al escenario de Cambio Climático en el que se examinan las condiciones de los acuíferos Turbio-Palote y Guanajuato hasta el 2030. La figura 19, muestra la trayectoria que sigue el Acuífero Turbio-Palote del noviembre 1 de 1999 a octubre 31 del 2030, bajo las condiciones climáticas del Cambio Climático Global. La mencionada trayectoria muestra una pendiente que es negativa a lo largo de todo el horizonte estudiado, lo cual indica que el escenario “motor” que generó la trayectoria no es sustentable. La pérdida de volumen promedio al año es de 101 millones de metros cúbicos que se calcula al restar las extracciones de las entradas a dicho acuífero.

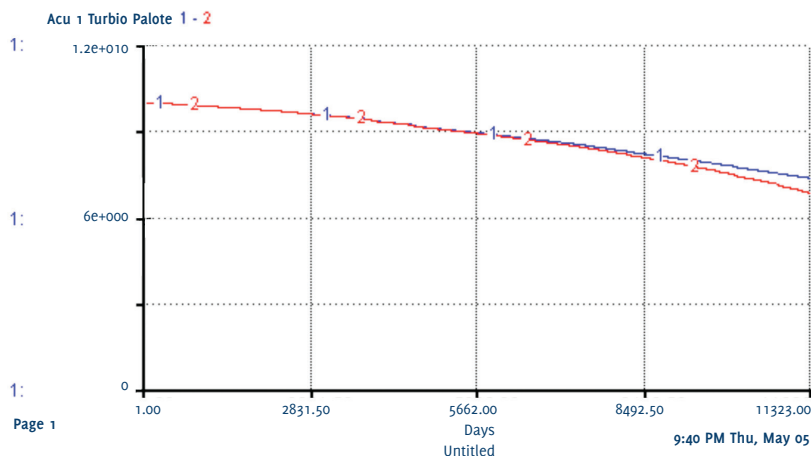


Figura 19. Escenario del volumen del acuífero de la Cuenca Turbio- Palote sin (azul) y con (rojo) cambio climático, generado por el MAUA- Clima con la colaboración del Dr. Juan Manuel Huerta Tolis, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.



El escenario “motor” supone la continuación de la producción agrícola en esta cuenca, así como los crecimientos esperados por ejecutivos del sector privado y público en esta cuenca de los otros 17 sectores de actividad productiva. Aunque el escenario incluye al sector automotriz y de auto partes, no contemplaba el auge que este está teniendo en el presente y el que se espera en el futuro. Por lo dicho hasta aquí las posibilidades de crecimiento del Corredor Automotriz son “económicamente” viables pero, “ambientalmente” inviables ya que la disponibilidad de agua se puede reducir drásticamente hasta poner en peligro el

crecimiento del mencionado corredor. Se vuelve entonces prioritario encontrar recursos hídricos adicionales que sostengan el crecimiento del sector y al mismo tiempo, equilibren el acuífero Turbio-Palote.

En el caso del acuífero del Río Guanajuato, la Figura 20 indica que su trayectoria en el horizonte de análisis es pronunciadamente negativa hasta llegar a 5,000 millones de metros cúbicos en el 2030 para una pérdida anual promedio de volumen de 161 millones de metros cúbicos la cual se calcula restando las extracciones de la recarga.

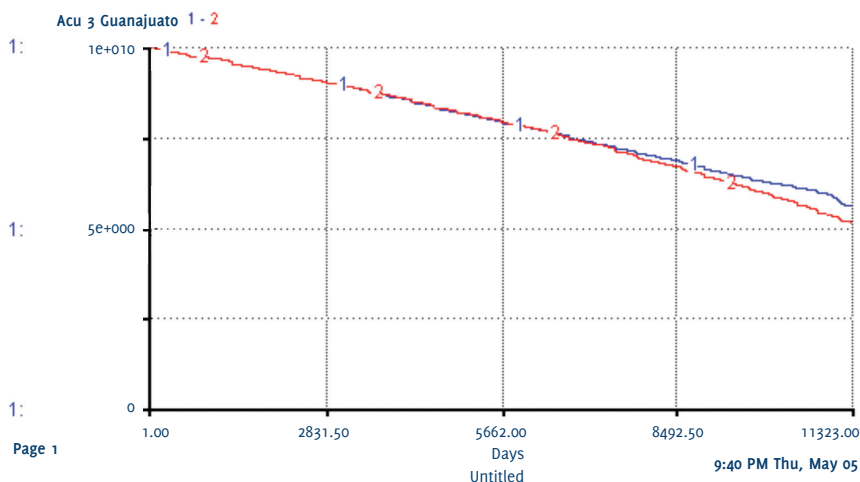


Figura 20. Escenario del volumen del acuífero de la Cuenca del Río Guanajuato sin (azul) y con (rojo) cambio climático, generado por el MAUA- Clima con la colaboración del Dr. Juan Manuel Huerta Tolis, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.

Obviamente para estas dos cuencas es impostergable encontrar los recursos que permitan equilibrar lo antes posible sus acuíferos, especialmente si se desea que el Corredor Automotriz continúe funcionando y tenga la posibilidad de crecer.

Caso de Escenario con la modificación de la vocación de la región para la atención del desarrollo del Corredor Automotriz

El escenario que se desarrolla a continuación tiene por objeto atender el problema más crítico que confronta el Corredor Automotriz y que es la sustentabilidad de

los recursos hídricos en las dos cuencas donde se ubica dicho corredor. La sustentabilidad se podrá lograr solo con el incremento del abasto de agua para lo cual se prueba la política de “Eliminar la Producción Agrícola de Ambas Cuencas en las Modalidades de Pequeña Irrigación (irrigación fuera del distrito de riego) y Perennes.” En el caso de la cuenca Guanajuato se mantiene la producción agrícola en el módulo de la Purísima que pertenece al DR011, el cual se riega con aguas de la presa del mismo nombre. La política indicada se implementaría el 1 de noviembre del 2013 que correspondería al día 5111 de simulación. Esta fecha es importante para examinar las gráficas correspondientes.

Como el crecimiento real del Corredor Automotriz ha sido mucho mayor de lo que se estimaba en el periodo 2003-2006 cuando se hizo la proyección de la tasa de crecimiento de la Actividad Productiva Automotriz y Auto-partes que es parte de la base de datos de MAUA/Clima, se hizo necesario llevar a cabo una nueva proyección. Las dos proyecciones, la que contenía el modelo y la recientemente estimada-se presentan en la Figura 21. En esta figura se observa que para el fin del periodo en el 2030, se tiene un crecimiento del 29% con respecto a la proyección anterior.

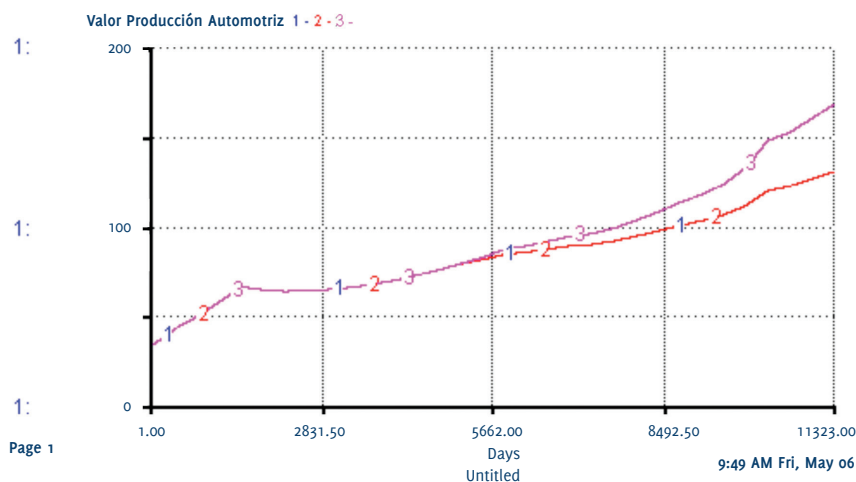


Figura 21. Escenario del Valor de la Producción Automotriz con tasa de crecimiento original (rojo) y con la nueva tasa de crecimiento estimada conforme a las proyecciones económicas actuales, generado por el MAUA- Clima con la colaboración del Dr. Juan Manuel Huerta Tolis, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.



Bajo este escenario las principales variables trazadoras tendrán en siguiente comportamiento:

- El empleo en el Corredor Automotriz se incrementa ligeramente en tan solo 2.7%.
- El comportamiento valor de los servicios de transporte presentará un crecimiento al 2030 del 47% respecto a la proyección bajo las condiciones actuales.
- El empleo del transporte se incrementa con respecto al 2003-2006 en un 25%.
- El Valor de los Servicios Comerciales se incrementa

también con respecto a las tasas utilizadas en el 2003-2006 en un 32%.

Sin embargo las condiciones de abasto de agua serán una restricción para que se logren estos valores acelerando la velocidad de abatimiento del acuífero. Por ello, la implementación de la Política de “Eliminación de la Producción Agrícola de Pequeña Irrigación y Perenes para Usar el agua de irrigación como urbana” produce los siguientes resultados:

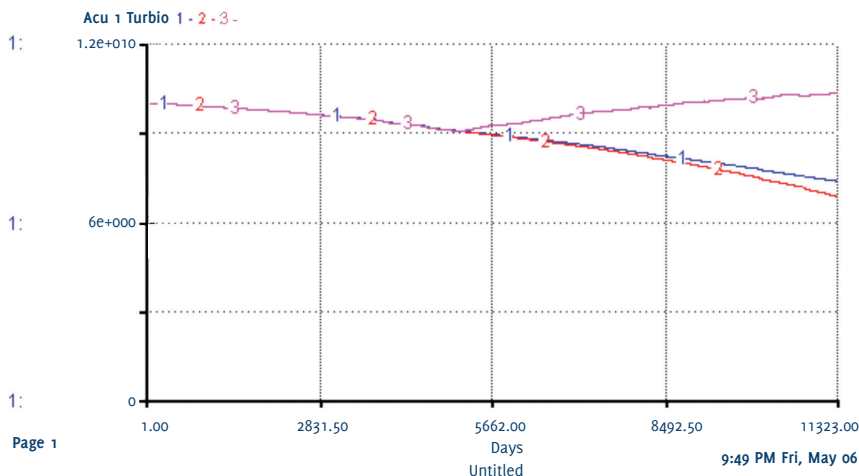


Figura 22. Escenario del volumen del acuífero de la Cuenca del Turbio- Palote sin (azul), con (rojo) cambio climático y con implementación de política “Eliminación de la Producción Agrícola de Pequeña Irrigación y Perenes para Usar el agua de irrigación como urbana” (magenta), generado por el MAUA- Clima con la colaboración del Dr. Juan Manuel Huerta Tolis, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.

En la gráfica de la Figura 22 se observa a partir del día 5111 (1 de noviembre del 2013, día en que se implementa la política) un incremento en el volumen del acuífero de la Cuenca Turbio- Palote que para el 2030 supera los 10,000 millones de metros cúbicos.

En cuanto a la Cuenca del Río Guanajuato se refiere tenemos es siguiente escenario mostrado en la figura 23,

la cual muestra que la política implementada también funciona eficazmente para la cuenca Guanajuato. Este acuífero no se recupera como el Turbio-Palote, pero la pendiente positiva del volumen muestra una continua recuperación. Como tanto las dos cuencas muestran gradientes positivos al fin de la simulación en el 2030 es de espera la “sustentabilidad” de las mismas en un plazo de tiempo todavía mayor.

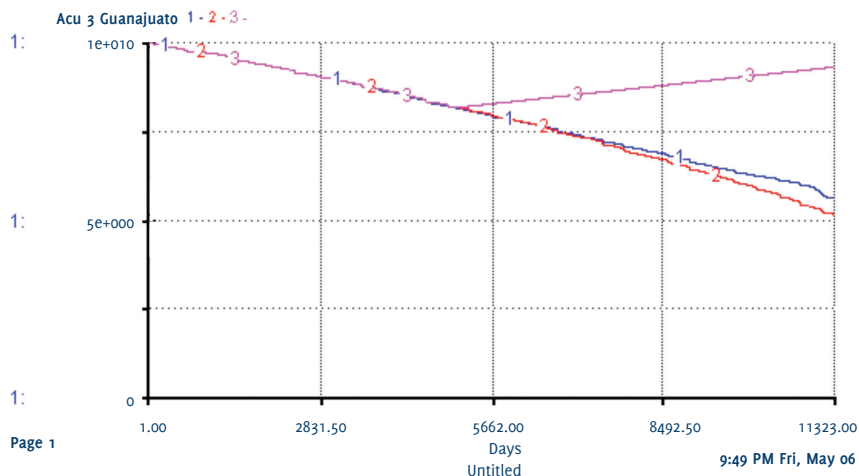


Figura 23. Escenario del volumen del acuífero de la Cuenca del Río Guanajuato sin (azul), con (rojo) cambio climático y con implementación de política "Eliminación de la Producción Agrícola de Pequeña Irrigación y Perenes para Usar el agua de irrigación como urbana" (magenta), generado por el MAUA- Clima con la colaboración del Dr. Juan Manuel Huerta Tolis, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.

Junto con la sustentabilidad de los acuíferos el escenario probado alrededor de la Eliminación de la Producción Agrícola en las cuencas estudiadas, el crecimiento de las actividades productivas destacadas más el resto de estas actividades en las cuencas (menos agricultura que a partir del día 5111 deja de funcionar) con respecto al crecimiento de estas cuencas con las tasa del periodo 2003-2006 se producen incrementos en el Valor Total de la Producción de 2.55% en la Turbio Palote y 4.28% Guanajuato y del Empleo de 7.12% Turbio Palote y de 7.84% Guanajuato.

Claro está que la conversión del uso del agua a uno diferente tiene un costo en empleo y valor de la producción agrícola en estas dos cuencas. En el caso de la cuenca Turbio-Palote se pierden en el horizonte de simulación 381,693 jornales equivalentes a 12,313 empleos anualmente. En el caso de la cuenca Guanajuato se pierden 534,908 jornales totales equivalentes a 17,255 empleos anuales.

Conclusiones de Caso de Estudio

Las cuencas Turbio-Palote y Guanajuato sin cambio en las políticas vigentes de manejo de recursos hídricos muestran la continua disminución de los volúmenes almacenados en sus acuíferos a lo largo del horizonte de simulación. De aquí es fácil pasar a la inexorable conclusión de que ambos acuíferos están cercanos a acabarse. Si esto ocurriera, la actividad agrícola pero también la industrial, que incluye al Corredor Automotriz, cesarían en ambas cuencas con drásticas consecuencias humanas, económicas y políticas para la Entidad. Los habitantes y trabajadores de estas cuencas se verían obligados a migrar hacia otras cuencas al interior de Guanajuato o fuera de dicha entidad, creándose una situación de caos al perderse también las instalaciones fabriles de la industria y el sector agrícola de la región.

Las medidas por parte de CONAGUA y el gobierno de Guanajuato que están en proceso de instrumentarse para incrementar el abasto del agua, se enfocan solo a



incrementar el abasto en la cuenca Turbio-Palote donde el agua de superficie de la Presa Zapotillo, vendrá a incrementar el caudal de agua urbana en la región de León. Sin embargo, bajo las condiciones de cambio climático en conjunto con los planes de desarrollo económico y de desarrollo urbano mediante la creación de zonas metropolitanas, el agua proveniente del Zapotillo no sería suficiente para satisfacer también las demandas de la cuenca Guanajuato.

Con la política “Eliminar la Producción Agrícola de Ambas Cuencas en las Modalidades de Pequeña Irrigación (no se toca la producción agrícola del DRO11 en la Purísima) y Perennes” probada con MAUA/Clima queda en evidencia sus bondades a saber:

1. Esta política resuelve la vulnerabilidad de largo plazo más importante para las dos cuencas estudiadas: garantizar el abasto suficiente de agua en ellas.
2. Los volúmenes de los acuíferos de ambas cuencas, usados como medidas de desempeño de la política probada en la simulación, se recuperan en el horizonte 2011-2030, lo cual indica la sustentabilidad de las dos cuencas en dicho periodo. Y, como las trayectorias de los volúmenes muestran gradientes positivos al fin del periodo, la sustentabilidad se deberá de mantener más allá del 2030.
3. La sustentabilidad se logra utilizando los recursos hídricos propios de cada una de las cuencas, los cuales están sujetos a las variaciones producidas por el cambio climático.
4. El cambio de uso de agua agrícola a urbano-industrial comenzaría de inmediato en la fecha en que se iniciara la implementación de la política (para el caso presentado se escogió el 1 de noviembre del 2013, pero puede comenzar antes o después). Las obras hidráulicas requeridas para el cambio de uso, dadas las distancias dentro de una cuenca, deberán ser de bajo costo.

La desventaja de la política es la reducción de la producción agrícola que conlleva la pérdida de alrededor de 30,000 empleos anuales para ambas cuencas. Para remediarlo habría que implementar políticas de: (1) capacitación del personal desempleo para ser absorbido por otras actividades productivas en la cuenca y (2) reubicación de parte del personal a otras cuencas u otros estados donde puedan continuar trabajando en el campo.

También habría que implementar políticas de indemnización para los productores agrícolas cuyas tierras cambiarían de uso. En algunas áreas de las cuencas estudiadas es factible pensar en la producción agrícola de temporal tecnificado para disminuir el volumen de producción agrícola perdido. O bien, también se pueden implementar acciones alternativas de uso de tecnología de riego, cultivos alternativos de bajo consumo de agua o el uso del agua residual tratada para exclusivamente riego de cultivos, todas en conjunto tendrían que permitir alcanzar los niveles de reducción de uso del agua para la agricultura y que puedan obtenerse los beneficios determinados en los escenarios mencionados.

En síntesis, utilizando el 85% del agua disponible en las cuencas estudiadas es muy difícil “sustentabilizarlas” sin utilizar agua agrícola para lograrlo. El trasvase de agua del Zapotillo o de Solís al área estudiada implica también reducciones en la superficie sembrada y desempleo en otro estado -Jalisco- o, en el propio Guanajuato, esto sin mencionar el impacto al medioambiente que se generará en las Cuencas donde pertenecen tales presas. Además cabe resaltar que tanto la Cuenca del Lerma como del Río Verde están en el mismo riesgo por el cambio climático de reducción de caudales que impactaría negativamente a la supervivencia de las mismas, y por ende de las comunidades aledañas actualmente beneficiadas por el uso del agua de tales cuencas.





Conclusiones de Estudio de Vulnerabilidad

Los resultados obtenidos a partir del análisis climatológico y de los impactos históricos, así como del desarrollo de escenarios de cambio climático se mencionan a continuación de manera resumida.

- Los registros de lluvia de los últimos 50 años mostraron una tendencia hacia una disminución importante en la cantidad de lluvia en la zona norte del estado de Guanajuato que tiende a expandirse hacia la zona del Bajío. Este efecto se agudizó en los últimos 10 años.
- En la década de los años 80 se presentó una disminución importante en la cantidad de lluvia en el Estado, con mayor efecto en la zona norte en especial en San Felipe, Dolores Hidalgo, San Diego de la Unión, San Luís de la Paz, Doctor Mora, San José de Iturbide, y la zona sur de Victoria.
- Durante los últimos 10 años se detectó una tendencia hacia el aumento en la intensidad de lluvia, además de que el número de días sin lluvia es más alto cada vez.
- Existen dos patrones de distribución de lluvia. Uno de ellos se caracteriza por volúmenes abundantes de lluvia concentrados en los meses de junio, julio y agosto, donde suelen aparecer lluvias más intensas. El otro patrón corresponde a una distribución más amplia, de tal manera que esta se reparte entre mayo y octubre con lluvias menos intensas.
- Se han presentado eventos atípicos de lluvia recientes caracterizados por haberse presentado precipitaciones abundantes en meses relativamente secos.
- En la década de los años 80 se presentó un ligero calentamiento en los extremos oriental y occidental del Bajío guanajuatense, alcanzando en pequeñas regiones un 10% de aumento con respecto al promedio.
- La zona noroeste del Estado presentó un ligero enfriamiento.
- La tendencia de calentamiento se preservó hacia la década de los 1990's. Este comportamiento está asociado directamente con la tendencia hacia una disminución de lluvia en esa misma región.
- En la zona sur del Estado y hacia el occidente se detectó una tendencia al aumento de la temperatura que coincide con lo que se ha detectado a nivel global en el parámetro de 0.6° a 1° centígrados.
- El análisis de extremos para los últimos 10 años da clara evidencia de la tendencia hacia el incremento en las temperaturas máximas y una disminución en las temperaturas mínimas.
- Se construyeron las series sintéticas para la

modelación con MAUA con un periodo de 1999 a 2030, tanto series de variabilidad normal como series afectadas por cambio climático.

- Drásticos resultados de disminución de precipitación para las siguientes décadas.
- Se identificaron zonas de importantes calentamientos en los grandes centros urbanos de Guanajuato y enfriamientos en las zonas menos pobladas.
- Las cuencas con mayor vulnerabilidad en Guanajuato ante los efectos de un cambio en los patrones de lluvia y temperatura son Laja-Peñuelitas y Laja-Allende, en menor medida la Cuenca de Turbio-Palote. Esto indica que los municipios con mayor vulnerabilidad son Dolores Hidalgo, San Diego de la Unión, San Felipe, San Miguel de Allende, Comonfort, Celaya y parte de Juventino Rosas, en menor medida Purísima del Rincón, San Francisco del Rincón, León y parte de Silao.
- Las propuestas de acciones simuladas en el MAUA-Clima sugieren que se modifiquen los paradigmas de desarrollo de las regiones mencionadas, con ello se logrará la sustentabilidad del estado y de la propia Cuenca del Río Lerma, el cual se encuentra en una situación crítica que bajo las condiciones de cambio climático aceleran el suceso de la presión por el abasto de agua en el estado.
- Las acciones planteadas para asegurar el abasto de

agua mediante el trasvase de agua de otras cuencas externas al estado puede ser una solución inmediata, pero que a largo plazo no asegura la sustentabilidad del estado y lo coloca en una posición de mayor vulnerabilidad por la suma de las cuencas externas de donde proviene el agua bajo las condiciones de cambio climático.

Por todo lo anterior, el desarrollo del estado de Guanajuato se encuentra en una posición delicada por la restricción del abasto del agua que se exacerbará por efecto del cambio climático, por lo que es conveniente una revisión exhaustiva de las políticas de desarrollo en todo el estado, para definir estrategias que permitan la sustentabilidad del estado a futuro.

Los eventos climáticos extremos ya están en marcha, con serias afectaciones para los sectores productivos y de la población en general. Por efecto del cambio climático el deterioro ambiental puede ser irreversible con serias consecuencias para todos los guanajuatenses, y cuyos impactos podrían trascender a todo el país. Por ello, es menester que el tema ambiental y sustentabilidad sean un elemento clave para el desarrollo económico y social del estado, de lo contrario la pérdida será mayor a futuro con impactos muy serios no solo para el estado sino para la región y, más allá, para el país.



Bibliografía

- Atlas de Riesgos del Estado de Guanajuato, Fenómeno Hidrometeorológico, Afectaciones 2008. Dirección de Protección Civil, Secretaría de Seguridad Pública del Estado de Guanajuato.
- Barrow, E., (2001), The availability, characteristics and use of climate change scenario workshop, PARC, Regina, Canada.
- Benassouli (Paul), Monti (Régine), 1995, « La planificación de escenarios futuros », Futuribles, n°203, noviembre 1996, Francia
- Berger (Gaston), 1959, La Actitud Prospectiva « L'attitude prospective », La Enciclopedia Francesa, tomo XX, Société nouvelle de l'Encyclopédie française.
- Cambio Climático 2007 Impacto, Adaptación y Vulnerabilidad Contribución del Grupo de Trabajo II al Cuarto Informe de Evaluación del IPCC(978 0521 88010-7 Libro encuadernado.
- Castillo, Velazco et al. Distribución geográfica del alacranismo en el Estado de Guanajuato. Universidad de Guanajuato, Acta Universitaria Volumen 17, No. 2 Mayo Agosto del 2007.
- Cheng, K., Wei, C., Cheng, Y., Yeh H. (2003) Effect of spatial variation characteristics on contouring of design storm depth, Hydrological processes, vol. 17, p. 1755-1769.
- Datos climatológicos del sistema CLICOM del Servicio Meteorológico Nacional de CONAGUA.
- Datos del MCG PCM obtenidos del DDC-IPCC, Disponible en línea en: www.ipcc-data.org/cgi-bin/ddc_nav/dataset=ar4_gcm?%23*mGIEH=NASA%3AGISSEH&%3DModel=NCCCSM&zEns=1&%3Ddispl ay_mode=xy, y procesados por Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.
- Datos meteorológicos de la estación automática con transmisión satelital del Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato.
- Datos meteorológicos de la red agroclimática de la Fundación Guanajuato Produce.
- Diagnóstico del Sector Agua Potable y Saneamiento del Estado de Guanajuato 2008, Comisión Estatal del Agua de Guanajuato.
- Estrategia de Cambio Climático para Áreas Protegidas ECCAP, Semarnat, Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas CONANP, 2010. México.
- Feyen, L., Dankers, R., (2005), Development and testing of methods to assess the impact of climate change on flood and drought hazards at the European scale, Joint Research Centre European Commission, Institute for Environment and Sustainability, pg 1-34
- Gay García Carlos (Compilador) (2000). México: una visión hacia el siglo XXI. El cambio climático en México. Instituto Nacional de Ecología, Universidad Nacional Autónoma de México, US Country Studies Program. México, 220 p. ISBN 968-36-7562-X
- Hacia una Estrategia Estatal de Cambio Climático”, Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato 2008. 81 páginas.
- INE, (2007), Pronóstico climático estacional regionalizado para la República Mexicana como elemento para la reducción de riesgo y para la identificación de opciones de adaptación al cambio climático y para la alimentación del Sistema: Cambio Climático por Estado y por Sector. Estudio

desarrollado por: Magaña V. y E. Caetano, del Centro de Ciencias de la Atmósfera, UNAM, para el Instituto Nacional de Ecología. 41 p

- IOM (Institute of Medicine). 2008. Global Climate Change and Extreme Weather Events: Understanding the Contributions to Infectious Disease Emergence. Washington, DC: The National Academies Press.
- IPCC WG 1(1996), IPCC Working Group I SAR, The Science of Climate Change. Disponible en:http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_and_data_reports.shtml
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- IPCC, 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 pp.
- Los mapas se elaboraron con los paquetes ArcView y Surfer.
- Monitor de Sequía de América del Norte 2005- 2010, NOAA- NCDC, CONAGUA-SMN, Canada Environment and Agricultura.
- Plan de Contingencias 2009 Temporada de Lluvias, Dirección de Protección Civil, Secretaría de Seguridad Pública del Estado de Guanajuato.
- Programa Estatal Hidráulico de Guanajuato 2006-2030, Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG), 2006, México.
- Reichler, T., and J. Kim (2008): How Well do Coupled

Models Simulate Today's Climate? Bull. Amer. Meteor. Soc, 89, 303-311.

- SRES (2001), Special report on emissions scenarios, Intergovernmental panel on climate change. Disponible en línea en: www.grida.no/publications/other/ipcc_sr/?src=/climate/ipcc/emission/
- TAR (2001), IPCC Third Assessment Report- Climate Change, Intergovernmental panel on climate change. Disponible en línea en: www.grida.no/publications/other/ipcc_tar
- Trenberth, K (2003).; Dai, A and others, "The Changing Character of Precipitation," American Meteorological Society, September 2003.



Índice de Figuras

- Figura 1** Enfoque metodológico para Guanajuato, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.
- Figura 2** Niveles de estudio para la modelación con MAUA, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.
- Figura 3** Submodelos de MAUA. Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.
- Figura 4** Mapa de Subcuencas del Río Lerma seleccionadas para complementar las series Base MAUA. Con información de la Comisión Estatal del Agua de Guanajuato (CEAG), Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010
- Figura 5** Lluvia promedio anual en el estado de Guanajuato correspondiente al periodo 1950-2005, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.
- Figura 6** Zonas Vulnerables a Inundaciones según Atlas de Riesgos del Estado de Guanajuato: Fenómenos Hidrometeorológicos, Coordinación Ejecutiva de Protección Civil de la Secretaría de Seguridad Pública del Gobierno del Estado de Guanajuato, 2010
- Figura 7** Comportamiento Estatal de la Morbilidad de los años 1984 al 2008. Datos de la Dirección General de Epidemiología de la Secretaría de Salud, con análisis del Centro de Ciencias Atmosféricas y de la Dirección de Planeación y Política Ambiental del Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, 2010.
- Figura 8** Zonas de mayor índice de picaduras de alacrán por cada 100,000 habitantes, con datos de Castillo, Velazco et al. Distribución geográfica del alacranismo en el Estado de Guanajuato. Universidad de Guanajuato, Acta Universitaria Volumen 17, No. 2 Mayo Agosto del 2007
- Figura 9** Tendencia de los acuíferos del estado de Guanajuato al 2030 sin considerar el cambio climático como escenario base, con información y datos de la CEAG del Plan Estatal Hidráulico 2006-2030, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010
- Figura 10** Regionalización en base a la tendencia de los acuíferos del estado de Guanajuato al 2030 sin considerar el cambio climático como escenario base, con información y datos de la CEAG del Plan Estatal Hidráulico 2006-2030, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010
- Figura 11** Reducción del volumen de agua subterránea disponible al 2030 bajo escenarios de cambio climático en el estado de Guanajuato. Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.
- Figura 12** Disminución en la producción agrícola al 2030 bajo escenarios de cambio climático en el estado de Guanajuato. Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010
- Figura 13** Incremento de la demanda de agua potable al 2030 bajo escenarios de cambio climático en el estado de Guanajuato. Centro de Ciencias

Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.

Figura 14 Incremento en el volumen de agua (superficial y subterránea) utilizado para fines agrícolas al 2030 bajo escenarios de cambio climático en el estado de Guanajuato. Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.

Figura 15 Escenario del volumen de la Presa Solís sin y con cambio climático, generado por el MAUA- Clima con la colaboración del Dr. Juan Manuel Huerta Tolis, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.

Figura 16 Escenario de la superficie sembrada acorde al volumen de la Presa Solís bajo condiciones de cambio climático, generado por el MAUA- Clima con la colaboración del Dr. Juan Manuel Huerta Tolis, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010

Figura 17 Escenario de la superficie sembrada acorde al volumen de la Presa Solís bajo condiciones de cambio climático y con menor superficie sembrada, generado por el MAUA- Clima con la colaboración del Dr. Juan Manuel Huerta Tolis, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010

Figura 18 Escenario del volumen de la Presa Solís en condiciones actuales, bajo condiciones de cambio climático y con menor superficie sembrada, generado por el MAUA- Clima con la colaboración del Dr. Juan Manuel Huerta Tolis, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.

Figura 19 Escenario del volumen del acuífero de la Cuenca Turbio- Palote sin y con cambio climático, generado por el MAUA- Clima con la colaboración del Dr. Juan Manuel Huerta

Tolis, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.

Figura 20 Escenario del volumen del acuífero de la Cuenca del Río Guanajuato sin y con cambio climático, generado por el MAUA- Clima con la colaboración del Dr. Juan Manuel Huerta Tolis, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.

Figura 21 Escenario del Valor de la Producción Automortiz con tasa de crecimiento original y con la nueva tasa de crecimiento estimada conforme a las proyecciones económicas actuales, generado por el MAUA- Clima con la colaboración del Dr. Juan Manuel Huerta Tolis, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010

Figura 22 Escenario del volumen del acuífero de la Cuenca del Turbio- Palote sin, con cambio climático y con implementación de política “Eliminación de la Producción Agrícola de Pequeña Irrigación y Perenes para Usar el agua de irrigación como urbana”, generado por el MAUA- Clima con la colaboración del Dr. Juan Manuel Huerta Tolis, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010

Figura 23 Escenario del volumen del acuífero de la Cuenca del Río Guanajuato sin, con cambio climático y con implementación de política “Eliminación de la Producción Agrícola de Pequeña Irrigación y Perenes para Usar el agua de irrigación como urbana”, generado por el MAUA- Clima con la colaboración del Dr. Juan Manuel Huerta Tolis, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato, 2010.



Índice de Tablas

Tabla 1 Fenómenos hidrometeorológicos que han ocasionado afectaciones en el estado. Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato (CCAUG), 2010.

Tabla 2 Eventos debido a fenómenos climáticos que han ocasionado desastres en el estado. Datos tomados del Atlas de Riesgos de la Coordinación Ejecutiva de Protección Civil del Estado de Guanajuato. (<http://proteccioncivil.guanajuato.gob.mx/atlas/hidrometeorologico.php>), con análisis y resumen del Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato y la Dirección de Planeación y Política Ambiental del Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato 2010.

Tabla 3 Frecuencia de granizadas en Guanajuato, Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato (CCAUG), 2010.

Tabla 4 Zonas de mayor vulnerabilidad al cambio climático en el estado de Guanajuato y con necesidad de atención prioritaria. Centro de Ciencias Atmosféricas de la Universidad de Guanajuato y Dirección de Planeación y Política Ambiental del Instituto de Ecología del Estado de Guanajuato, 2010.



**Diagnóstico Climatológico y Prospectiva sobre Vulnerabilidad
al Cambio Climático del Estado de Guanajuato**

Se terminó de digitalizar e imprimir en

Extendrix

www.extendrix.com

En el mes de Octubre de 2011.

León, Guanajuato, México.

Tiro: 1,000 ejemplares

Este diseño editorial e impresión del Diagnóstico Climatológico y prospectiva sobre Vulnerabilidad al Cambio Climático en el Estado de Guanajuato, fue cubierto con recursos del Fondo para el Mejoramiento y Descentralización Ambiental del Estado de Guanajuato (FOAM).



Papel 100% Reciclado



**Instituto
de Ecología**