

EVALUACIÓN DEL EFECTO DE CAMBIO CLIMÁTICO EN LA GESTIÓN DE SISTEMAS DE RECURSOS HÍDRICOS

Hernández Bedolla, Joel¹; Sánchez Quispe, Sonia Tatiana²; Domínguez Sánchez, Constantino² y Lara Ledesma, Benjamín²

Resumen: La gestión de los recursos hídricos con el apoyo de herramientas informáticas como los sistemas de apoyo a la decisión, es necesaria hoy en día para una toma de decisión rápida y eficiente, la mejor decisión es el resultado de evaluar diferentes escenarios de decisión y seleccionar la más adecuada. En la actualidad, durante la gestión de recursos hídricos es necesario considerar el efecto del Cambio Climático, el aumento o disminución de la precipitación y temperatura afectaran a las demandas y por consecuencia a los suministros de las mismas. En este artículo se demuestra la utilidad de una herramienta informática como AQUATOOL SIMGES en la gestión de recursos hídricos, así como la importancia de incluir en el análisis el efecto del cambio climático en los diferentes escenarios de análisis.

Palabras clave: recursos hídricos, cambio climático

Abstract: The water resources management with tools, like decision support systems is needed today for a quick and efficient decision-making, the best decision is the result of evaluating different scenarios of decision and choose the most appropriate. Actually, during the management of water resources is necessary to consider the effect of climate change, increased or decreased precipitation and temperature affect claims and therefore supplies them. This article demonstrates the usefulness of a computer tool like AQUATOOL SIMGES in water resources management, as well as the importance of including analysis of the effect of climate change in different scenarios analysis.

Keywords: water resources, climate change

¹ Tesista de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México

² Profesor-Investigador de la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia, México

Introducción

El Cambio Climático como consecuencia del efecto invernadero de la superficie de la tierra, ha ido aumentando. Como resultado de este cambio climático para México se proyectan aumentos de la temperatura y disminución de las precipitaciones anuales. Los cambios de la temperatura causan incrementos en la evapotranspiración. Los cambios en la precipitación afectan en tiempo y magnitud las inundaciones y sequías, así como en el régimen del escurrimiento.

El cambio climático afecta a las demandas y el suministro del agua, que a su vez tiene influencia en los componentes de un sistema de recursos hídricos, incluyendo la operación de embalses. Las cuencas desarrolladas (cuencas que incluyen embalses, canales de riego, entre otros) han sido diseñadas con unas condiciones hidrológicas, si estas condiciones cambian la infraestructura desarrollada puede resultar inadecuada, así como las reglas de operación de las mismas. Por tanto el reto actual es incorporar la incertidumbre del cambio climático en la planeación y operación de un sistema de recursos hídricos.

En el presente trabajo se pretende evaluar el efecto del cambio climático en el suministro de agua a las demandas de un sistema de recursos hídricos, como la cuenca del río Grande de Morelia.

Materiales y Métodos

Para evaluar el efecto de cambio climático en la gestión de los recursos hídricos, se requiere tener calibrado y validado el sistema de recursos hídricos en un sistema de apoyo a la decisión, en nuestro caso se evaluara el sistema del río Grande de Morelia, con el apoyo del Sistema de Apoyo a la Decisión AQUATOOL. Por otro lado se requiere conocer los posibles escenarios climáticos y su efecto en las entradas al sistema, esto es demandas, gastos, evaporaciones.

SISTEMA DE APOYO A LA DECISIÓN AQUATOOL/SIMGES

Los sistemas de apoyo a la decisión han surgido como herramienta de diseño para ayudar a contestar preguntas específicas facilitando el empleo de los modelos de simulación y optimización para la gestión de los recursos hídricos.

AQUATOOL (sistema de apoyo a la decisión para la gestión de cuencas complejas) ha sido desarrollado por el departamento de Hidráulica y Medio Ambiente de la Universidad Politécnica de Valencia que nos permite crear los esquemas de simulación para la cuenca en estudio, así como visualizar las reglas de operación del mismo.

AQUATOOL cuenta con el módulo SIMGES (simulación de gestión) que es el que permite hacer la gestión del sistema y permite evaluar múltiples elementos. El suministro de agua en la cuenca se evalúa con los índices de garantías y fallos de que se producen en las demandas urbanas, agrícolas, industriales, entre otras. De esta manera se pueden conocer las repercusiones futuras que tendría la disminución de recursos hídricos para el sistema de explotación. Para realizar las simulaciones se utilizan las series de aportaciones o gastos para condiciones, actuales y futuras

con cambio climático; también se requiere las demandas actuales y futuras, las evaporaciones de los almacenamientos actuales y futuros.

CUENCA DEL RÍO GRANDE DE MORELIA

La zona de estudio se localiza en la porción centro-norte del estado de Michoacán, entre los paralelos 19°35' y 20°05' de latitud norte y los meridianos 100°45' y 101°25' de longitud oeste. Comprende un área de 1487 km² aproximadamente, ver Figura 1.

Las elevaciones topográficas que se observan en la zona varían de 1920 msnm, en la porción centro-norte (el lago de Cuitzeo y el poblado Álvaro Obregón) hasta de 2500 msnm en los cerros llamados los cuantes que se ubican en la parte occidental de la región. La altitud media del valle es aproximadamente de 2200 msnm.

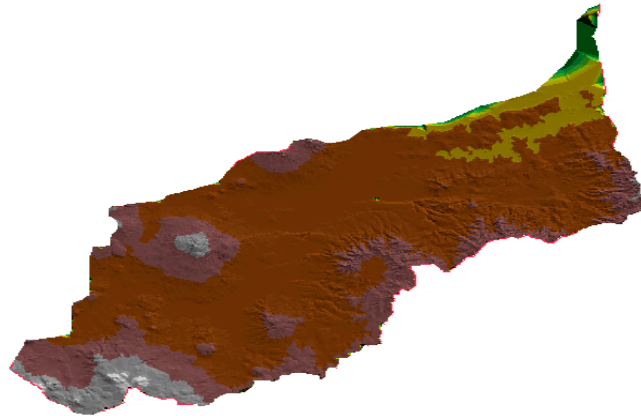


Figura 1. Cuenca del río Grande de Morelia

CALIBRACIÓN DEL MODELO DE SIMULACIÓN PARA EL RÍO GRANDE DE MORELIA

Se realiza un esquema de simulación (Figura 2) con los embalses, conducciones, aportaciones y demandas las que se presentan para la cuenca del río Grande de Morelia [1]. En la Tabla 1 se presenta las demandas actuales.

Luego de elaborado el esquema de simulación se procede a la calibración, evaluándose si los almacenamientos históricos corresponden a los simulados.



Figura 2. Esquema de simulación para la cuenca del río Grande de Morelia

Tabla 1. Demanda actual en Hm³

Mes	Urbana	M-1	M-2
Octubre	4.33	0.00	0.00
Noviembre	4.30	0.95	0.02
Diciembre	4.38	1.05	0.38
Enero	4.38	0.89	0.25
Febrero	4.23	0.90	0.39
Marzo	4.41	1.48	1.01
Abril	4.38	2.37	1.77
Mayo	4.39	1.42	0.91
Junio	4.31	0.00	0.00
Julio	4.28	0.00	0.00
Agosto	4.28	0.00	0.00
Septiembre	4.22	0.00	0.00

INFORMACIÓN DE ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

En 1988 se estableció el Plantel intergubernamental de cambio climático (IPCC) de la Organización de Naciones Unidas, que define el cambio climático como “El cambio del clima atribuido directa o indirectamente a actividades humanas que alteran la composición de la

atmosfera mundial, y que viene a añadirse a la variabilidad natural del clima observada durante periodos de tiempo comparables. El Plantel intergubernamental de cambio climático (IPCC) proporciona escenarios de cambio climático a nivel mundial en cuatro familias. La familia de los escenarios A1 (globalización tecnológica energética), A2 (autosuficiencia tecnológica), B1 (globalización sostenible) y B2 (autosuficiencia sostenible).

Para el estado de Michoacán, la referencia [2] indica para el Escenario A2, año 2050 una precipitación total de menos 8% (Figura 3). La referencia [3] indica que la temperatura media anual varía entre +1 y +2.5%, (Figura 4).

De acuerdo a lo anterior, en el presente trabajo se presentan propuestas del efecto del cambio climático en la temperatura de + 2% y la precipitación de -8%. Se proponen dos escenarios para el año 2050 considerando mínimos efectos del cambio climático (escenario 1) y máximos efectos del cambio climático (escenario 2). También se proponen los cambios para las demandas, aportaciones y evapotranspiraciones resultado de un análisis comparativo con otras cuencas en las que se tienen implementados modelos lluvia escurrimiento, modelos de demandas, entre otros (Tabla 2). El escenario 0 corresponde a la situación actual de las demandas.

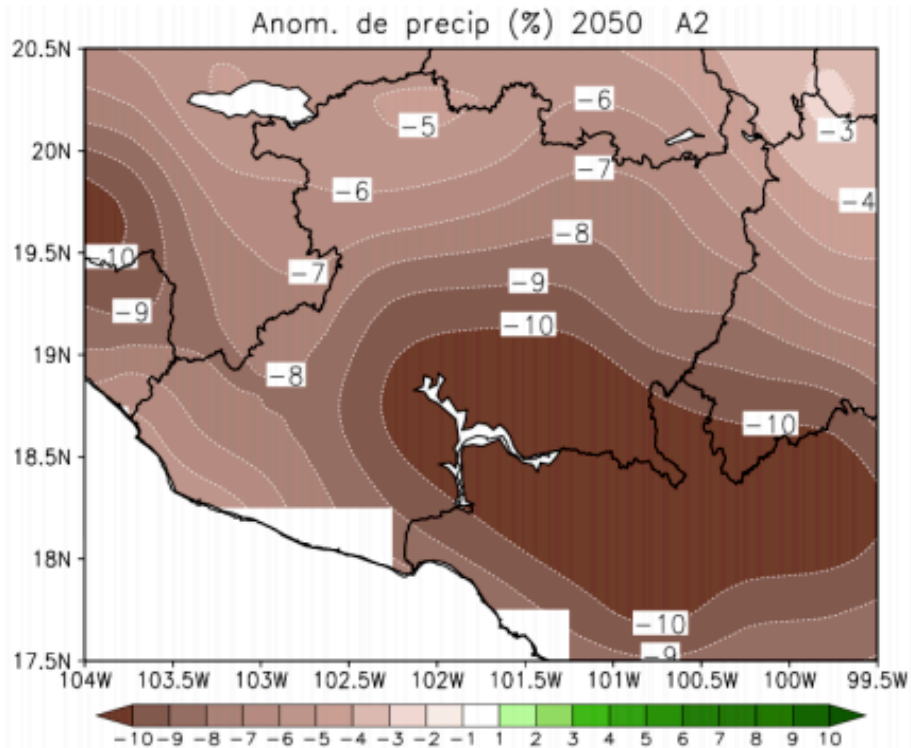


Figura 3. Precipitación media anual para el estado de Michoacán para el año 2050

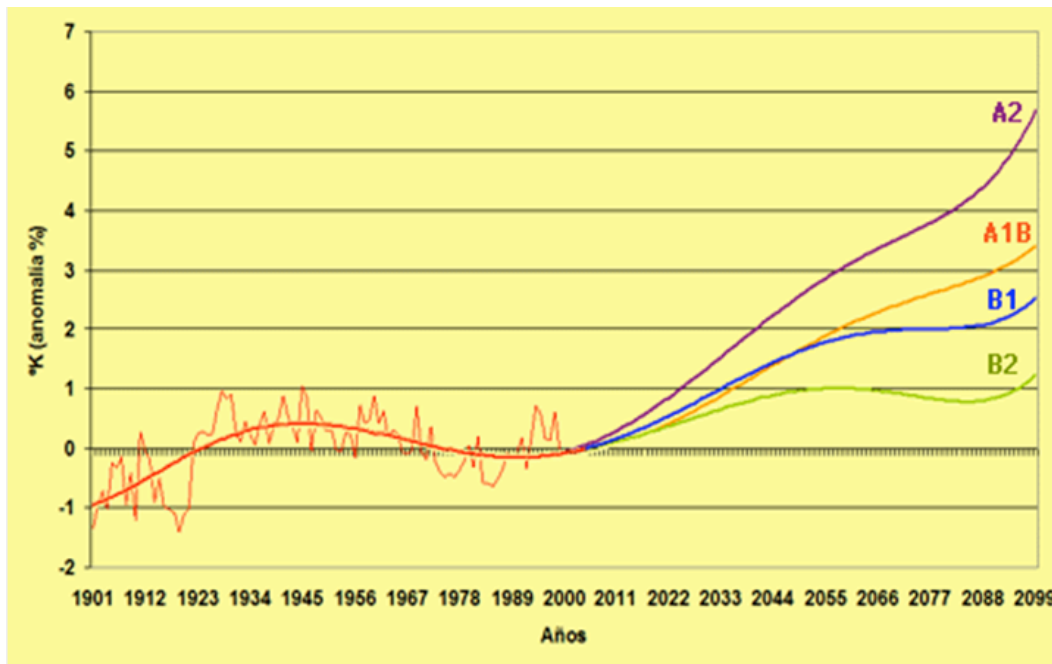


Figura 4. Temperatura media anual para el estado de Michoacán para el año 2050

Demanda urbana: la referencia [5] señala que para el estado de Michoacán, se tiene un análisis de población con incremento a la demanda desde 1950 hasta 2010, permitiendo proyectar al año 2050, observándose que se tendrá un incremento del 15% para el escenario 1 y 30% para el escenario 2.

Tabla 2. Variación en las demandas agrícolas

Demanda	E-0 (%)	E-1 (%)	E-2 (%)
Aportación	0	-8	-15
Evapotranspiración	0	3	6
Agrícola	0	7	15
Urbana	0	15	30

SIMULACIÓN DE LA GESTIÓN PARA LOS DOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

La simulación de la gestión de recursos hídricos para la cuenca del río grande de Morelia se hace en base al esquema de simulación (Figura 3) para los tres escenarios (actual, 1 y 2) con sus respectivos cambios en las demandas y aportaciones. Una vez realizadas las simulaciones para las nuevas condiciones climáticas se observara si se cumplen las garantías de suministro a las demandas.

Análisis de resultados de garantías

CRITERIOS DE EVALUACIÓN DE GARANTÍAS

Criterio UTAH: el criterio utilizado para el análisis de las garantías UTAH del Department of Water Resources (US Bureau of Reclamation, 1990), se sintetiza de la siguiente forma:

- . El déficit en un año no puede exceder el 50% de la demanda actual;
- . El déficit de dos años consecutivos no puede exceder el 75% de la demanda anual; y,
- . El déficit de 10 años consecutivo no puede exceder el 100% de la demanda anual.

Criterio de garantías volumétricas: este criterio nos representa el % de volumen que se está entregando respecto al demandado considerando crítico menor del 60%.

Criterio de garantía mensual: este criterio nos representa el % garantía mes con mes donde se entrega la totalidad del agua demandada. No menor de 85%.

Criterio de garantía anual: este criterio nos representa el % garantía año con año donde se entrega la totalidad del agua demandada. No menor de 70%.

Resultados criterio UTAH

Las garantías para un año (Tabla 3) dos años (Tabla 4) y diez años (Tabla 5) en los diferentes escenarios se presentan a continuación.

El déficit en un año para la situación actual es aceptable aunque en el módulo 1 vemos que el déficit se encuentra cercano al 50%. En caso de los escenarios 1 y 2 se comienzan a tener atención en estas áreas. El máximo déficit es de 66.90%.

Tabla 3. Resultados de la variación del déficit, criterio UTAH 1 año

Demanda	E-0 (%)	E-1 (%)	E-2 (%)
Urbana	5.46	20.87	30.66
Módulo 1	44.50	64.00	66.90
Módulo 2	0.00	4.91	11.32

El déficit en dos años para los tres escenarios indica que en el módulo 1 se tienen problemas críticos por lo tanto prestar atención de riesgo para esta zona. El déficit máximo alcanza el 103.4%.

El déficit aumenta debido al incremento en las demandas y la reducción en las aportaciones o gastos, esto se presentara en todos los casos siguientes.

Tabla 4. Resultados de la variación del déficit, criterio UTAH 2 años

Demanda	E-0 (%)	E-1 (%)	E-2 (%)
Urbana	8.815	35.55	50.66
Módulo 1	100	100.9	103.4
Módulo 2	0.00	9.82	22.52

El déficit en diez años los tres escenarios vemos que se presentan problemas. Para el módulo 1 tenemos problema de déficit en el escenario 0 y obviamente para los escenarios 1 y 2. Para la demanda urbana tenemos problemas de déficit en los escenarios 1 y 2. Con respecto al módulo 2 se tendrán problema en el escenario 2.

Tabla 5. Resultados de la variación del déficit, criterio UTAH 10 años

Demanda	E-0 (%)	E-1 (%)	E-2 (%)
Urbana	24.28	156.0	259.9
Módulo 1	297.7	380.9	454.7
Módulo 2	0	49.12	112.6

RESULTADOS CRITERIO DE GARANTÍA MENSUAL

LAS GARANTÍAS DE SUMINISTRO DE AGUA COMIENZAN A EVIDENCIAR EL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO A PARTIR DEL ESCENARIO 1 Y 2, DONDE SE PRESENTAN GARANTÍAS DESDE EL 78.4% HASTA EL 41.67% QUE ES LA CONDICIÓN MÁS CRÍTICA. VER TABLA 6.

Tabla 6. Resultados de la variación de las garantías mensuales

Demanda	E-0 (%)	E-1 (%)	E-2 (%)
Urbana	88.95	78.4	66
Módulo 1	95.75	80.1	70.58
Módulo 2	100	58.33	41.67

Las garantías anuales en donde deben ser preferentemente mayores del 70% se tienen problemas en los escenarios 1 y 2 donde tenemos problemas de demanda urbana y módulo 1 y donde las garantías oscilan entre el 51 y el 68%. Ver Tabla 7.

Tabla 7. Resultados de la variación de las garantías anuales

Demanda	E-0 (%)	E-1 (%)	E-2 (%)
Urbana	85.71	68.12	57.89
Módulo 1	71.43	63.27	51.10
Módulo 2	100	100	100

RESULTADOS CRITERIO DE GARANTÍA VOLUMÉTRICA

En las garantías volumétricas que son las que nos dicen cuánta agua en realidad se está entregando respecto a la que se está solicitando, se tiene que no se llega a las condiciones críticas (menor del 60%) para poder tener problemas graves de suministro de agua. El valor mínimo se encuentra en la demanda urbana con un valor del 75.58% de entrega de agua, respecto a la que se demanda. Ver Tabla 8.

Tabla 8. Resultados de la variación de las garantías volumétricas

Demanda	E-0 (%)	E-1 (%)	E-2 (%)
Urbana	99.63	86.03	75.58
Módulo 1	91.2	85.24	77.57
Módulo 2	100	95.01	88.24

Conclusiones

Los modelos climáticos son una herramienta muy importante y confiable para evaluar el efecto de cambio climático. En México hay necesidad de mejorar en el conocimiento sobre el cambio climático y sus efectos en el ciclo hidrológico.

Los modelos de gestión de cuencas son herramientas que nos sirven a tomar decisiones a futuro y por lo tanto hay necesidad de personal capacitado para estas áreas.

Es evidente que al incluir el efecto de cambio climático en nuestro modelo de gestión de la cuenca del río Grande de Morelia, han disminuido las garantías en el suministro.

Agradecimientos

A la Coordinación de Investigación Científica de la Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo, por el apoyo económico a través de una Beca de Tesis dentro del programa 2010.

Referencias

- [1] Barajas S. Tesis de Titulación Simulación de la Gestión de Recursos Hídricos en la Cuenca del río Grande de Morelia, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.
- [2] Escenarios de Cambio Climático para el estado de Michoacán (Reporte de la UNAM).
- [3] http://www2.ine.gob.mx/cclimatico/edo_sector/estados/clima_michoacan.html

- [4] Hernández L. Tesis doctoral Efectos del Cambio Climático en los Sistemas Complejos de Recursos Hídricos. Universidad Politécnica de Valencia.
- [5] Acosta V. Cambio en los Patrones de Consumo de Agua y Cambio de Uso de Suelo en la Cuenca del río Grande de Morelia. Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo.