

XII Simposio Iberoamericano sobre planificación de sistemas de abastecimiento y drenaje

“MEDIDAS DE MITIGACION AL EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA DEMANDA URBANA DE LA CUENCA DEL RÍO GRANDE DE MORELIA”

Loya Villagómez Juan Enrique (1), Hernández Bedolla Joel (2), Domínguez Sánchez Constantino (3), Sánchez Quispe Sonia Tatiana (4)

Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo, Santiago Tapia 403 Morelia Michoacán, 44 33 77 62 72 y wolf_dark21@hotmail.com

RESUMEN

Actualmente, la carencia de disponibilidad de agua en cantidad y/o calidad suficientes resulta uno de los problemas más graves para el desarrollo de México. Con el Cambio Climático, el problema se agudizará. El efecto del Cambio Climático a nivel de usos urbanos en una cuenca desarrollada no es posible deducirlo en función del efecto del Cambio Climático en las precipitaciones y temperaturas, ya que en una cuenca desarrollada intervienen diversos recursos: superficial o subterráneo, así como diversos usos.

El presente trabajo analiza las diferentes propuestas de mitigación para hacer frente al efecto de Cambio Climático en el uso urbano de la cuenca del río Grande de Morelia. Para ello, se implementa un esquema de simulación en el marco de sistemas de apoyo a la decisión para la Gestión de Cuencas (AQUATOOL), que permita evaluar las diferentes medidas de mitigación al efecto del cambio climático. La disponibilidad del agua en los distintos años de la cuenca del río Grande de Morelia para el periodo histórico ha sido satisfactoria, pero se prevé una disminución en los gastos, así como también una mayor demanda urbana y agrícola, lo cual creará déficit en el suministro a las demandas de la cuenca.

Palabras claves: Demanda urbana, Cambio Climático, Mitigación, México.

ABSTRACT

Currently, the lack of availability of water quantity and / or quality sufficient is one of the most serious problems for the development of Mexico. With climate change, the problem will worsen.

The effect of climate change at the level of urban uses in a watershed developed isn't deduct on function by the effects of climate change on precipitation and temperature, as in a watershed developed involves various resources: surface or underground, as well as different applications.

This paper analyzes the different proposed mitigation to address the effect of climate change in urban use in the basin of the Rio Grande de Morelia. To do this, you implement a simulation scheme in the context of systems for decision support Watershed Management (AQUATOOL) to evaluate different mitigation measures to climate change.

Water availability in the different years of the basin of the Rio Grande of Morelia for the historical period has been satisfactory, but is expected to decline in spending as well as increased urban and agricultural demand, which will create a supply deficit the demands of the basin.

Key words: Urban Demand, Climate Change, Mitigation, Mexico.

SOBRE EL AUTOR PRINCIPAL

Autor 1: Ingeniero Civil por la Universidad Michoacana San Nicolás de Hidalgo (UMSNH), estudiante de Postgrado en la Maestría de Infraestructura del Transporte de la UMSNH.

ANTECEDENTES E INTRODUCCIÓN

En la actualidad la disponibilidad del agua de la cuenca del Río Grande de Morelia es satisfactoria, pero se prevé una disminución en los gastos así como una mayor demanda urbana y agrícola, que aunado al inminente efecto del cambio climático, creará déficit en el suministro a las demandas de la cuenca.

El Cambio Climático como consecuencia del efecto invernadero de la superficie de la tierra, ha ido incrementando. Como resultado de este cambio climático se proyectan para México aumentos de temperatura y disminución de las precipitaciones anuales. El incremento de la temperatura causa incremento en la evapotranspiración. La disminución de la precipitación afecta en magnitud y tiempo las inundaciones y sequías que ocurran en la cuenca.

El cambio climático afecta a las demandas en 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 planeadas con determinadas condiciones hidrológicas, si estas condiciones cambian, la infraestructura desarrollada puede resultar inadecuada, así como las reglas de operación de las mismas. Por lo 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 y proponer escenarios de mitigación al efecto del cambio climático en el suministro de agua a las demandas de la cuenca del río Grande de Morelia.

BASE TEÓRICA

El cambio climático es la modificación del clima con respecto al periodo histórico a una escala global o regional. Tales cambios se producen a muy diversas escalas de tiempo y sobre todos los parámetros meteorológicos: temperatura, presión atmosférica, precipitaciones, nubosidad, entre otros. En teoría, son debidos tanto a causas naturales como antropogénicas (Martínez et al.(2004)).

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” (IPCC (2001)).

Para analizar los impactos en el clima del planeta, se usa un modelo de circulación general de la atmósfera (MCG) en el que se impone una anomalía en la temperatura de superficie del mar y de tierra firme. Las alteraciones o anomalías climáticas que dicho forzante produzca se obtienen comparando con aquella simulación en la que no se impone el forzante. Ésta ha sido la filosofía seguida en el uso de modelos del clima para determinar los impactos de los forzantes.

Para la cuenca del río Grande de Morelia, el Modelo de Circulación General (MCG) de la Atmósfera UKMO_HAD1 representa el clima futuro, al igual que el modelo Ensemble; ambos emplean métodos basados en principios científicos y considera las respuestas de los sistemas medio ambientales y sociales ante el cambio climático.

Según Hernández (2007), con los modelos generales de circulación general (MCG) de la atmosfera se crean diferentes escenarios de cambio climático, los cuales se definen como una descripción espacial y temporal, físicamente consistente, de rangos plausibles de las condiciones climáticas futuras, basada en un cierto número de suposiciones y en la actual comprensión científica de nuestro sistema climático que se pueden presentar en el futuro en las diferentes variables como temperatura, precipitación, población mundial, emisiones de CO₂, nivel medio del mar entre otros. La mayoría de los escenarios son construidos en base a la evolución de las tendencias climáticas pasadas.

Los principales escenarios son los desarrollados por el Plantel Intergubernamental de Expertos del cambio climático (IPCC) por sus siglas en inglés y los cuales se presentan a continuación (IPCC (2001)):

Escenarios de emisión del IPCC.

Escenarios IS92 del IPCC (1992).

Escenarios SRES/IE-EE del IPCC (completos y actuales). Según el IPCC (2001, 2007) Los escenarios presentan tres líneas evolutivas (A2, A1B,

y B1) y para cada línea evolutiva, se han desarrollado varios escenarios distintos basados en diferentes evoluciones de las diferentes variables que intervienen en el cambio climático (ver Tabla 1).

- Escenarios socioeconómicos
- Escenarios de cambio de uso en la tierra.
- Escenarios de incremento de población
- Escenarios ambientales (temperatura y precipitación).
- Escenarios de incremento en el nivel del mar.

Tabla 1. Características principales de los diferentes escenarios de cambio climático

Línea evolutiva	Inclusión de tecnología nuevas y limpias	Uso de combustibles fósiles	Uso de combustibles no fósiles
A1B	Rápida	Si	Si
A2	Lenta	Si	No
B1	Muy Rápida	No	Si

Adaptada de IPCC (2001)

El Escenario Climático al que tiende la cuenca del río Grande de Morelia es el Escenario A2, el cual, se caracteriza por tener un continuo aumento de población, el desarrollo económico de la zona de estudio está orientado en forma regional, con crecimiento económico y cambios tecnológicos lentos.

Para cuantificar el impacto del cambio climático en los gastos de la cuenca del río Grande de Morelia se hace uso del método de Témez (Témez J.R., 1977) para el cálculo de los gastos a partir de la precipitación y temperatura.

El método de Témez es una representación matemática simplificada del balance hídrico que puede ser manipulado para analizar el comportamiento de las aguas continentales superficiales, como el estudio del agua subterránea; es decir, representa el funcionamiento de sistemas hidrológicos completos.

El método de Témez se utiliza para la evaluación de recursos hídricos en régimen natural con paso mensual, a partir de las variables de entrada de precipitación, evapotranspiración potencial y los parámetros hidrológicos de la cuenca.

METODOLOGÍA

Sistema de apoyo a la decisión AQUATOOL/SIMGES

Para evaluar el efecto de cambio climático en la gestión de los recursos hídricos, se requiere tener calibrado y validado la gestión del sistema de recursos hídricos en un sistema de apoyo a la decisión, en nuestro caso se evaluara la gestión del 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.

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. Para realizar las simulaciones se utilizan las series de aportaciones o gastos para condiciones, actuales y futuras con cambio climático; también se requieren las demandas actuales y futuras, las evaporaciones de los almacenamientos actuales y futuros.

Cuenca del río Grande de Morelia

La cuenca del río Grande de Morelia se encuentra localizada en la cuenca del Lago de Cuitzeo, sobre el Acuífero Morelia-Queréndaro; a su vez está constituida por las sub cuencas Atapaneo, río Chiquito y Cointzio. Los almacenamientos

aplicación del método estadístico, permite que se tengan entre 50 y 90 experimentos de escenarios de cambio climático regionalizados para México, considerando escenarios de emisiones de GEI (A2, A1B, B1, COMMITED) con lo cual se ha podido estimar el rango de cambios en temperatura y precipitación. El escenario COMMITED se refiere a la suposición de mantener constantes las concentraciones de los GEI del año 2000.

Debido a la gran cantidad de modelos no resulta fácil establecer cuál es el mejor o peor modelo para cambio climático por lo que la estrategia a seguir, dada la naturaleza caótica del sistema climático, por lo tanto lo ideal es trabajar con el modelo Ukmo Had1 que presenta una condición aceptable para la cuenca y también el Ensamble multimodelo (Richardson, 2000) que es el conjunto de todos los experimentos y que permite estimar a la condición más probable.

Del modelo Ukmo Had1 y del Ensamble multimodelo se analizaron los escenarios A2, que refiere a las condiciones más críticas de cambio climático, el escenario B1 establece los cambios climáticos mínimos y el escenario A1B que presenta condiciones intermedias de cambio climático es decir de mayor impacto que las condiciones del escenario B1 y de menor impacto que el escenario A2.

Para el análisis se establecieron periodos de 30 años ya que se considera que en este periodo de tiempo se alcanza una mayor confianza de ocurrencia de los fenómenos e impactos de cambio climático (INE 2007). Por lo tanto se analizaron 10 escenarios, el escenario actual 1980-2010 y los escenarios de cambio climático: A2 2010-2040, A2 2040-2070, A2 2070- 2100, A2 2010-2040, A1B 2040-2070, A1B 2070-2100, B1 2010-2040, B1 2040-2070, B1 2070-2100.

Simulación de la gestión para los escenarios de cambio climático

Se proponen escenarios de simulación para la corrección y prevención al efecto del cambio climático y mejorar el suministro del recurso hídrico para la demanda urbana. Estos escenarios son evaluados en el modelo de simulación de la gestión de la cuenca del río Grande de Morelia, para los escenarios climáticos A2, A1B y B1 y analizar la

gestión de la demanda urbana y determinar cuál de los escenarios de simulación de la gestión propuestos es el adecuado para mitigar el problema tanto presente como futuro con cambio climático.

Los escenarios que serán evaluados y simulados con apoyo del modelo SIMGES son los siguientes:

1. Simulación de la situación actual de la ciudad considerando todas las fuentes existentes de agua como son la presa de Cointzio, Manantiales y los pozos profundos, sin considerar el aumento de otra fuente, con el objeto de conocer la situación actual, así como las distintas garantía del suministro y el déficit existente para la demanda urbana, propuesta que llamaremos Escenario 1.
2. Se simula la situación actual con aumento de fuente de abastecimiento, para la cual se analizan tres alternativas, la primera denominada Escenario 2A donde se propone un embalse aguas arriba del río Chiquito. Escenario 2B, propone aprovechar los excedentes de la presa Cointzio a través de una nueva conducción, y el Escenario 2C, que propone aprovechar los escenarios 2A y 2B simultáneamente, estas alternativas son escenarios que aumentan la oferta del recurso hídrico.
3. Se simula la situación futura con aumento de la demanda y sin aumentar la fuente, Escenario 3, se simulara hasta el año 2100.
4. Escenario 4, simulación del Aumento de la oferta y aumento de la demanda empleando conjuntamente los escenarios 2A, 2B y 2C e incrementando en cada uno de ellos la demanda empleando el escenario 3 y así crear los escenarios 4A, 4B y 4C respectivamente.

Criterios de evaluación de garantías

Los criterios de evaluación que se analizan son los propuestos en el AQUATOOL/SIMGES, que son los descritos a continuación:

Tipo mensual

– Fallo en un mes si el déficit es mayor que un 11% de demanda mensual (ecuación 1)

$$G = \left(1 - \frac{n^{\circ} \text{ de fallos}}{n^{\circ} \text{ de meses totales}} \right) * 100 \quad (1)$$

Tipo anual

- Fallo en un año si en un mes el déficit es mayor que un 15% de demanda mensual o en el año es mayor que 30% de la demanda anual (ecuación 2)

$$G = \left(1 - \frac{n^{\circ} \text{ de fallos}}{n^{\circ} \text{ de años totales}}\right) * 100 \quad (2)$$

Garantía basada en frecuencia de fallo no permite evaluar:

- Posible magnitud catastrófica del fallo
- Concentración de fallos en un periodo

Criterios basados en déficit:

- Máximo déficit mensual
- Máximo déficit en n meses consecutivos

Criterio Planes Hidrológicos 81

- Demanda Urbana
- Fallo mensual si suministro < 0.8% demanda
- Cumple si garantía > 96%
- Demanda industrial /agrícola /otras
- Fallo anual si
- en algún mes suministro < 0.75 demanda
- En 3 meses consecutivos suministro < 0.8 demanda en cada uno

Criterio UTAH-DWR

- Criterios
 - a 1 año: fallo < 10% demanda anual
 - a 2 años: fallo < 16% demanda anual
 - a 10 años: fallo < 30% demanda anual
 - Cumple si no se da fallo en ningún criterio.
- (Muy usado en Planes Hidrológicos en España)

Criterio IPH 2008

A efectos de la asignación y reserva de recursos se considerará satisfecha la demanda urbana cuando:

- El déficit en un mes no sea superior al 8% de la correspondiente demanda mensual.
- En diez años consecutivos, la suma de déficit no sea superior al 10% de la demanda anual.

Resultados de los criterios de garantía mensual

Tabla 2. Criterio por garantías de la demanda urbana modelo Ukmo Had1

Garantías	Escenario Climatico A2	
	2010-2040	
	Frecuencia Fallos (FF)	Volumétrica (% sumin.)
D. Urbana		
Actual	100.0%	100.0%
1A	90.6%	88.8%
2A	91.7%	98.2%
2B	81.9%	96.1%
2C	86.9%	97.3%
3	0.0%	67.4%
4A	88.6%	97.6%
4B	77.5%	95.1%
4C	83.3%	96.7%

Tabla 3. Criterio Planes Hidrológicos de la demanda urbana modelo Ukmo Had1

Criterio Planes Hidrológicos	Escenario Climatico A2		
	2010-2040	2040-2070	2070-2100
	% Garantía (FF)	% Garantía (FF)	% Garantía (FF)
D. Urbana			
Actual	100.0%	100.0%	100.0%
1A	53.3%	56.7%	60.0%
2A	66.7%	73.3%	63.3%
2B	46.7%	50.0%	33.3%
2C	63.3%	70.0%	53.3%
3	0.0%	0.0%	0.0%
4A	63.3%	70.0%	53.3%
4B	33.3%	43.3%	23.3%
4C	60.0%	66.7%	53.3%

Tabla 4. Criterio UTAH DWR de la demanda urbana modelo Ukmo Had1

Criterio UTAH DWR	Escenario Climatico A2		
	2010-2040		
	1 año, % Déficit Deficit<10% DA	2 años Deficit<16% DA	10 años Deficit<30% DA
D. Urbana			
Actual	10.0%	20.0%	100.1%
1A	18.5%	30.0%	116.2%
2A	14.7%	17.3%	25.5%
2B	16.6%	30.8%	51.0%
2C	16.0%	25.2%	38.2%
3	37.8%	73.9%	329.3%
4A	14.9%	22.4%	34.4%
4B	16.6%	30.8%	64.6%
4C	16.0%	25.2%	42.6%

Tabla 5. Criterio IPH 2008 de la demanda urbana modelo Ukmo Had1

Criterio IPH 2008	A2		
	2010-2040	2040-2070	2070-2100
	Fallo Mensual Deficit>8% DM	Fallo Mensual Deficit>8% DM	Fallo Mensual Deficit>8% DM
D. Urbana			
Actual	372	372	372
1A	360	360	360
2A	56	59	88
2B	77	57	98
2C	66	53	88
3	360	360	360
4A	65	62	99
4B	93	76	116
4C	81	66	106

Tabla 8. Criterio UTAH DWR de la demanda urbana modelo Ensamble

Criterio UTAH DWR	Escenario Climatico A2		
	2010-2040		
	1 año, % Déficit Deficit<10% DA	2 años Deficit<16% DA	10 años Deficit<30% DA
D. Urbana			
Actual	10.0%	20.0%	100.1%
1A	12.2%	23.4%	107.6%
2A	4.6%	7.7%	17.6%
2B	5.7%	9.8%	26.4%
2C	3.8%	7.6%	21.9%
3	33.2%	66.2%	321.1%
4A	4.6%	8.7%	21.9%
4B	5.9%	11.1%	30.6%
4C	4.0%	7.7%	25.5%

Tabla 6. Criterio por garantías de la demanda urbana modelo Ensamble

Garantías	Escenario Climatico A2	
	2010-2040	
	Frecuencia Fallos (FF)	Volumétrica (% sumin.)
D. Urbana		
Actual	100.0%	100.0%
1A	96.9%	89.6%
2A	97.5%	99.2%
2B	93.9%	98.5%
2C	95.3%	99.0%
3	0.0%	68.3%
4A	95.8%	98.9%
4B	91.4%	97.9%
4C	92.8%	98.7%

Tabla 9. Criterio IPH 2008 de la demanda urbana modelo Ensamble

Criterio IPH 2008	A2		
	2010-2040	2040-2070	2070-2100
	Fallo Mensual Deficit>8% DM	Fallo Mensual Deficit>8% DM	Fallo Mensual Deficit>8% DM
D. Urbana			
Actual	372	372	372
1A	360	360	360
2A	36	71	97
2B	29	64	102
2C	20	55	91
3	360	360	360
4A	40	82	104
4B	42	77	24
4C	33	65	107

Tabla 7. Criterio Planes Hidrológicos de la demanda urbana modelo Ensamble

Criterio Planes Hidrológicos	Escenario Climatico A2		
	2010-2040	2040-2070	2070-2100
	% Garantía (FF)	% Garantía (FF)	% Garantía (FF)
D. Urbana			
Actual	100.0%	100.0%	100.0%
1A	73.3%	60.0%	30.0%
2A	80.0%	73.3%	43.3%
2B	60.0%	36.7%	20.0%
2C	76.7%	56.7%	36.7%
3	0.0%	0.0%	0.0%
4A	80.0%	60.0%	36.7%
4B	46.7%	26.7%	60.0%
4C	73.3%	53.3%	33.3%

ANÁLISIS RESULTADOS

Graficas de Análisis de resultados de los criterios de garantía para la demanda urbana.

En las siguientes graficas se presenta un análisis de resultados por criterios y po escenario de simulación.

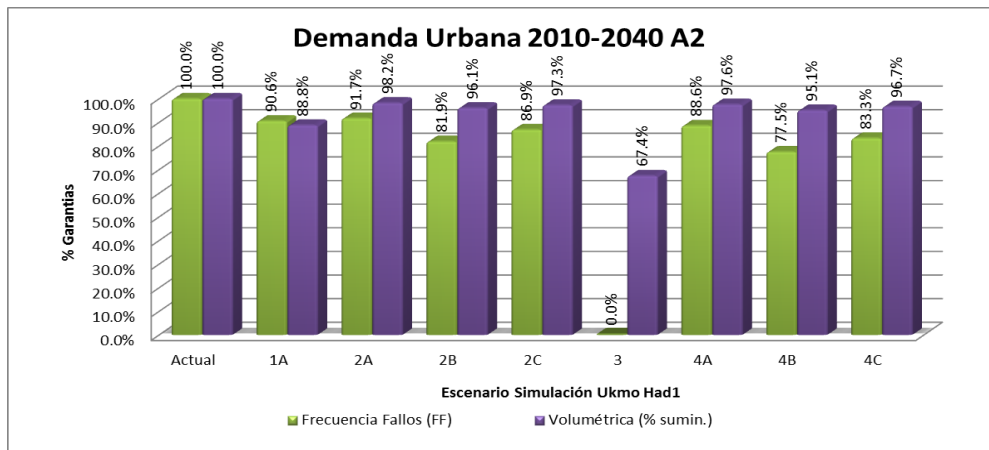


Figura 3. Porcentaje garantía volumétrica suministrada en demanda urbana del escenario climático A2 2010-2040 de cada escenario de simulación, del modelo Ukmo Had1 (Tabla 2)

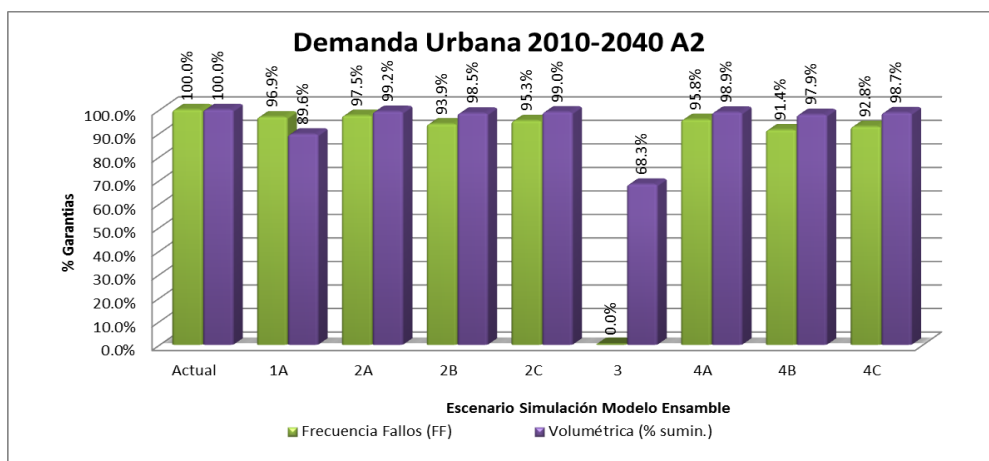


Figura 4. Porcentaje de garantía volumétrica suministrada en demanda urbana del escenario climático A2 2010-2040 de cada escenario de simulación, del modelo Ensamble (Tabla 6)

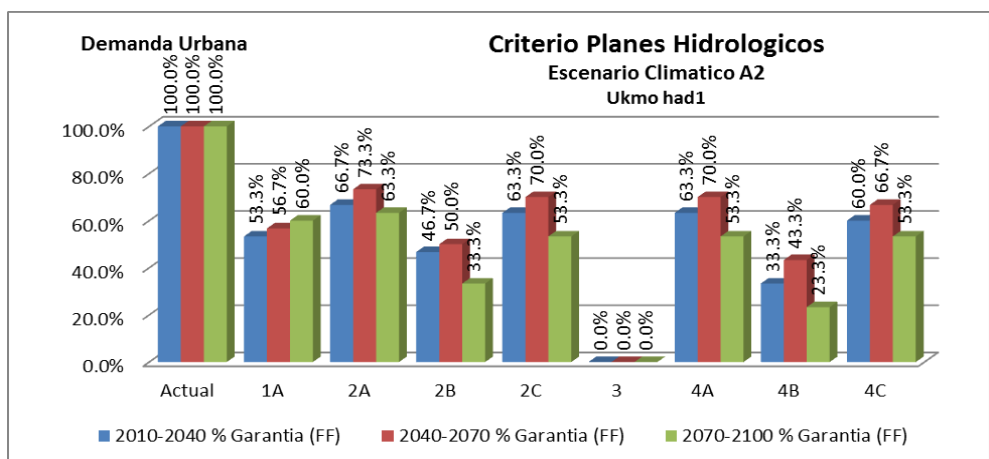


Figura 5. Criterio Tipo Planes Hidrológicos del escenario Climático A2 del Modelo Ukmo-Had1 (ver tabla 3)

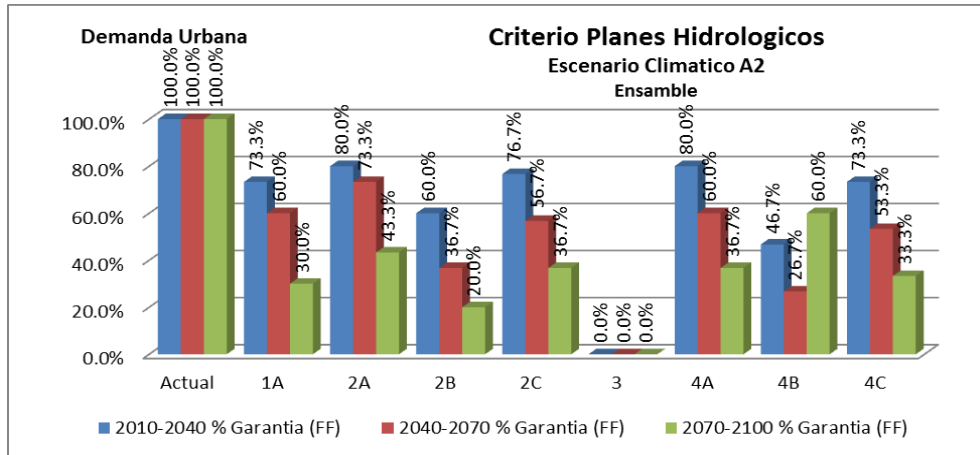


Figura 6. Criterio Tipo Planes Hidrologicos del escenario Climático A2 del Modelo Ensamble (Tabla 7)

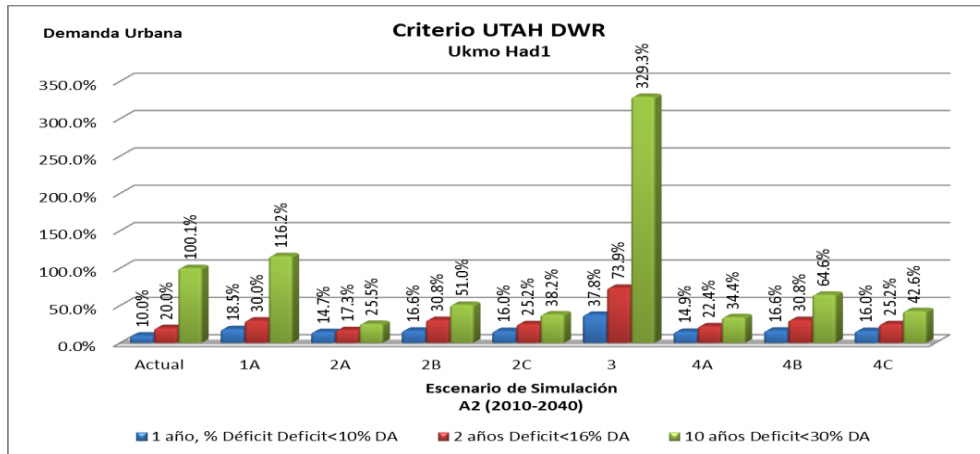


Figura 7. Criterio UTAH DWR para el escenario Climático A2 del Modelo Ukmo Had1 (Tabla 5)

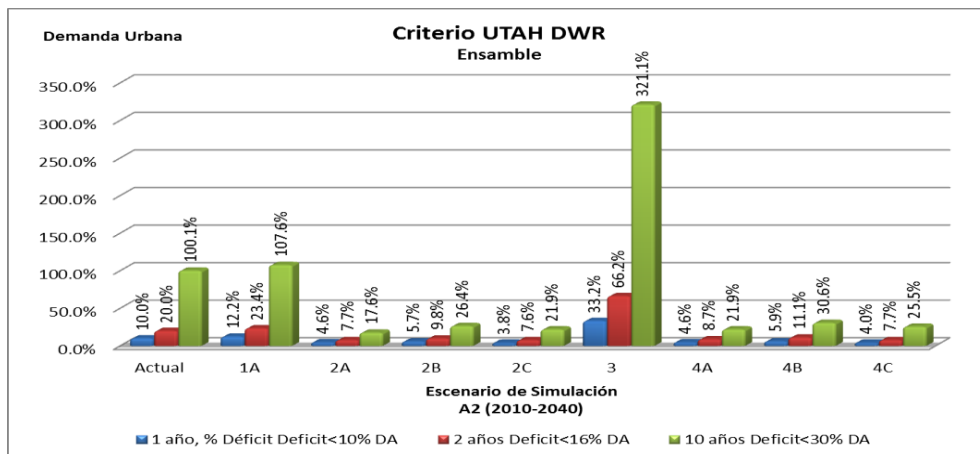


Figura 8. Criterio UTAH DWR para el escenario Climático A2 del Modelo Ensamble (Tabla 8)

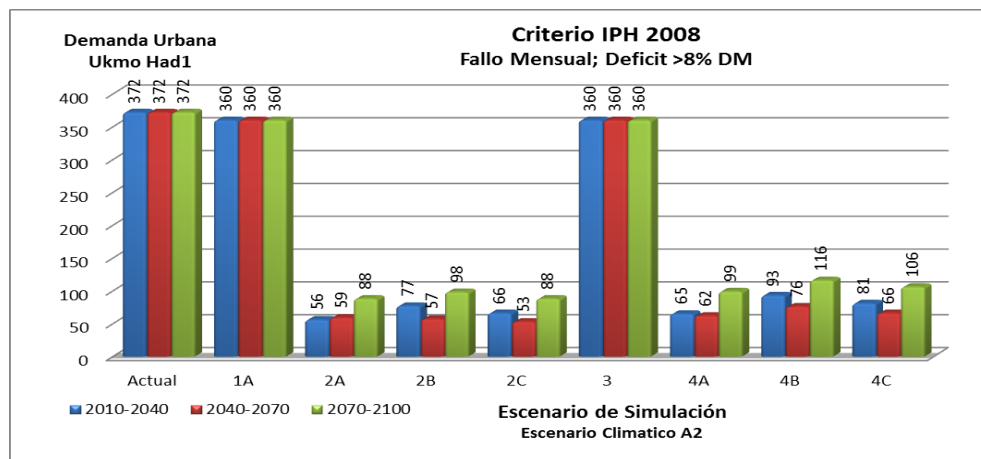


Figura 9. Criterio IPH para el escenario Climático A2 del Modelo Ukmo Had1 (Tabla 5)

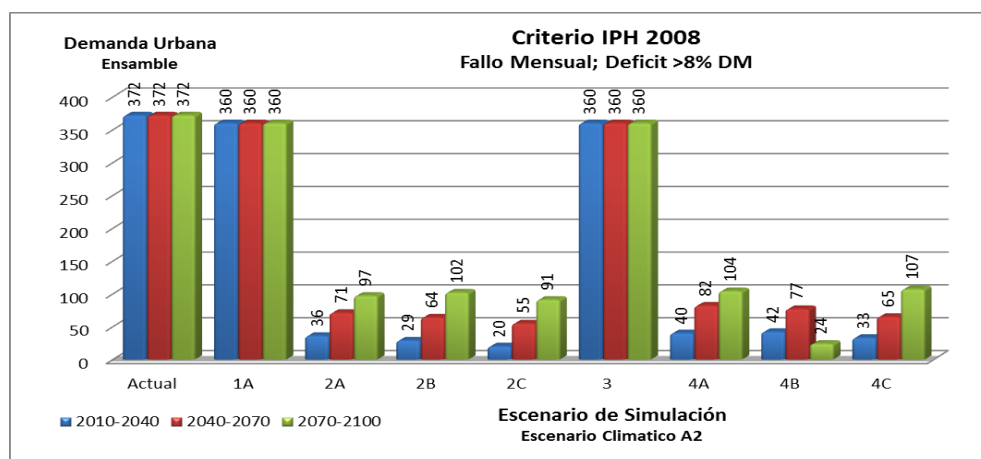


Figura 10. Criterio IPH para el escenario Climático A2 del Modelo Ensemble (Tabla 9)

Para este análisis se presenta el escenario climático A2 porque es el escenario más desfavorable frente al escenario A1B y B1 empleados para optimizar el suministro del recurso y se presentan los resultados de los periodos predefinidos para conocer la variación a futuro que puede presentar cada escenario de simulación y cómo se comportan estas garantías a través del tiempo.

Evaluando los distintos criterios de garantía de la demanda urbana para el escenario climático A2 tanto para el modelo Ukmo Had1 y el modelo Ensemble, se observa que las variaciones a causa del efecto del cambio climático en los escenarios de simulación propuestos son significativas de un modelo a otro.

La garantía volumétrica nos indica la cantidad de agua que se está suministrando respecto a lo demandado por el sistema.

Tomando como base el escenario de simulación 1A que es la tendencia a futuro del escenario actual. La garantía volumétrica presentada para el escenario climático A2 del 2010 al 2040 en el modelo Ensemble es más favorable que el modelo Ukmo Had1, esto indica que en este periodo todavía es aceptable el suministro del recurso para la demanda urbana de la cuenca del Río Grande de Morelia siempre y cuando las medidas de mitigación propuestas se lleven a cabo para optimizar la gestión de este recurso (ver Figura 3 y Figura 4).

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los modelos climáticos son una herramienta muy importante y confiable para evaluar el efecto de cambio climático. En México urge hacer conciencia sobre el cambio climático y sus efectos en el ciclo hidrológico y de esta manera optimizar la gestión del recurso.

Los modelos de gestión de cuencas son herramientas indispensables para auxiliarnos a tomar decisiones sobre el manejo del recurso hídrico a futuro y por ende existe la inminente necesidad de tener al personal competente para maniobrar 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, es por ello que se propusieron los escenarios de simulación que tratan de regular y disminuir dichos efectos propiciados por el cambio climático.

En general el escenario que presentó los mayores cambios fue la A2, seguida del escenario A1B que presentaba la mayor dispersión mensual, es decir las condiciones extremas para este escenario son mayores, el escenario B1 por su parte evoluciona de manera más importante en los años 2010-2039 siendo incluso mayores los cambios optimistas que los otros escenarios, sin embargo para los siguientes periodos los cambios climáticos tienden a disminuir incluso para el periodo 2070-2099 donde se eleva la precipitación y la temperatura no se incrementa de manera significativa que en los otros dos escenarios climáticos.

Algunas de las recomendaciones para optimizar el suministro del recurso hídrico para la demanda urbana son los escenarios de simulación propuestos en este trabajo.

También el incrementar la eficiencia del sistema de abastecimiento de agua potable en Morelia.

Otra posible solución sería reutilizar el agua potable aunada a la captación de aguas pluviales para emplearla en actividades que no demanden

demasiada calidad del agua, y así permitiría reducir el uso del agua potable para uso doméstico.

BIBLIOGRAFÍA.

IPCC (2001). Contribución de los Grupos de Trabajo I, II, y III al Tercer Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático. Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido)

IPCC (2007). “Informe de síntesis Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Cuarto Informe de evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático”. Cambridge University Press, Cambridge (Reino Unido), 2007, pp. 5 - 9.

Barajas J. (2002) 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.

Hernández J. (2011) Evaluación del cambio climático en la gestión de sistemas de recursos hídricos, Tesis de Titulación, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.

García D. (2012) Metodología para la obtención de gastos con efectos del cambio climático para la cuenca del río grande de Morelia, Tesis de Titulación, Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo.