

AGUA RENOVABLE EN EL NORTE DE MÉXICO ANTE LOS ESCENARIOS DE CAMBIO CLIMÁTICO

Carlos Escalante-Sandoval

Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México, México.

E-mail: caes@unam.mx

Introducción

El territorio mexicano se extiende sobre una superficie de 1,964,000 km², y presenta una significativa variación estacional de la Lluvia que tiene un gran impacto en la disponibilidad de los recursos hídricos del país. El promedio de la lluvia anual es de 750 mm, y varía desde lluvias menores a los 500 mm, en las regiones norte y noroeste, hasta más de 2,000 mm en las regiones sur y sureste. Además, 68% de la precipitación mensual se precipita entre los meses de junio y septiembre, lo que acentúa los problemas relacionados a la disponibilidad de agua.

México recibe anualmente en forma de precipitación 1,449,471 millones de metros cúbicos, y se estima que el 72.5% se evapotranspira, 21.2% fluye dentro de los ríos y arroyos, y el restante 6.3% se infiltra naturalmente a través del subsuelo y recarga a los acuíferos. Tomando en consideración los ingresos y egresos de agua de países vecinos, el país tiene un volumen de 446,777 millones de m³ de agua renovable al año, lo que equivale a 3,692 m³/habitante/año; sin embargo, esta disponibilidad promedio varía de forma significativa entre las diferentes regiones del país, particularmente en el norte, donde el promedio es de 2,840 m³/habitante/año. Estas cifras de disponibilidad per cápita se verán reducidas principalmente por las variaciones esperadas tanto en lluvia como en temperatura media, las cuales serán generadas por el cambio climático.

En este trabajo se presentan los volúmenes de agua renovable esperados para cada una de las 12 entidades federativas ubicadas en la zona norte del país, bajo los escenarios de cambio climático RCP 4.5 para el futuro cercano (2015-2039) y RCP 8.5 para el futuro lejano (2075-2099).

Agua Renovable

El agua renovable es aquella que es factible de explotar anualmente en una región para poder satisfacer las diversas demandas de ella. En México, 76.3% del agua se emplea en la agricultura, 14.6% para el suministro público, 4.8% para la generación de energía, excluyendo la hidroeléctrica y 4.3% para usos industriales (CONAGUA, 2014), sin embargo, dadas las condiciones áridas del norte del país, estos porcentajes son redistribuidos como 87.5%, 9.7%, 1.1% y 1.7%, respectivamente (CONAGUA, 2014).

Deforestación

Los bosques son vitales para la vida sobre la tierra y juegan un papel crucial en el ciclo hidrológico, también absorben los gases de efecto invernadero, reducen la erosión de los suelos, producen oxígeno y absorben bióxido de carbono.

La Deforestación es la conversión de los bosques en otros tipos de suelo. La gran amenaza para los bosques es la gran demanda de tierra para usos agrícolas y de urbanización. Es así que la deforestación y las inapropiadas prácticas agrícolas junto con otros factores están modificando rápidamente el ciclo hidrológico, ya que se afecta la cantidad de agua tanto superficial como subterránea y la humedad en la atmósfera,

siendo esto un factor importante en el cambio climático global.

En la región norte de México, la tasa anual de deforestación es de 143,000 hectáreas por año (INEGI, 2016).

Cambio climático

El quinto reporte de evaluación (AR5) del panel intergubernamental de cambio climático (IPCC), estableció que el cambio climático es real y que sus efectos alcanzarán a todos los niveles de la población (IPCC, 2013). Durante la segunda mitad del siglo veinte, los efectos de los extremos climáticos se incrementaron de forma significativa en todo el planeta (Frich et al., 2002). Por otra parte, el clima global lo determinan principalmente la temperatura y la precipitación (Loukas et al., 2007), las cuales, como ya se mencionó, se verán modificadas por los cambios de uso de suelo y vegetación y por la emisión de gases de efecto invernadero.

En México, el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático realizó un análisis regional del clima utilizando las proyecciones de 15 Modelos de circulación global bajo las condiciones prevalentes de las trayectorias de concentración representativa, RCPs, por sus siglas en inglés (INECC, 2014). Las RCPs definen las trayectorias de modificación en la radiación neta (W/m²) de la tropopausa debido a un incremento en la concentración de gases de efecto invernadero y otros agentes de forzamiento para el año 2100. Los dos RCPs utilizados en este estudio incluyen un escenario de estabilización de emisiones (RCP 4.5) y un muy alto escenario de emisiones (RCP 8.5). Por ejemplo, de acuerdo con estas proyecciones, para la región Norte de México se espera, para el escenario RCP4.5, que la precipitación disminuya un 13%, y que la temperatura aumente 1.3°C, mientras que para el escenario RCP 8.5, la región recibirá un 23.8% menos de lluvia y la temperatura se incrementará 4.5°C. En ambos escenarios se incrementará la evapotranspiración y se reducirá el volumen de agua renovable, con el consecuente conflicto entre los usuarios del agua.

Estrés hídrico

Falkenmark (1993) propone que un país experimenta estrés hídrico cuando el suministro anual de agua desciende a menos de 1,700 metros cúbicos por persona. Cuando desciende a niveles de 1,700 a 1,000 metros cúbicos por persona, pueden preverse situaciones de escasez periódica o limitada de agua. Cuando los suministros anuales bajan a menos de 1,000 metros cúbicos por persona, el país enfrenta escasez de agua. Más aún, cuando el suministro cae por debajo de los 500 metros cúbicos por persona, los países experimentan escasez absoluta de agua.

Una vez que un país experimenta escasez de agua, puede esperar una escasez crónica que amenace la producción de alimentos, obstaculice el desarrollo económico y dañe los ecosistemas.

Basado en los conceptos propuestos por Falkenmark (1993), se establece una clasificación para definir el volumen de agua per cápita disponible para los usos agrícola, industrial y doméstico de un país, la cual se presenta en la Tabla 1.

Tabla 1.- Clasificación de la disponibilidad per cápita (m³/año).

Grado de Disponibilidad	Clave	D (m ³ /año)
Escasez Extrema	EE	$D < 1,000$
Escasez Crítica	EC	$1,000 < D < 1,700$
Disponibilidad Baja	DB	$1,700 < D < 5,000$
Disponibilidad Media	DM	$5,000 < D < 10,000$
Disponibilidad Alta	DA	$D > 10,000$

Datos

Para este estudio se empleó la información de 1,641 estaciones climatológicas. De ellas se obtuvo datos sobre las variables de lluvia y temperatura del periodo 1950-2013. Con esta información se calculó mediante las fórmulas Coutagne y Turc.

Resultados

Con la información de las 1,641 estaciones se obtuvieron los volúmenes de agua renovable para las tres condiciones propuestas, así, en la Tabla 2 se presentan los resultados para las condiciones promedio de lluvia y temperatura del periodo 1950-2013. En la Tabla 3 se muestran los resultados bajo el escenario RCP 4.5, donde se prevé para la región norte del País una disminución de 11.5% de la lluvia y de un incremento de 1.3°C en la temperatura, todo esto con referencia a las condiciones prevalecientes en el periodo 1950.2013. Por otra parte, en la Tabla 4 se da cuenta de las condiciones bajo el escenario más desfavorable del cambio climático en el norte de México. Aquí se espera una reducción del 22% de la lluvia y un incremento de 4.5°C en la temperatura media, también con referencia a las condiciones prevalecientes en el periodo 1950.2013.

Tabla 2.- Agua renovable (hm³) para cada estado del Norte de México bajo condiciones promedio.

Estado	Condiciones Normales			
	Hp (mm)	Tmed (°C)	%ET	Vol (hm ³)
Aguascalientes	519.0	17.3	83.9%	465
Baja California	191.1	18.4	94.3%	796
Baja California Sur	213.4	22.1	94.5%	866
Coahuila	350.6	19.8	90.2%	5,182
Chihuahua	497.6	16.4	84.0%	19,705
Durango	595.2	17.2	81.5%	13,473
Nuevo Leon	576.3	20.4	84.3%	5,765
San Luis Potosí	809.8	20.6	78.0%	10,773
Sinaloa	728.3	24.4	82.7%	7,150
Sonora	439.5	22.0	88.7%	9,010
Tamaulipas	778.4	23.4	80.9%	11,824
Zacatecas	497.3	17.1	84.4%	5,764

Tabla 3.- Agua renovable (hm³) para cada estado del Norte de México bajo condiciones del primer escenario de cambio climático.

Estado	RECP4.5 (2015-2039)			
	Hp (mm)	Tmed (°C)	%ET	Vol (hm ³)
Aguascalientes	463.8	18.6	86.4%	351
Baja California	150.8	19.5	95.7%	474
Baja California Sur	164.1	23.0	95.9%	496
Coahuila	292.6	21.2	92.2%	3,419
Chihuahua	442.0	17.9	86.6%	14,585
Durango	533.8	18.5	84.3%	10,250
Nuevo León	508.1	21.8	86.8%	4,266
San Luis Potosí	742.6	21.8	80.7%	8,650
Sinaloa	656.6	25.6	85.0%	5,587
Sonora	385.9	23.4	90.5%	6,609
Tamaulipas	701.7	24.5	83.4%	9,234
Zacatecas	441.5	18.4	86.9%	4,296

Tabla 4.- Agua renovable (hm³) para cada estado del Norte de México bajo condiciones del segundo escenario de cambio climático.

Estado	RECP8.5 (2075-2099)			
	Hp (mm)	Tmed (°C)	%ET	Vol (hm ³)
Aguascalientes	394.0	22.0	89.8%	223
Baja California	141.0	22.4	96.4%	371
Baja California Sur	135.6	25.6	96.9%	310
Coahuila	243.4	24.6	94.3%	2,101
Chihuahua	396.7	21.5	89.6%	10,214
Durango	483.8	21.9	87.5%	7,396
Nuevo León	435.7	25.1	89.9%	2,800
San Luis Potosí	660.1	25.1	84.7%	6,117
Sinaloa	607.4	28.6	87.4%	4,363
Sonora	338.0	26.8	92.6%	4,544
Tamaulipas	615.1	27.6	86.8%	6,438
Zacatecas	370.7	21.8	90.4%	2,656

En la Tabla 5 se presentan los valores de la disponibilidad per cápita para los años 2030 y 2100, bajos las condiciones Normales (prevalecientes en el periodo 1950-2013) y los dos escenarios del cambio climático.

Tabla 5.- Agua per cápita (m³/año) para cada estado del Norte de México.

Estado	Condiciones Normales		RCP4.5		RCP8.5	
	2030	2100	2030	2100	2030	2100
Aguascalientes	308	240	233	115		
Baja California	191	133	114	62		
Baja California Sur	783	118	448	42		
Coahuila	1,512	1,132	997	459		
Chihuahua	4,717	3,745	3,491	1,941		
Durango	6,793	5,720	5,168	3,140		
Nuevo León	945	617	700	300		
San Luis Potosí	3,526	3,072	2,831	1,745		
Sinaloa	2,165	1,842	1,692	1,124		
Sonora	2,591	1,808	1,901	912		
Tamaulipas	2,906	2,236	2,269	1,217		
Zacatecas	3,339	2,944	2,488	1,357		

Conclusiones

Los resultados del análisis muestran que las condiciones de disponibilidad se agravarán no solo por el crecimiento poblacional, sino también por las condiciones climáticas que se esperan en el futuro.

El agua renovable esperada en el norte de México se espera reduzca un 24.8% para las condiciones RCP4.5 y hasta un 47.6% para el RCP8.5.

Los escenarios esperados no son nada halagadores para el país, por lo que se deberán realizar las acciones necesarias para el buen manejo de los recursos hídricos del país, sobre todo del agua subterránea donde de los 374 acuíferos de la región, 36.3% de ellos se encuentran sobreexplotados.

Referencias

- CONAGUA (2014). "Atlas del Agua en México 2014". Comisión Nacional del Agua
- Falkenmark, M., (1993). Water Scarcity: Time for Realism. *Populi*. 20(6): 11-12.
- IPCC (2013). Summary for Policymakers. In: Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- INEGI. (2016). Instituto Nacional de Geografía y Estadística. México. <http://www3.inegi.org.mx/sistemas/productos/inegi.org.mx/geo/contenidos/geodesia/default.aspx>