

# Agua y vulnerabilidad socioambiental

PATRICIA ÁVILA GARCÍA\*

El presente artículo ofrece un panorama global de la situación que guarda el agua en México así como sus tendencias para los próximos años, a partir de considerar una serie de factores que conllevan a un escenario de vulnerabilidad y pérdida de la seguridad hídrica. Los conceptos vulnerabilidad y seguridad hídrica están estrechamente relacionados: el primero mide el riesgo y el daño que los procesos biofísicos y sociales pueden causar a la población y a los ecosistemas; el segundo muestra la capacidad de una sociedad para satisfacer sus necesidades básicas de agua; la conservación y uso sostenible de los ecosistemas acuáticos y terrestres; la capacidad para producir alimentos —sin a tentar contra la calidad y cantidad de los recursos hídricos disponibles—; y los mecanismos y regulaciones sociales para reducir y manejar los conflictos o disputas por el agua.

RESUMEN - ABSTRACT

*Through this paper a comprehensive view on the water situation in Mexico as well as its trends for the next few years is provided, having as starting point a series of factors which lead to a vulnerability and loss of water security situation. Vulnerability and water security concepts are closely related: the first measured the risk and damage that biophysical and social processes may cause to the population and the ecosystems; the second one shows the society capacity to meet its basic water needs; the preservation and sustainable use of water and terrestrial ecosystem; the capacity to produce food —not threatening the quantity and quality of available water resources; and social mechanisms and regulations to manage conflict and disputes about water.*

**Palabras clave:** Vulnerabilidad socioambiental, seguridad hídrica, agua.

## Introducción

Vulnerabilidad y seguridad hídrica son dos conceptos estrechamente relacionados. La vulnerabilidad mide el riesgo y el daño que los procesos biofísicos y sociales pueden causar a la población y ecosistemas; en tanto que la seguridad hídrica muestra la capacidad de una sociedad para satisfacer sus necesidades básicas de agua; la conservación y uso sostenible de los ecosistemas acuáticos y terrestres; la capacidad para producir alimentos, sin atentar contra la calidad y cantidad de los recursos hídricos disponibles; así como los mecanismos y regulaciones sociales para reducir y manejar los conflictos o disputas por el agua.

Como una forma de evaluar la vulnerabilidad por el agua propongo un método de análisis, de tipo cualitativo y exploratorio, que muestra la diversidad de procesos que con-

ducen a una situación de riesgo. Para ello analizo el caso de México y las diferentes regiones que lo conforman, con el fin de conocer la diversidad de situaciones y problemáticas que afectan la seguridad hídrica.

*¿Qué es la vulnerabilidad?*

La vulnerabilidad se refiere a aquello que puede ser herido o recibir lesión, física o moral (García Pelayo, 1991). Para que haya daño debe ocurrir: a) un evento potencialmente adverso (un riesgo endógeno o exógeno); b) una incapacidad de respuesta frente a esa contingencia; y c) una inhabilidad para adaptarse al nuevo escenario generado por la materialización del riesgo.

La vulnerabilidad representa la interfase de la exposición a amenazas para el bienestar humano y la capacidad de

---

\* Investigadora del programa Agua y Medio Ambiente de El Colegio de Michoacán. Doctora en Antropología Social con postdoctorado en Recursos Hídricos. Premio Nacional en Ciencias Sociales (Academia Mexicana de Ciencias, 2003). Miembro del Sistema Nacional de Investigadores. Correo electrónico: pavilagarcia@prodigy.net.mx.

las personas y comunidades para controlarlas. Las amenazas pueden surgir de una combinación de procesos biofísicos y sociales. Así, en la vulnerabilidad humana se integran muchos problemas ambientales que tienen una dimensión social, económica y ecológica (SEI, 2004).

Por tal razón, defino la vulnerabilidad como el proceso a través del cual la población humana y los ecosistemas están sujetos a un riesgo por daños o amenazas ocasionadas por factores biofísicos y sociales. Esto conduce a una situación de limitada o nula capacidad de respuesta frente a tal contingencia y grandes dificultades para adaptarse al nuevo escenario generado por la materialización del riesgo.

### *¿Cómo evaluar vulnerabilidad socioambiental y seguridad hídrica?*

Con el fin de conocer las diferentes dimensiones de la problemática del agua, el concepto de vulnerabilidad socioambiental es central. Lo defino como el proceso que lleva a situaciones críticas e irreversibles en torno a la calidad y cantidad de los recursos hídricos que ponen en riesgo el desarrollo humano y el funcionamiento de los ecosistemas. La vulnerabilidad socioambiental que un país o región experimenta puede ser un indicador de la seguridad hídrica, es decir, de la capacidad de la sociedad para garantizar: a) una adecuada cantidad y calidad de agua para el funcionamiento de los ecosistemas, b) la producción y autosuficiencia alimentaria, c) la satisfacción de las necesidades básicas de la población, y d) la reducción y manejo adecuado de los conflictos y disputas por el agua. En este sentido, puedo afirmar que existe una relación inversamente proporcional entre vulnerabilidad socioambiental y seguridad hídrica (Winpenny, 2004; UNESCO-IHE, 2004; SEI, 2004).

Para el caso específico de México, evalué la vulnerabilidad de manera cualitativa e indicativa a partir de considerar una serie de variables físicas, climáticas, ecológicas, sociales, políticas, demográficas y económicas. Esto fue con la idea de analizar las tendencias actuales que conducen a una situación de mayor vulnerabilidad y menor seguridad hídrica en el país; y así proyectar escenarios alternativos.

### **La unidad de análisis territorial y los datos disponibles**

Como referente territorial para evaluar la vulnerabilidad socioambiental en México se consideró la regionalización hidrológico-administrativa propuesta por la Comisión Nacional del Agua, que es la instancia federal encargada de normar y regular la gestión de los recursos hídricos (CNA, 2001a). El principio rector es la cuenca hidrológica como

unidad de manejo del agua y el municipio como la unidad política-administrativa a escala local. La conjunción de ambos elementos es lo que conduce a la caracterización de 13 regiones hidrológico-administrativas en el país:

1. Península de Baja California.
2. Noroeste.
3. Pacífico Norte
3. Balsas.
4. Pacífico Sur.
5. Río Bravo.
6. Cuencas centrales del Norte.
7. Lerma-Santiago Pacífico
8. Golfo Norte.
9. Golfo Centro.
10. Frontera Sur.
12. Península de Yucatán.
13. Valle de México

La obtención de datos se apoyó en diferentes fuentes: el censo de población (INEGI, 2000) para todos los municipios que integran las 13 regiones hidrológicas (cerca de 2 500 en todo el país) y las estadísticas existentes en materia de agua (CNA, 2001b; CNA, 2002; CNA, 2004). Otras fuentes fueron los estudios nacionales sobre pobreza y marginación social, diversidad biológica, desastres naturales y conflictos (Conabio, 2000; Conapo, 2001; Cenapred, 2001; Sedesol, 2003; CNA, 2002 y 2003). Una vez compiladas las estadísticas y bases de datos respectivas, se procesó la información por municipio y regiones hidrológicas-administrativas. La idea fue tener un panorama de la situación del agua en México en el año 2000. Sin embargo, es clara la limitación que varias de las fuentes disponibles pueden tener, como es el caso de los estudios sobre conflictos por agua.

### **Los indicadores de vulnerabilidad socioambiental**

Como la vulnerabilidad socioambiental por el agua es un proceso complejo donde intervienen desde aspectos ecológicos hasta sociopolíticos, se desarrolló una propuesta metodológica. Ésta consistió en construir una serie de indicadores de tipo cualitativo y cuantitativo con el fin de evaluar la vulnerabilidad en un espacio y tiempo determinados:

- Vulnerabilidad ecológica.
- Vulnerabilidad climática por sequías e inundaciones.
- Vulnerabilidad por disponibilidad de agua.
- Vulnerabilidad por presión hídrica.
- Vulnerabilidad por explotación de acuíferos.
- Vulnerabilidad por contaminación del agua.
- Vulnerabilidad agrícola.
- Vulnerabilidad urbana.

- Vulnerabilidad por marginación social.
- Vulnerabilidad económica.
- Vulnerabilidad política.

El grado de vulnerabilidad para cada indicador se determinó con base en los valores máximos y mínimos que había en las regiones hidrológico-administrativas. De dicho rango se obtuvieron tres niveles de vulnerabilidad: alta, media y baja.

*Vulnerabilidad ecológica:* se consideran aquellas zonas hidrológicas con alta biodiversidad que están amenazadas (Conabio, 2000). El grado de vulnerabilidad se determina por el número de zonas hidrológicas prioritarias<sup>1</sup> amenazadas en cada región hidrológica-administrativa.

*Vulnerabilidad climática:* son los cambios en el patrón de precipitación que conllevan a la ocurrencia de sequías e inundaciones en determinadas regiones del país (Cenapred, 2001; CNA, 2001b). El grado de vulnerabilidad se obtiene a partir de la frecuencia registrada de fenómenos extraordinarios, como sequías (periodo 1948-1996) y huracanes (periodo 1980-2000).

*Vulnerabilidad por disponibilidad de agua:* el volumen de agua superficial y subterránea potencialmente aprovechable con respecto al total de la población es lo que se llama disponibilidad. La vulnerabilidad se mide por los niveles de disponibilidad per cápita (CNA, 2001b y 2002; INEGI, 2000; Shiklomanov, 2002).

*Vulnerabilidad por presión hídrica:* la relación entre disponibilidad de agua superficial y subterránea con respecto a los diferentes usos, humano, agrícola e industrial (CNA, 2001b; INEGI, 2000) es lo que se conoce como presión o estrés hídrico. El grado de presión se determina a partir de la clasificación propuesta por el Programa Hidrológico Internacional de la UNESCO (Shiklomanov, 2002).

*Vulnerabilidad por explotación de aguas subterráneas:* los acuíferos que se encuentran en una relación de desequilibrio entre la extracción y recarga de agua se consideran sobreexplotados. En consecuencia, la vulnerabilidad se determina de acuerdo al número y extensión de acuíferos sujetos a condiciones de alta sobreexplotación (CNA, 2002).

*Vulnerabilidad por contaminación del agua:* los cuerpos de agua (ríos, lagos) que tienen un bajo índice de calidad del agua (ICA) se consideran contaminados. La vulnerabilidad se determinó con base en aquellos que experimentaron altos niveles de contaminación por región hidrológica (CNA, 2002).

*Vulnerabilidad agrícola:* las áreas agrícolas sujetas a irrigación por agua superficial y subterránea son dependientes de las variaciones en la precipitación (sequías, inundaciones), y de la disponibilidad y los niveles de calidad del agua. La vulnerabilidad se mide por el alto porcentaje de agua utilizada para riego con respecto al total nacional, el grado de

sobreexplotación de los acuíferos, la alta contaminación del agua superficial y la ocurrencia de sequías y huracanes (CNA, 2001b, 2002).

*Vulnerabilidad urbana:* las ciudades mayores de 100 000 habitantes que se encuentran en una situación de baja disponibilidad de agua y elevadas tasas de crecimiento demográfico o pobreza, se consideraron como vulnerables (Sedesol, 2003; INEGI, 2000).

*Vulnerabilidad por marginación social:* la población marginal es la que experimenta deficiencias en la obtención de sus satisfactores básicos (alimento, vivienda, servicios de agua, educación, ingreso). La vulnerabilidad se determina por el porcentaje de la población que tiene niveles de alta marginalidad social (Conapo, 2001).

*Vulnerabilidad económica:* el grado de desarrollo económico se puede medir de manera indirecta por medio del Producto Interno Bruto (PIB) generado por persona. La vulnerabilidad se determina a partir de los bajos niveles del PIB que conllevan a una limitada capacidad económica para resolver los problemas de abastecimiento y saneamiento del agua (Conapo, 2001; INEGI, 2000; CNA, 2001b).

*Vulnerabilidad política:* el grado de conflictividad es una expresión de los problemas asociados con la gestión y gobernanza<sup>2</sup> de los recursos hídricos. La vulnerabilidad se expresa por el número de conflictos y disputas por el agua registrados en las regiones hidrológicas (CNA, 2003).

## Índice de vulnerabilidad socioambiental por el agua

Más que la determinación cuantitativa de un índice de vulnerabilidad socioambiental por el agua, la idea fue integrar las variables o indicadores de vulnerabilidad ecológica, hidrológica, climática, económica, social y política. Esto fue con el fin de mostrar su recurrencia en las diferentes regiones hidrológicas y así evaluar el grado de vulnerabilidad.

De manera más específica, se construyó una matriz de vulnerabilidad socioambiental donde se consideró el conjunto de indicadores mencionados para cada región. El análisis cualitativo consistió en marcar sólo los casos donde el grado de vulnerabilidad era alto por indicador.

La evaluación del grado de vulnerabilidad socioambiental se basó en la frecuencia de indicadores con valores altos de vulnerabilidad para cada una de las regiones hidrológicas. El peso de cada indicador fue el mismo. El rango de frecuencias fue desde los valores máximos hasta los mínimos obtenidos y se dividieron en niveles de alta, media y baja vulnerabilidad. En términos cuantitativos, algunas regiones llegaron a coincidir en frecuencia; sin embargo, en términos cualitativos esto no ocurrió necesariamente. En este sentido,

**Cuadro 1**  
Matriz de vulnerabilidad socioambiental por el agua

Región hidro- lógica admini- strativa	Vulnerabilidad												
	Ecológica (áreas ame- nazadas)	Sequía	Inundación (huracanes)	Disponi- bilidad de agua	Contami- nación	Sobreex- plotación	Estrés hídrico	Agrí- cola	Urba- na	Bajos ingresos (PIB per cápita)	Margi- nación	Con- flictos	Socio- am- biental. Agua
1. Península de Baja California		X	X	X	X		X	X	X				
2. Noroeste	X	X				X	X	X	X				
3. Pacífico Norte	X	X	X		X		X	X		X			
4. Balsas	X			X			X	X	X	X	X	X	
5. Pacífico Sur	X				X					X	X	X	
6. Río Bravo	X	X		X	X		X	X	X				X
7. Cuencas cen- trales del Norte	X	X		X	X	X	X	X	X	X			
8. Lerma Santia- go Pacífico				X	X	X	X	X	X	X			X
9. Golfo Norte		X					X	X		X	X	X	X
10. Golfo Centro	X				X					X	X	X	
11. Frontera Sur					X					X	X	X	
12. Península de Yucatán	X		X		X					X	X	X	
13. Valle de México	X	X		X	X	X	X	X	X				X

Fuente: Elaboración propia con base en los 12 indicadores de vulnerabilidad.

se combinó el análisis cualitativo con el cuantitativo, ya que se determinaron los factores por los que las regiones eran más vulnerables y se midió el grado de vulnerabilidad.

Cabe señalar que en esta parte del análisis se privilegió lo cualitativo, debido a que se buscó conocer los aspectos críticos del agua y sus tendencias por región. Además, se trató de trascender la discusión sobre la cuantificación y elaboración de índices numéricos, que integran una diversidad de variables generalmente inconmensurables (Gleick, 2002).

De igual manera, se buscó expresar los resultados de manera cartográfica por regiones hidrológico-administrativas para hacer más claro el análisis y mostrar las diferencias existentes al interior del país. Con base en el cuadro 1, se tiene que las regiones con niveles altos de vulnerabilidad fueron: Península de Baja California (i), Noroeste (ii), Pacífico Norte (iii), Balsas (iv), Río Bravo (vi), Cuencas centrales del norte (vii), Lerma (viii), Golfo Norte (ix) y Valle de México (xiii). Es decir, nueve de trece regiones. Únicamente tres regiones tuvieron niveles de vulnerabilidad intermedia: Pacífico Sur (v), Golfo Centro (x) y Península de Yucatán (xii); y sólo la región Frontera Sur (xi) fue baja.

Si se observa el mapa 1, es claro que la mayor parte del país se encuentra en una situación crítica. No obstante,

dentro de las regiones, hay diferencias en cuanto a los factores que contribuyen a la vulnerabilidad. Veamos algunos ejemplos:

La región vii de las cuencas centrales del norte es altamente vulnerable a 9 de 12 indicadores, ya que presenta: deterioro ecológico, frecuentes sequías, baja disponibilidad de agua, contaminación en la mayoría de sus cuerpos de agua, sobreexplotación de aguas subterráneas, alta presión y competencia por el agua, problemas en la agricultura de riego, ciudades con escasez de agua, bajos niveles de PIB para financiar obras de abastecimiento de agua e irrigación. En cambio, no es vulnerable a las inundaciones por huracanes, no tiene elevados niveles de marginación social ni registra un número importante de conflictos por el agua.

La región v del río Bravo es altamente vulnerable a 8 de 12 indicadores. Comparte varios indicadores con la región vii, pero difiere en que no presenta altos niveles de sobreexplotación de acuíferos ni bajos niveles del PIB. Además, tiene niveles altos de conflictividad por el agua.

La región ii Noroeste es vulnerable en lo ecológico, sequía, explotación acuíferos, estrés hídrico, agrícola y urbano; y la región ix Golfo Norte es vulnerable a la sequía, estrés hídrico, agrícola, PIB, marginación y conflictos. Si bien

Mapa 1  
Vulnerabilidad socioambiental por el agua



ambos tienen el mismo número de indicadores (6) sólo comparten la mitad de ellos (sequía, estrés, agrícola) y difieren en el resto.

En este sentido, el análisis de la vulnerabilidad socioambiental muestra los factores cuantitativos y cualitativos donde las regiones son similares y diferentes, y conlleva a la necesidad de realizar estudios regionales como una forma de entender las especificidades de cada una de ellas.

### Conclusiones

El presente ensayo trató de mostrar un panorama global de la situación del agua en México y sus tendencias para los próximos años, a partir de considerar una diversidad de factores que conllevan a un escenario de vulnerabilidad y pérdida de la seguridad hídrica.

La complejidad de estudiar estos factores es lo que llevó al desarrollo de una propuesta metodológica que integró aspectos cuantitativos y cualitativos en el análisis. Es decir, se evaluó la vulnerabilidad socioambiental por el agua en

México con base en 12 indicadores sobre aspectos biofísicos y sociales.

Es claro que el estudio fue de carácter indicativo y, por tanto, fue un diagnóstico general para ver dónde estamos y hacia dónde vamos. Pero se reconoce que las propias fuentes consultadas fueron una limitación, ya que no se generaron con los mismos supuestos metodológicos. De allí que se privilegiara estudiar los aspectos cualitativos, más que encontrar un índice numérico de la vulnerabilidad socioambiental.

En este sentido, es necesario un nivel de análisis más profundo y detallado para entender cada una de las dimensiones del problema del agua en el país, sin embargo, la visión global del problema es un eje analítico que no debe perderse.

Es importante señalar que dentro de los hallazgos de la investigación estuvieron que el país es cada vez más vulnerable y tiene menor seguridad hídrica, como resultado de una multiplicidad de factores socioambientales. Entender cuáles factores están influyendo, así como la manera en que afectan a las diferentes regiones, fue una de las principales contribuciones de este trabajo.

## Notas

- <sup>1</sup> Según la regionalización de la Comisión Nacional para la Conservación y Uso de la Biodiversidad (Conabio). Se basa en aquellas áreas que tienen importancia hidrológica (ríos, lagos, manglares, selvas, etc.) y que, a su vez, tienen alta diversidad biológica.
- <sup>2</sup> Tiene que ver con la forma en que se decide sobre el acceso, uso y distribución del agua, qué actores sociales y políticos participan en dicha toma de decisiones y cómo se manejan y resuelven los conflictos.

## Bibliografía

- Aguilar, Adrián G., Boris Graizbord y Álvaro Sánchez Crispín, *Las ciudades intermedias y el desarrollo regional en México*, UNAM-Conaculta-Colmex, México, 1996.
- Barrios, Eugenio, "Proyecto de rediseño del programa nacional de monitoreo" en Patricia Ávila (ed.), *Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI: México desde una perspectiva global y regional*, El Colegio de Michoacán, México, 2003.
- Cenapred (Centro Nacional para la Prevención de Desastres), *Atlas de riesgos en México*, México, 2001.
- Comisión Nacional del Agua, *Programa Nacional Hidráulico 2001-2006*, México, 2001a.
- , *Compendio básico del agua en México 2002*, México, 2001b.
- , *Estadísticas del agua 2003*, México, 2002.
- , *SIGA-Sistema de Información Geográfica del Agua: Base de datos*, México, 2004.
- , *Informe sobre asuntos conflictivos*, México, 2003.
- Conabio (Comisión Nacional para el Conocimiento y uso de la Biodiversidad), *Agua y diversidad biológica en México*, México, 2000.
- Conapo (Consejo Nacional de Población), *Índice de marginación 2000*, México, 2001.
- García-Pelayo, Ramón, *Diccionario Pequeño Larousse 1992*, Ediciones Larousse, México, 1991.
- Gleick, Peter, "Measuring water well-being: water indicators and indices", en Peter Gleick y cols., *The World's Water: the biennial report freshwater resources 2002-2003*, Island Press, Washington, 2002.
- Habitat (Centro de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos), *An urbanizing world: global report on human settlements*, Oxford University Press-United Nations, Gran Bretaña, 1996.
- Hardoy, Jorge, Diana Mitlin y David Satterthwaite, *Environmental problems in Third World Cities*, EARTHSCAN, Londres, 1992.
- Magaña, Víctor y Carlos Gay García, "Vulnerabilidad y adaptación regional ante el cambio climático y sus impactos ambientales, sociales y económicos" en *Gaceta Ecológica*, núm. 65, México, 2002.
- Rodríguez, Ramiro y Teodoro Silva, "Conservación de la calidad del agua subterránea: reto del fin del milenio", en Patricia Ávila (ed.), *Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI: México desde una perspectiva global y regional*, El Colegio de Michoacán, México, 2003.
- SEI (Stockholm Environment Institute), *Risk and Vulnerability Program*, Stockholm, 2004. Véase: [www.sei.se](http://www.sei.se).
- Sedesol, *Índice de marginación urbana 2000*, México, 2003.
- Shiklomanov, Igor, *World Water Resources at the Beginning of the 21<sup>st</sup> Century*, PHI-UNESCO, 2002.
- Tiscareño, Mario et al., "Patrones de precipitación en año El Niño: su efecto en la agricultura y seguridad alimentaria en México", en Patricia Ávila (ed.), *Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI: México desde una perspectiva global y regional*, El Colegio de Michoacán, México, 2003.
- UNESCO-IHE, *International Hydrological Education Program*, París, 2004. Véase: [www.unesco.org/water](http://www.unesco.org/water).
- Varis, Olli, "Escasez de agua y vulnerabilidad: México desde una perspectiva global", en Patricia Ávila (ed.), *Agua, medio ambiente y desarrollo en el siglo XXI: México desde una perspectiva global y regional*, El Colegio de Michoacán, México, 2003.
- Winpenny, J. T., *Managing Water Scarcity for Water Security*, FAO, s/f. Véase: <http://www.fao.org/ag/agl/aglw/webpub/scarcity.htm>, agosto 2004.