



AGUA EN LA  
AGRICULTURA:  
Sostenibilidad y tendencias



# Dimensionamiento de la vulnerabilidad para afrontar la sequia en la cuenca del Río Bravo

Israel Velasco, David Ortega, Jesús de la Cruz, Heidy Castellano  
Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

II Congreso Nacional de Riego y Drenaje COMEII 2016  
08 al 10 de septiembre del 2016  
Chapingo, México

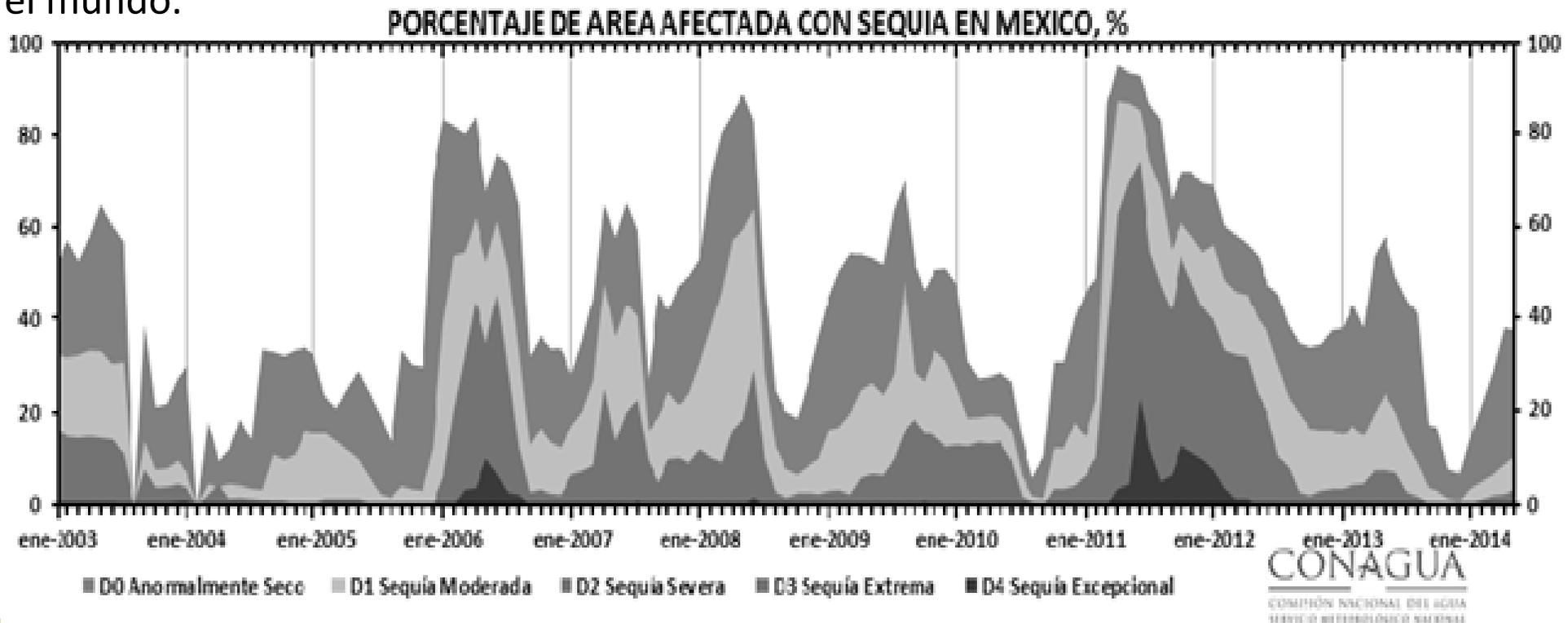


## Introducción

La región del Río Bravo en el norte de México tiene el problema del agua por su escasez y sobreexplotación para todos los usos, haciéndola especialmente vulnerable a las variaciones naturales. Dimensionar los factores que explican el riesgo, ayuda a formular programas y acciones de mitigación. El riesgo es producto de la interacción de tres factores principales: vulnerabilidad, exposición y severidad, y sólo este último es de carácter natural; los otros son antropogénicos. Sin embargo, la vulnerabilidad es un término subjetivo, porque para la misma situación, significa diferentes cosas para diferentes usuarios. La interacción de estos factores conduce a la desagregación de los componentes de la vulnerabilidad: nivel de exposición, adaptabilidad, y sensibilidad; evaluar la vulnerabilidad puede hacerse desde un enfoque aditivo o multiplicativo.

Este trabajo se centra en el enfoque aditivo e incluye 11 factores principales, que están relacionados con aspectos sociales, económicos y ambientales; su tratamiento conjunto puede conducir a la consideración global del problema. Puesto que la unidad geográfica de análisis de agua es la cuenca, este es también el nivel de estimación de la vulnerabilidad. La metodología se basa en definir la zona de estudio y los factores que interactúan, asumiendo información de calidad; los pasos básicos son el cálculo, análisis y procesamiento de la información; la última fase es determinar los pesos de cada uno de los factores utilizando el software *Superdecisions*<sup>®</sup>, cuidando ciertas restricciones y condiciones de la teoría de matrices. Después es necesario hacer un proceso de calibración, y uno de los resultados es un mapa de cada tipo de vulnerabilidad -ambiental, económica, social y global-, que es una forma práctica y objetiva, básica para la planificación de la mitigación del impacto de la sequía.

La sequía es un fenómeno climático temporal recurrente, caracterizado por una reducción en la precipitación pluvial con respecto a la considerada como normal para una zona determinada; no presenta epicentro ni trayectorias definidas sino que tiende a extenderse de manera irregular a través del tiempo y del espacio, provocando que el agua disponible sea insuficiente para satisfacer las distintas necesidades humanas y de los ecosistemas. La sequía es considerada como uno de los fenómenos naturales más complejos y que afecta a más personas en el mundo.





## La sequía de 2011-2012: una de las más intensas y extensas en México

## VULNERABILIDAD, UNO DE LOS PARÁMETROS CLAVES DE LA SEQUIA

Peligro, riesgo y vulnerabilidad son conceptos asociados, que en relación con la sequía





**Vulnerabilidad, como producto de sus factores asociados**



**La vulnerabilidad, como parte del proceso de elaboración de *Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía***

Nombre	Grado de exposición	Sensibilidad	Capacidad de adaptación
Vulnerabilidad económica	f-1a	f-2a	f-3a
	f-1b	f-2b	f-3b
		f-4a	
Vulnerabilidad social	f-1a	f-6c	f-3a
	f-1b		f-3b
Vulnerabilidad ambiental	f-1a	f-5a	f-6a
	f-1b		f-6b
Vulnerabilidad Global	f-1a	f-2a	f-3a
	f-1b	f-2b	f-3b
		f-4a	f-6a
		f-5a	f-6b
		F-6c	

**Factor 1a (f-1a).** Grado de presión sobre el recurso hídrico (oferta/demanda)

**Factor 1b (f-1b).** Grado de explotación en los acuíferos

**Factor 2a (f-2a).** Densidad de población al año 2010

**Factor 2b (f-2b).** Valor de la producción del sector agrícola (riego y temporal)

**Factor 3a (f-3a).** Disponibilidad natural *per cápita* de aguas superficiales

**Factor 3b (f-3b).** Disponibilidad natural *per cápita* de aguas subterráneas

**Factor 4a (f-4a).** Población económicamente activa (PEA) desocupada (%)

**Factor 5a (f-5a).** Deforestación (% de área forestal)

**Factor 6a (f-6a).** Cobertura vegetal natural (% de área)

**Factor 6b (f-6b).** Áreas naturales protegidas (% de área)

**Factor 6c (f-6c).** Índice de marginación %.

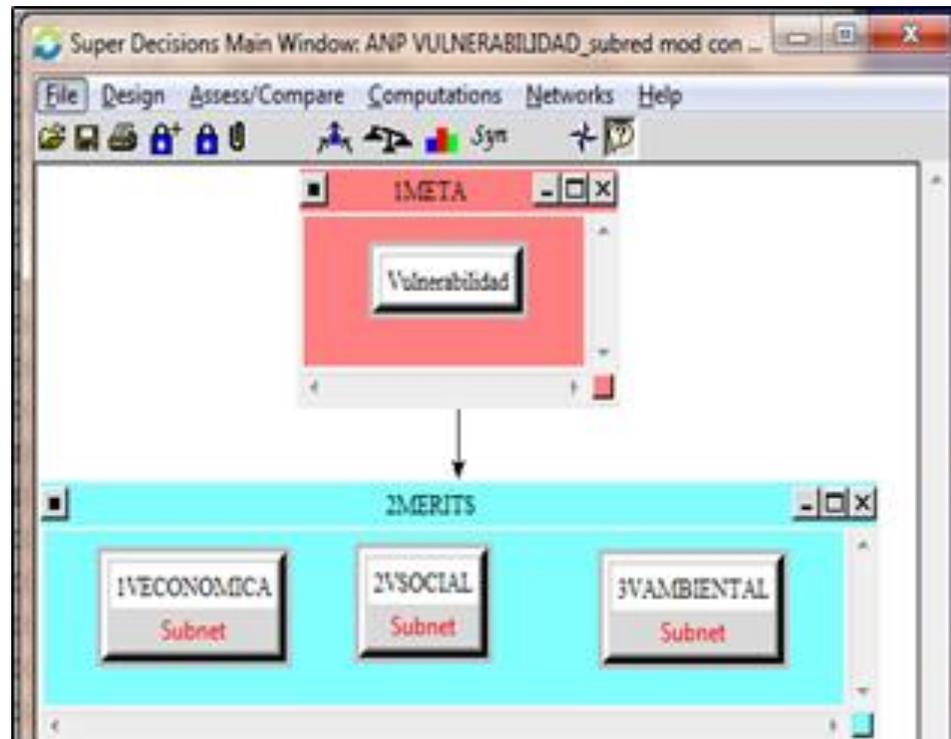
Rango	Valor mínimo	Valor máximo
Muy alta	0.59001	1.000
Alta	0.29001	0.59
Media	0.15001	0.29
Baja	0.06001	0.15
Muy baja	0.000	0.06

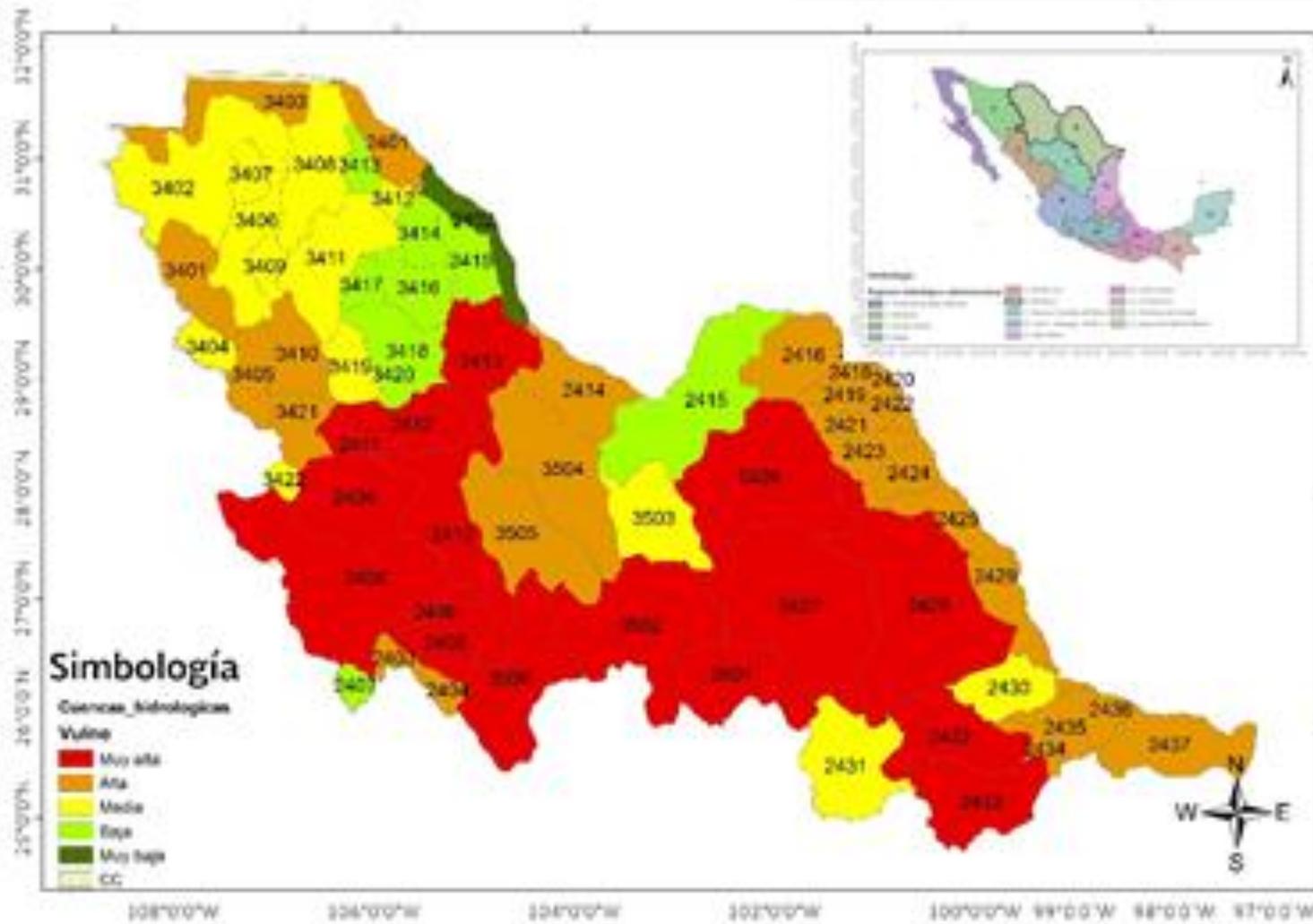
La vulnerabilidad, evaluada según este criterio, no tiene una distribución lineal o proporcional, sino que es progresiva. A todos los datos (valores determinados) de cada factor y para cada cuenca se les aplicó la modulación con el objeto de homogeneizar los valores en un rango de [0,1], mediante la expresión:

$$\text{Modulación} = \frac{(factor_i) - Min_{matriz}}{Máx_{matriz} - Min_{matriz}}$$

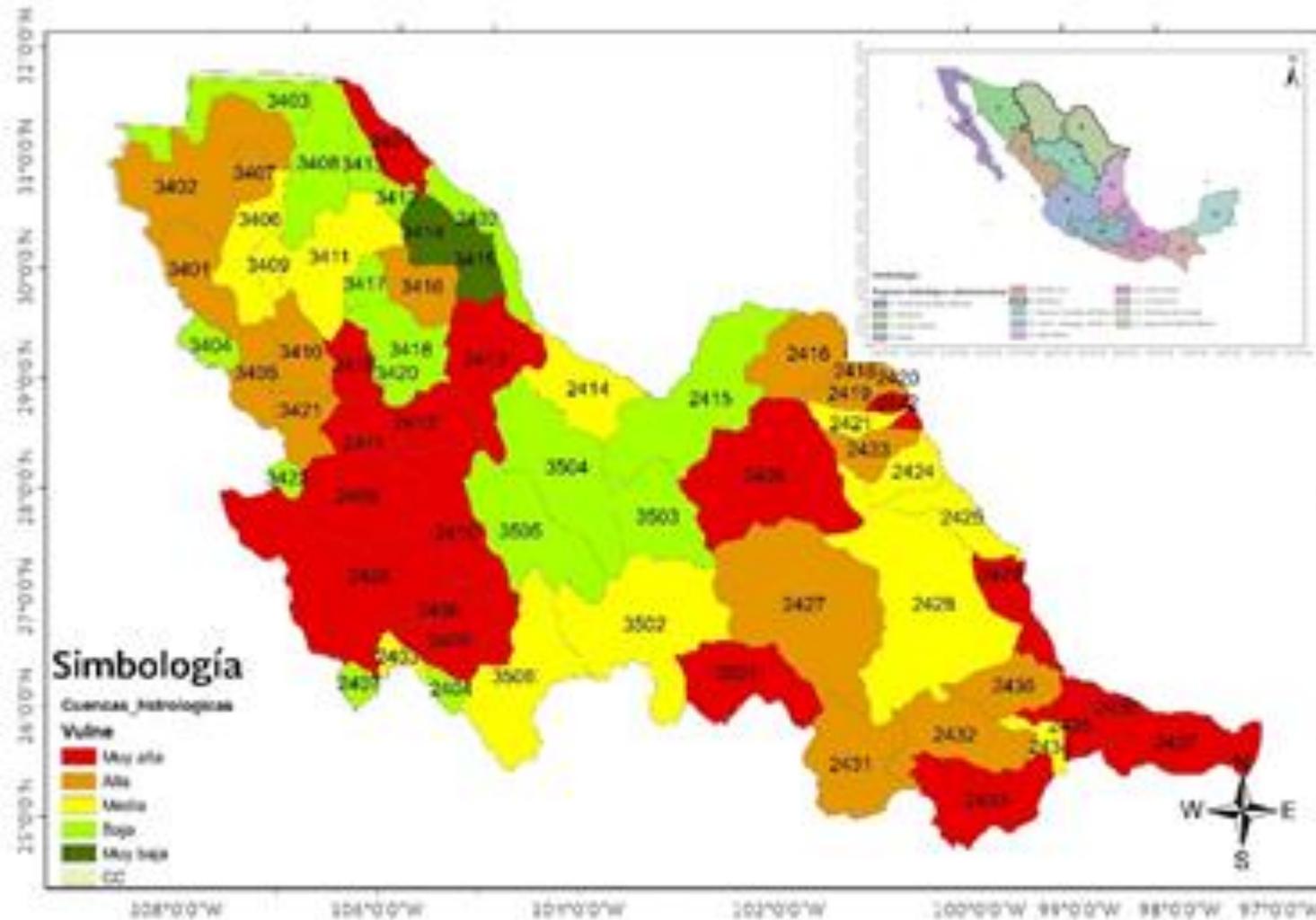
Después de estimar y normalizar los valores de los factores propuestos, se calcularon los pesos de cada factor usando el software *Superdecisions*®. Para cada cuenca que integra a la región hidrológica, se multiplica el valor modulado del dato de cada factor por su peso (resultado del software *Superdecisions*®); obteniendo como un promedio ponderado cada una de las componentes (*Ge*, *Se* y *Ca*), según la vulnerabilidad en cuestión.

$$\text{Vulnerabilidad} = Ge + Se - Ca$$

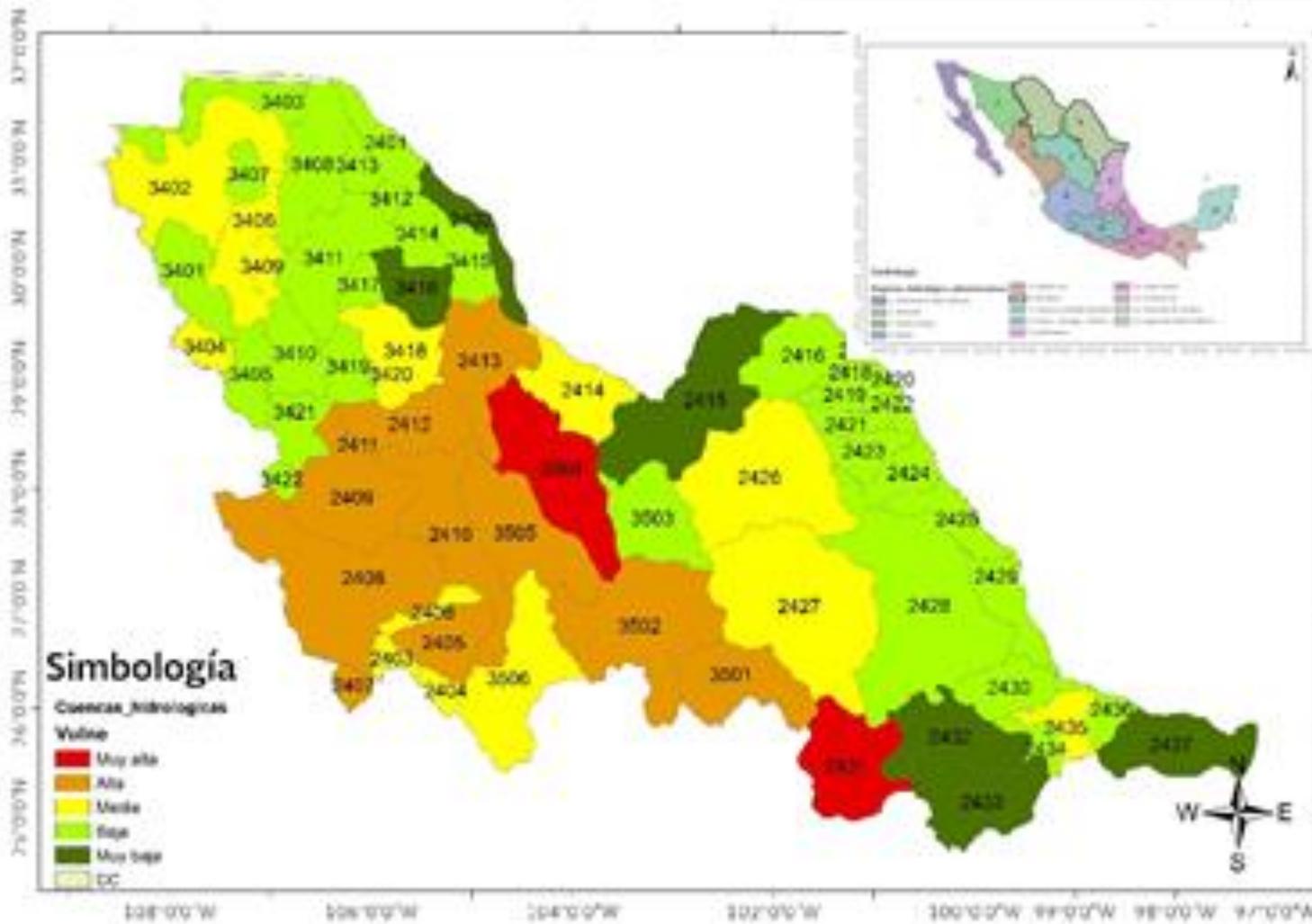




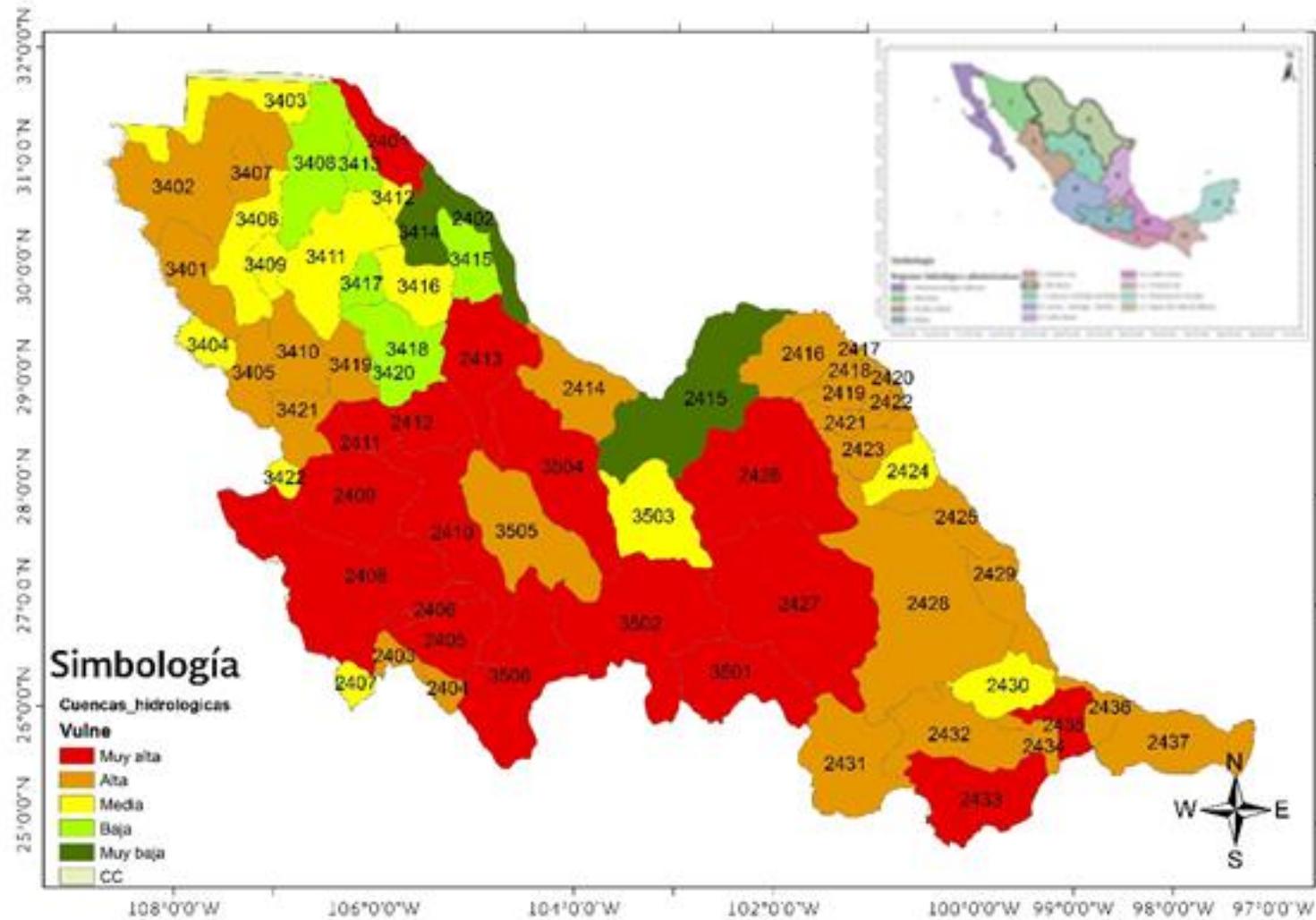
## Vulnerabilidad ambiental por cuenca, en la región hidrológica del Río Bravo.



## Vulnerabilidad económica por cuenca, en la región hidrológica del Río Bravo



## Vulnerabilidad social por cuenca en la región hidrológica del Río Bravo



## Vulnerabilidad global por cuenca en la región hidrológica del Río Bravo



## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

**La vulnerabilidad es un concepto relativamente ambiguo y subjetivo; sin embargo, es determinante en la evaluación de la sequía y, por ende, en los programas y acciones que se diseñen para afrontar y mitigar sus efectos. En este trabajo se presenta un método preliminar para dimensionar la vulnerabilidad, y de esta manera poder hacerla más manejable en esos programas.**

**Versiones y avances posteriores podrían enfocarse en la evaluación, además de por cuenca, por municipio y estado, dado que las políticas públicas y recursos para atender el fenómeno se asignan y ejercen en estas instancias geopolíticas y administrativas.**