

### 3. Análisis de vulnerabilidad ante la sequía

#### 3.1. Generalidades

El término vulnerabilidad, generalmente puede concebirse como una disposición en los sistemas económicos, sociales y ambientales a ser potencialmente afectados por una amenaza. Es una noción empleada para analizar diferentes aspectos de la realidad, y no existe una definición unívoca de la misma. Según la Real Academia de la Lengua Española, el término vulnerabilidad es la “cualidad de vulnerable”, es decir, a ser herido. Para la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres (EIRD), la vulnerabilidad es “una condición determinada por factores o procesos físicos, sociales, económicos y ambientales, que aumentan la susceptibilidad a un sector al impacto de la amenaza”. Un sistema se convierte en vulnerable en el grado en que está expuesto a un peligro. Definiendo al peligro como una condición del tiempo o clima, que cuando se manifiesta en amenaza puede inducir efectos negativos en un sistema vulnerable (Magaña, 2012).

Para el IPCC (2007), define a la vulnerabilidad como “el grado al cual un sistema (hidrológico de uso del agua) es susceptible e incapaz de hacer frente a los efectos adversos del cambio climático, incluyendo la variabilidad climática y los extremos”.

#### Vulnerabilidad a la sequía.

Ésta se concibe como la potencial pérdida de vidas y bienes a consecuencia de un fenómeno natural, y donde la sequía es la principal causa del desastre; siendo variable en el tiempo y circunstancias, y se comporta como un proceso dinámico.

Por otra parte se tiene al riesgo, como la probabilidad de un evento dañino de cierta magnitud, con ocurrencia en un lugar particular, y dentro de un periodo de tiempo determinado. Qué haciendo el comparativo respecto la vulnerabilidad, el riesgo calculado es estático mientras que la vulnerabilidad es cambiante. (Figura 3.1)

**Figura 3.1** A lo anterior, los desastres vendrían siendo la materialización del riesgo.



Basándonos en la metodología del Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007), la vulnerabilidad es una intersección de tres factores: Grado de Exposición (Ge), Sensibilidad (Se) y Capacidad de adaptación (Ca) (Figura 3.2).

Es decir:

$Vulnerabilidad = f(Exposición, Sensibilidad, Capacidad Adaptación)$  del sistema.

Donde, para el caso de la sequía:

- El Grado de Exposición (*Ge*), es la magnitud en que los factores climáticos afectan al sistema, y es básicamente una función de la geografía (por ej. las zonas semiáridas están más expuestas a la sequía).
- La Sensibilidad (*Se*), representará el grado en que se ve afectada una cuenca, comunidad o ecosistema por estrés climático (por ej. Una localidad que dependa de la agricultura de temporal está más sensible a la variación de los patrones de precipitación que aquella donde el comercio o minería es el principal medio de subsistencia).
- La Capacidad de Adaptación (*Ca*), se refiere a la resiliencia de la región ante condiciones de sequía, es decir, al potencial de adaptarse al estrés impuesto por las sequías.

**Figura 3.2** Concepto de “VULNERABILIDAD” en función de sus componentes (IPCC, 2007)



De la definición de los tres factores, se pueden establecer dos enfoques de cálculo de la vulnerabilidad, ya sea como una suma del **Ge** y **Se** y restarle la **Ca**; o bien, manejarlo como un cociente, donde el producto de la **Ge** y la **Se** sean los numeradores y como denominador la **Ca**. En ambos casos, al existir mayor exposición y sensibilidad y una menor capacidad de adaptación se esperaría mayor vulnerabilidad a la amenaza del peligro; caso contrario, una mayor capacidad de adaptación en comparación a los otros dos parámetros, resultará una mejor capacidad de adaptarse al estrés hídrico o mayor potencial de adaptación.

Método aditivo

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

Método multiplicativo

$$\text{Vulnerabilidad} = \frac{(\text{Ge} * \text{Se})}{\text{Ca}}$$

De las dos expresiones mostradas conceptualmente, solo se explorará para esta versión de los PMPMS el método aditivo.

La importancia de contar con un estudio de vulnerabilidad como elemento fundamental para estimar los potenciales impactos de la sequía, permite evitar generalidades y caer como en la mayoría de las veces en ambigüedades del tipo, por ejemplo, Tamaulipas es muy vulnerable a la sequía, al Tamaulipas es vulnerable en tal medida a la sequía. Existe la literatura y trabajos técnicos especializados estudios de vulnerabilidad, que en su mayoría forman parte del número de trabajos de aproximación a la estimación de la misma, y donde las condiciones de vulnerabilidad se estiman con base a la experiencia de quien las califica, siendo casi siempre de forma subjetiva ante la carencia de criterios establecidos para su cuantificación; y aparte, un problema principal que han presentado es que no siempre han logrado conjuntar los elementos sociales, económicos y ambientales en forma dinámica como para hacer una proyección .

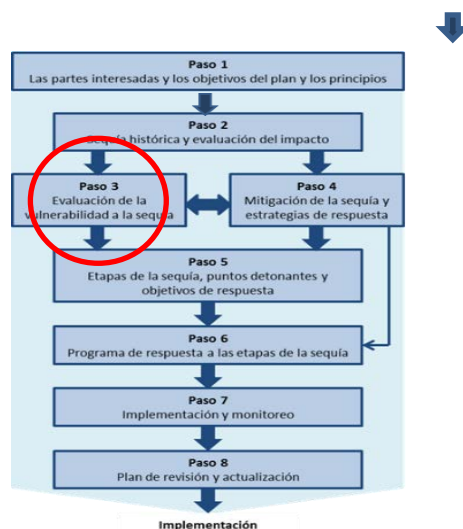
Partiendo de que no hay una fórmula o metodología universalmente aceptada para cuantificar la vulnerabilidad de la estructura socio-económica-ambiental de una región a los eventos de sequía o déficit hídrico, existe un espacio para definir o elegir la que más convenga en cada caso.

Como antecedentes a las metodologías aplicadas para evaluar la vulnerabilidad ante la sequía en el Consejo de Cuenca del Río Bravo son:

- a. La desarrollada por el Panel Intergubernamental sobre Cambio Climático (IPCC, 2007) y que ha sido aplicada en México por la CONAGUA (2012). Esta metodología tiene como propósito la identificación espacial y jerarquización de las áreas geográficas (definiendo a las “células de planeación” como unidad básica de estudio) que tienen una mayor vulnerabilidad ante la sequía, tomando en cuenta aspectos económicos y sociales; permitiendo con esto identificar aquellas áreas en que resulta prioritario realizar e implementar medidas preventivas y de mitigación, así como esfuerzos de adaptación que aumenten su grado de resiliencia.
- b. La propuesta por la propia CONAGUA (2012c) y que tiene como finalidad observar los cambios de vulnerabilidad del sector hídrico a través del tiempo, con base en la construcción de indicadores sobre el uso y la gestión del agua, principalmente, cuyo comportamiento varía con el paso de los años y pueden cambiar con decisiones o políticas que reflejan en alguna medida aspectos de la vulnerabilidad ante la sequía (Castorena, 1980; CENAPRED, 2007).

### 3.2. Justificación

En la primera versión de los PMPMS realizada en 2013, uno de los puntos clave a considerar fue el tema de vulnerabilidad a la sequía. Esto se abordó, para cada Consejo de Cuenca, según los diferentes criterios, conocimientos e información de cada hacedor (Universidades, IMTA); por ende, no hubo un consenso general ni en la metodología ni en los resultados, quedando como tema pendiente. He allí la propuesta de abordar el tema de la vulnerabilidad ante sequía con esta metodología que en párrafos siguientes se desarrollará.



### 3.3. Metodología

En esta versión de actualización de los PMPMS, en el capítulo de Vulnerabilidad ante la Sequía se propone una metodología basada en el IPCC (2007), donde las variantes que presenta respecto a las presentadas anteriormente, tanto en los trabajos de CONAGUA o del propio IMTA en los PMPMS 2013 son (Tabla 3.1) (Anexo Vulnerabilidades y anexo software)

- c. Considerar para el cálculo de la vulnerabilidad un mayor número de factores, 11 factores. Divididos en las tres componentes, grado de exposición, sensibilidad y capacidad de adaptación.
- d. Cálculo de la vulnerabilidad económica, social, ambiental y global.
- e. Determinar el peso de los factores usando un cálculo matemático a través de la teoría de matrices (software *Superdecisions*®).
- f. Considerar como unidad básica de estudio a la cuenca.

**Tabla 3.1** Factores seleccionados para calcular la vulnerabilidad social, económica y ambiental.

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

Fuente: Elaboración propia IMTA

- 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 %.

Enseguida se describen los diferentes tipos de vulnerabilidad, así como cada uno de los factores mencionados y la manera en que se interpretaron para valorar la vulnerabilidad ante las sequías en el Consejo de Cuenca del Río Bravo.

**Vulnerabilidad Económica:** se formula a partir de la relación indirecta entre los niveles de ingresos y el impacto de fenómenos físicos extremos, caso de la sequía, provocando el aumento en el riesgo de padecer el desastre debido a la falta de financiamiento a la producción, insuficiencia de ingresos, inestabilidad laboral y la dificultad a los accesos de los servicios formales de salud, educación y recreación, entre otros.

**Vulnerabilidad Social:** surge este tipo de vulnerabilidad y se fortalece ante la existencia de una deficiente organización y unión interna de la sociedad bajo riesgo, con el aumento del empobrecimiento, el desempleo y/o subempleo; limitando la capacidad de prevenir, mitigar y dar respuesta oportuna ante una situación del desastre por déficit hídrico.

**Vulnerabilidad Ambiental:** está relacionada con la susceptibilidad intrínseca del medio o los recursos naturales a sufrir daños por la falta de agua; esto es debido a que los seres humanos necesitan de ciertas condiciones ambientales para desarrollarse y donde en caso de tener en la naturaleza un dominio por la vía de la destrucción de las reservas del ambiente, los ecosistemas resultan altamente vulnerables.

En la Tabla 3.2 se mencionan y describen los principales factores que intervienen en el cálculo de los distintos tipos de vulnerabilidad, los cuales están relacionados con la gestión y el uso del agua y que se considera reflejan en mayor medida las causas de la vulnerabilidad del sector hídrico para el CC Río Bravo. Las principales fuentes de donde se extrajeron los datos fueron, los PHR, COANGUA, CONAPO, SAGARPA, INEGI, etc.

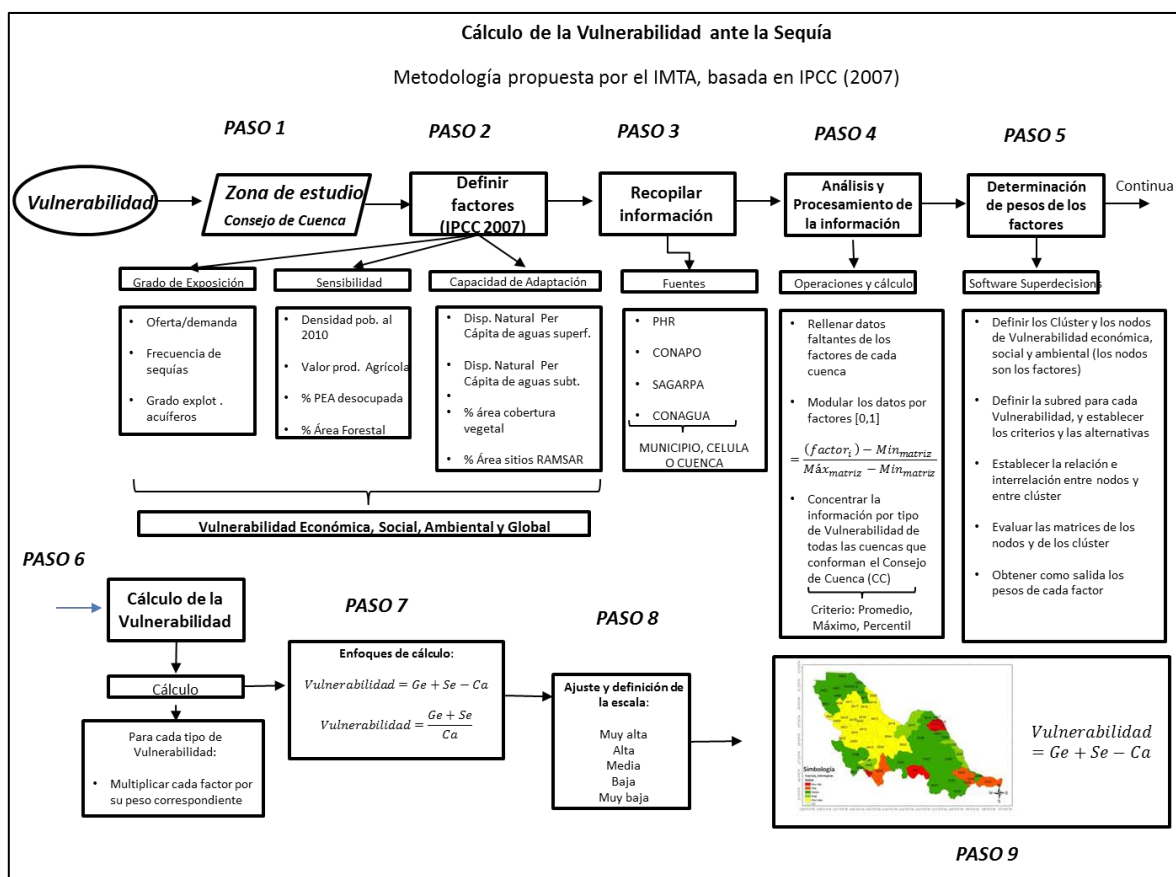
**Tabla 3.2** Definición de los factores para evaluar la vulnerabilidad ante la sequía

<b>Factor</b>	<b>Definición</b>	<b>Fórmula</b>
Factor 1a (f-1a). Grado de presión sobre el recurso hídrico.	Se refiere al cociente entre la brecha hídrica al 2030 y oferta sustentable.	$= \frac{G_{\text{presión}}}{\text{Demanda al 2030} - \text{Oferta sustentable}}$
Factor 1b (f-1b). Grado de explotación de los acuíferos	El agua subterránea se vuelve la principal fuente de suministro de agua ante un déficit hídrico.	Volúmenes expresados en hm <sup>3</sup>
Factor 2a (f-2a). Densidad de población al año 2010	Es la relación entre el número de habitantes y el área de la cuenca.	$\text{Densidad} = \frac{\text{No. Habitantes}}{\text{Área de la cuenca}}$
Factor 2b (f-2b). Valor de la producción del sector agrícola (riego y temporal)	La estadística del valor obtenido de la producción cosechada es un indicador del grado de sensibilidad de la cuenca	Valor expresado en miles de pesos
Factor 3a (f-3a). Disponibilidad natural per cápita de aguas superficiales	Resulta de dividir la disponibilidad natural media total del agua superficial de la cuenca entre el número de habitantes.	Volúmenes expresados en hm <sup>3</sup>
Factor 3b (f-3b). Disponibilidad natural per cápita de aguas subterráneas	Resulta de dividir la disponibilidad natural media total del agua subterránea de la cuenca entre el número de habitantes.	Volúmenes expresados en hm <sup>3</sup>
Factor 4a (f-4a). Población económicamente activa (PEA) desocupada (%)	Se refiere a la relación entre la población económicamente activa desocupada y la población económicamente activa total	$PEA_{\text{desocupada}} = \frac{PEA_{\text{desocupada}}}{PEA_{\text{total}}}, (\%)$
Factor 5a (f-5a). Deforestación (% de área forestal)	Representa las áreas deforestadas, la cual conlleva a una drástica disminución en el suministro de agua, aparte de romper el equilibrio climático.	$\text{Deforestación} = \frac{\text{Área deforestada}}{\text{ÁREA total}}, (\%)$

Factor	Definición	Fórmula
Factor 6a (f-6a). Cobertura vegetal natural (% de área)	La forma e intensidad en que se modifican la cubierta vegetal determina la persistencia de los ecosistemas y, por lo tanto, de los recursos que estos proporcionan.	$Cober\ veg\ nat = \frac{\text{Área}\ cober\ veg\ nat}{\text{ÁREA}\ total}, (\%)$
Factor 6b (f-6b). Áreas naturales protegidas (% de área)	Representan a las áreas legalmente protegidas para salvaguardar sus valores naturales, como son las reservas de la biosfera, parques naturales, santuarios, monumentos naturales, etc.	$\text{Áreas}\ natur\ proteg = \frac{\text{Área}\ nat\ prot}{\text{ÁREA}\ total}, (\%)$
Factor 6c (f-6c) Índice de marginación %.	El índice de marginación es una medida resumen de nueve indicadores socioeconómicos que permiten medir formas de la exclusión social y que son variables de rezago o déficit; siendo los tres más importantes: el porcentaje de población analfabeta, el porcentaje de población sin primaria completa y el porcentaje de población en viviendas con piso de tierra.	Es una combinación lineal de los indicadores estandarizados

Fuente: Elaboración propia IMTA.

La metodología está basada en nueve pasos, donde los primeros tres consisten en definir el área de estudio y los factores a interrelacionar, así como las principales fuentes para recopilar la información; el paso cuatro y cinco, quizás sean los medulares del cálculo y consisten en realizar el análisis y procesamiento de la información, y va desde rellenar los datos faltantes para cada uno de los factores, modularlos y concentrarlos en un cuadro base que contenga en un mismo arreglo todas las cuencas que integran al consejo de cuenca; en el caso del paso cinco, consistirá en obtener los pesos de cada uno de los factores usando el software *Superdecisions*® (SD).



Respecto al paso 6, se considera el cálculo de la vulnerabilidad usando el enfoque de sumar el grado de exposición más la sensibilidad y restarle la capacidad de adaptación.

Para cada tipo de vulnerabilidad, los factores se agruparán en **Grado de Exposición**, **Sensibilidad** y **Capacidad de Adaptación**, según cuadro anterior. Se multiplicará el valor modulado de cada factor por su peso (resultado del software Superdecisiones) ver anexo software, obteniéndose así cada una de los componentes de la vulnerabilidad, como un promedio ponderado de los factores **Ge**, **Se** y **Ca**.

$$\text{Promedio ponderado} = \frac{\sum_{i=1}^n (f_i \times P_i)}{\sum_{i=1}^n P_i}$$

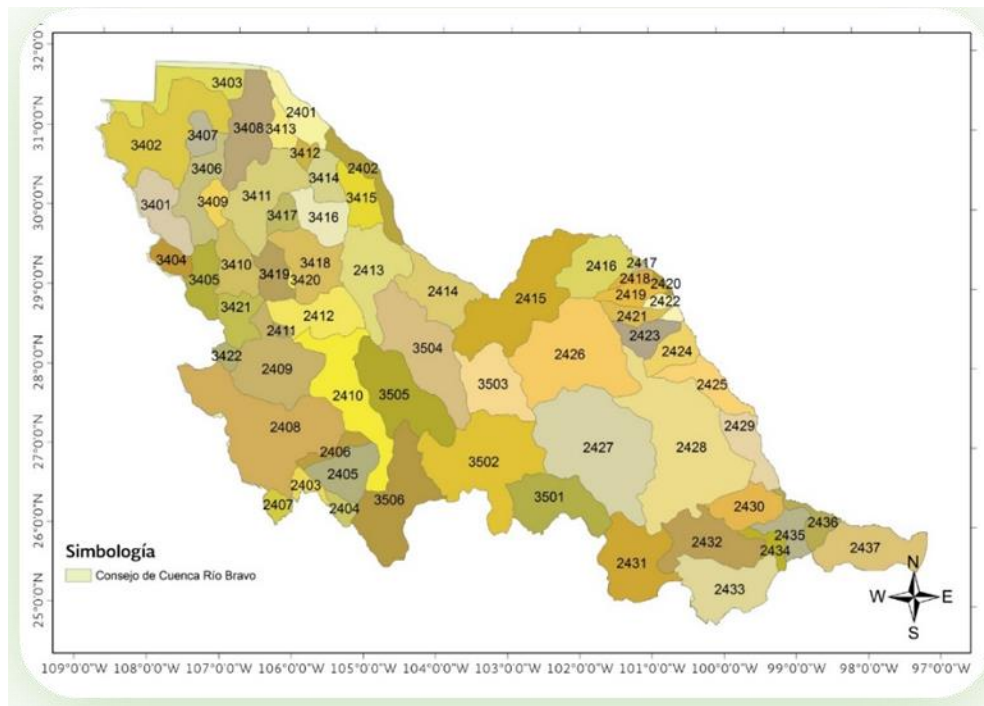
A los valores obtenidos de cada una de las cuencas se les clasifica en muy baja, baja, media, alta y muy alta, y se representan en un sistema SIG con tal de analizar la distribución espacial de la misma.

### 3.4. Análisis de la vulnerabilidad en el Consejo de Cuenca del Río Bravo

En este análisis de la vulnerabilidad se utiliza el concepto de cuenca, como unidad básica espacial de estudio, la cual se define, según la Ley de Aguas Nacionales, como “Unidad del territorio, diferenciada de otras unidades, normalmente delimitada por un parte aguas en donde ocurre el agua en distintas formas, y ésta se almacena o fluye hasta un punto de salida que puede ser el mar u otro cuerpo receptor interior”. En el caso del Consejo de Cuenca del Río Bravo, se tiene un dominio de 65 cuencas, y cada una de ellas internamente puede estar conformada por subcuencas o microcuencas. (Figura 3.3) y (Tabla 3.3).



**Figura 3.3** Cuencas que integran al Consejo de Cuenca del Río Bravo.



Fuente: CONAGUA, 2012. Programa Hídrico Regional 2030.

Es importante aclarar que, el “Consejo de Cuenca” no es un área física, la misma Ley de Aguas Nacionales la define como: órganos colegiados de integración mixta, que serán instancia de coordinación y concertación, apoyo, consulta y asesoría, entre “la comisión”, incluyendo el organismo de cuenca que corresponda, y las dependencias y entidades de las instancias federal, estatal o municipal, y los representantes de los usuarios de agua y de las organizaciones de la sociedad, de la respectiva cuenca hidrológica o región hidrológica.

**Tabla 3.3** Cuencas que integran al Consejo de Cuenca del Río Bravo

Clave de la Cuenca	Cuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Clave de la Cuenca	Cuenca	Área (km <sup>2</sup> )
3506	Arroyo La India - Laguna Palomas	11139.65	2405	Río Florido 3	4989.79
2435	Río San Juan 3	2876.92	2406	Río Parral	1613.77
2427	Río Nadadores	21353.2	2408	Río Conchos 1	19607.92
2436	Río Bravo 12	2258.2	2409	Río Conchos 2	10229.39
2430	Río Álamo	4559.15	2410	Río Conchos 3	10535.55
2428	Río Salado	22917.13	2411	Río Conchos 4	398.1
2437	Río Bravo 13	7815.18	2412	Río San Pedro	6374.57
2432	Río Pesquería	7742.1	2413	Río Chuvíscar	8706.99
2433	Río San Juan 1	8617.86	2421	Río San Rodrigo	1905.05
2431	Río Salinas	8872.42	2422	Río Bravo 8	1193.12
2401	Río Bravo 1	3709.42	2423	Río Escondido	2879.61
2402	Río Bravo 2	3704.29	2424	Río Bravo 9	3038.56
3402	Río Casas Grandes 2	13642.71	2425	Río Bravo 10	3994.42

Clave de la Cuenca	Cuenca	Área (km <sup>2</sup> )	Clave de la Cuenca	Cuenca	Área (km <sup>2</sup> )
3418	Laguna El Cuervo	6494.27	2426	Río Sabinas	17045.65
3420	Rancho Hormigas-El Diablo	185.54	2434	Río San Juan 2	1636.01
3411	Río del Carmen 2	8799.15	3408	Desierto de Samalayuca	7895.22
3413	Arroyo Roma	1786.53	3407	Laguna El Sabinal	1968.57
3409	Laguna La Vieja	1715.72	3412	Rancho El Cuarenta	913.96
3406	Río Santa María 2	5496.68	3404	Laguna de Babícora	1917.59
3501	Valle Hundido	8047.1	3421	Laguna de Bustillos	3526.94
3502	Laguna del Rey	16333.05	3414	Félix U Gómez	2802.12
3503	Laguna del Guaje - Lipanés	7268.26	3415	Arroyo El Carrizo	3632.97
2414	Río Bravo 3	6458.9	3416	Arroyo El Burro	4177.94
2415	Río Bravo 4	14650.7	3417	Laguna de Tarabillas	1826.71
2416	Río Bravo 5	6399.14	3419	Laguna de Encinillas	3128.61
2417	Río Bravo 6	191.03	3403	Hacienda San Francisco-Juguete-Madero-Palomas	5286.03
2418	Arroyo de las Vacas	886.71	3401	Río Casas Grandes 1	5285.38
2419	Río San Diego	2120.14	3410	Río del Carmen 1	4518.87
2420	Río Bravo 7	333.6	3405	Río Santa María 1	3864.47
2429	Río Bravo 11	4155.99	3422	Laguna Los Mexicanos	957.43
2403	Río Florido 1	1279.16	3504	Polvorillos - Arroyo El Márquez	12266.02
2404	Río Florido 2	1206.52	3505	El Llano - Laguna del Milagro	10461.86
2407	Río Balleza	1235.14			

Fuente: CONAGUA, 2012. Programa Hídrico Regional 2030.

En la Tabla 3.4 se presentan las fuentes de información de donde se obtuvieron los datos de los 11 factores

**Tabla 3.4** Principales fuentes de extracción de la información.

<b>Etiqueta</b>	<b>Factor</b>	<b>Fuente</b>
f-1a	Grado de presión sobre el recurso hídrico (oferta/demanda)	Análisis espacial de las regiones más vulnerables ante las sequías en México <a href="http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/sequiasB.pdf">http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/sequiasB.pdf</a>
f-1b	Grado de explotación de los acuíferos	Análisis espacial de las regiones más vulnerables ante las sequías en México <a href="http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/sequiasB.pdf">http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/sequiasB.pdf</a>
f-2a	Densidad de población al año 2010	<a href="http://www.inegi.org.mx/">http://www.inegi.org.mx/</a>
f-2b	Valor de la producción del sector agrícola (riego y temporal)	<a href="http://www.sagarpa.gob.mx/">http://www.sagarpa.gob.mx/</a>
f-3a	Disponibilidad natural per cápita de aguas superficiales	Análisis espacial de las regiones más vulnerables ante las sequías en México <a href="http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/sequiasB.pdf">http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/sequiasB.pdf</a>
f-3b	Disponibilidad natural per cápita de aguas subterráneas	Análisis espacial de las regiones más vulnerables ante las sequías en México <a href="http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/sequiasB.pdf">http://www.conagua.gob.mx/CONAGUA07/Publicaciones/Publicaciones/sequiasB.pdf</a>
f-4a	Población económicamente activa (PEA) desocupada (%)	<a href="http://www.conapo.gob.mx/">http://www.conapo.gob.mx/</a>
f-5a	Deforestación (% de área forestal)	IMTA. Elaborado a partir de: Semarnat. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos, 2004. México, 2010. <a href="http://infoteca.Semarnat.gob.mx/website/geointegrador/mviewer/viewer.htm?P1=infoteca.Semarnat.gob.mx&amp;P2=d">http://infoteca.Semarnat.gob.mx/website/geointegrador/mviewer/viewer.htm?P1=infoteca.Semarnat.gob.mx&amp;P2=d</a>
f-6a	Cobertura vegetal natural (% de área)	IMTA. Elaborado a partir de: INEGI serie IV. Uso de suelo y vegetación, 2010. México, 2010.
f-6b	Áreas naturales protegidas (% de área)	IMTA. Elaborado a partir de: Conanp. 2009. México, 2010.
f-6c	Índice de marginación %.	<a href="http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio">http://www.conapo.gob.mx/es/CONAPO/Indices_de_Marginacion_2010_por_entidad_federativa_y_municipio</a>

Fuente: Elaboración propia.

Debido a que las principales fuentes de información de los factores ya mencionados se encontraron organizadas por células de planeación, fue necesario agruparlas en cuencas. Este proceso de arreglo y depuración de los datos de cada factor permitió detectar muchas células con espacios vacíos, espacios que se rellenaron usando el promedio aritmético con información de células vecinas. En Tabla 3.3 se muestra la información recopilada por cuenca y factor.

**Tabla 3.5** Datos de los factores para el cálculo de la vulnerabilidad ante la sequía.

Clave Cuenca	Cuenca	Factor 1a (f-1a).	Factor 1b (f-1b)	Factor 2a (f-2a).	Factor 2b (f-2b).	Factor 3a (f-3a).	Factor 3b (f-3b).	Factor 4a (f-4a).	Factor 5a (f-5a).	Factor 6a (f-6a).	Factor 6b (f-6b)	Factor 6c (f-6c)
2401	Río Bravo 1	0.37	46.63	112.25	872,600.97	0.00	0.00	2.31	31.49	91.64	5.91	12.98
2402	Río Bravo 2	0.26	134.07	49.66	2,957,705.61	0.03	0.01	1.30	22.56	90.81	4.98	13.17
2403	Río Florido 1	0.18	175.05	8.55	2,342,017.38	0.01	0.00	1.18	17.04	90.55	2.15	21.42
2404	Río Florido 2	0.01	0.00	2.51	259,627.96	0.03	0.00	3.04	32.79	90.60	0.82	26.72
2405	Río Florido 3	0.29	291.75	12.22	3,628,101.75	0.01	0.00	0.97	17.04	90.19	3.17	16.16
2406	Río Parral	0.35	350.10	14.32	4,347,775.37	0.00	0.00	0.09	9.17	90.26	3.58	14.82
2407	Río Balleza	0.12	116.70	6.45	1,622,343.76	0.02	0.00	2.06	24.91	90.48	1.74	37.98
2408	Río Conchos 1	0.31	297.78	13.51	3,831,628.08	0.00	0.00	0.27	10.65	90.28	3.41	23.70
2409	Río Conchos 2	0.34	301.31	15.41	4,347,775.37	0.00	0.00	0.16	9.17	90.26	3.58	20.29
2410	Río Conchos 3	0.35	350.10	14.32	4,347,775.37	0.00	0.00	0.09	9.17	90.26	3.58	14.18
2411	Río Conchos 4	0.21	184.70	7.67	4,347,775.37	0.01	0.01	0.70	9.17	90.26	3.58	9.01
2412	Río San Pedro	0.32	313.34	12.84	4,347,775.37	0.00	0.00	0.22	9.17	90.26	3.58	14.90
2413	Río Chuisca	0.26	262.58	10.78	4,347,775.37	0.02	0.01	0.39	12.52	90.26	3.93	17.38
2414	Río Bravo 3	0.26	262.58	10.78	4,347,775.37	0.02	0.01	0.39	12.52	90.26	3.93	18.66
2415	Río Bravo 4	0.33	121.28	9.57	1,519,311.99	0.01	0.00	2.93	32.12	91.50	12.19	19.32
2416	Río Bravo 5	0.46	15.27	13.96	411,689.94	0.00	0.00	4.74	42.18	93.59	24.55	12.62
2417	Río Bravo 6	0.22	0.00	11.93	22,947.77	0.00	0.00	5.58	93.17	98.11	7.66	12.09
2418	Arroyo de las Vacas	1.00	6.60	10.35	716,588.59	0.00	0.00	5.81	62.67	91.55	6.51	14.28

Clave Cuenca	Cuenca	Factor 1a (f-1a).	Factor 1b (f-1b)	Factor 2a (f-2a).	Factor 2b (f-2b).	Factor 3a (f-3a).	Factor 3b (f-3b).	Factor 4a (f-4a).	Factor 5a (f-5a).	Factor 6a (f-6a).	Factor 6b (f-6b)	Factor 6c (f-6c)
2419	Río San Diego	1.00	6.60	10.35	716,588.59	0.00	0.00	5.81	62.67	91.55	6.51	14.28
2420	Río Bravo 7	1.34	0.00	8.23	502,088.17	0.00	0.00	7.79	84.94	93.43	4.97	14.52
2421	Río San Rodrigo	1.03	13.20	11.24	1,090,802.48	0.00	0.00	4.56	37.66	88.12	7.16	13.03
2422	Río Bravo 8	1.03	13.20	11.24	1,090,802.48	0.00	0.00	4.56	37.66	88.12	7.16	13.03
2423	Río Escondido	0.46	21.57	14.82	837,287.49	0.00	0.00	3.26	17.31	89.82	22.97	13.44
2424	Río Bravo 9	0.38	20.58	14.69	1,010,707.34	0.00	0.00	2.46	17.77	88.69	15.45	14.28
2425	Río Bravo 10	0.42	15.84	30.39	1,378,834.97	0.00	0.00	2.95	13.07	70.17	10.85	15.93
2426	Río Sabinas	0.80	31.97	14.02	249,281.86	0.00	0.00	4.70	31.86	92.29	26.90	13.64
2427	Río Nadadores	1.47	75.05	17.07	149,322.92	0.00	0.00	3.31	32.88	86.47	5.18	15.58
2428	Río Salado	0.91	39.48	24.54	396,153.86	0.00	0.00	3.87	19.78	75.33	13.13	15.86
2429	Río Bravo 11	0.32	4.00	63.87	2,035,606.00	0.00	0.00	5.52	8.34	37.36	11.21	14.58
2430	Río Alamo	0.34	10.77	59.78	801,477.04	0.00	0.00	5.38	10.94	45.75	9.02	15.50
2431	Río Salinas	1.55	101.70	83.31	105,093.00	0.00	0.00	6.66	44.51	77.52	5.70	14.34
2432	Río Pesquería	0.47	43.84	176.39	21,046.75	0.00	0.00	4.14	10.83	60.64	10.89	12.54
2433	Río San Juan 1	0.49	50.92	185.20	17,939.81	0.00	0.00	4.54	14.65	61.68	10.22	12.92
2434	Río San Juan 2	0.25	14.99	83.31	5,872.73	0.00	0.00	5.72	14.35	48.94	6.60	16.32
2435	Río San Juan 3	0.21	7.29	69.46	920,292.62	0.00	0.00	6.02	13.24	41.82	7.74	14.99
2436	Río Bravo 12	0.22	0.00	78.43	2,519,059.25	0.00	0.00	6.01	9.07	31.91	11.06	14.08
2437	Río Bravo 13	0.23	6.65	105.77	2,238,641.76	0.00	0.00	5.55	7.87	35.85	11.61	12.77
3401	Río Casas Grandes 1	0.13	76.86	3.90	3,826,499.21	0.00	0.00	0.09	9.17	90.26	3.58	18.76
3402	Río Casas Grandes 2	0.10	51.88	5.55	2,717,359.61	0.00	0.00	2.30	17.51	92.97	3.27	17.07
3403	Hacienda San Francisco-Juguete-Madero-	0.10	47.80	5.39	2,898,516.91	0.00	0.00	2.05	16.59	92.67	3.30	15.64

Clave Cuenca	Cuenca	Factor 1a (f-1a).	Factor 1b (f-1b)	Factor 2a (f-2a).	Factor 2b (f-2b).	Factor 3a (f-3a).	Factor 3b (f-3b).	Factor 4a (f-4a).	Factor 5a (f-5a).	Factor 6a (f-6a).	Factor 6b (f-6b)	Factor 6c (f-6c)
	Palomas											
3404	Laguna de Babicora	0.13	54.32	3.94	2,679,691.66	0.00	0.00	0.09	9.17	90.26	3.58	21.35
3405	Río Santa María 1	0.16	61.05	6.14	2,610,188.17	0.00	0.00	0.09	9.17	90.26	3.58	19.36
3406	Río Santa María 2	0.13	81.80	3.38	4,347,775.37	0.01	0.01	0.29	9.17	90.26	3.58	16.86
3407	Laguna El Sabinal	0.14	90.53	3.86	4,347,775.37	0.00	0.01	0.09	9.17	90.26	3.58	13.98
3408	Desierto de Samalayuca	0.16	70.07	21.69	3,752,031.19	0.01	0.01	0.78	13.00	90.50	3.98	14.55
3409	Laguna La Vieja	0.13	91.90	2.81	4,347,775.37	0.01	0.01	0.49	9.17	90.26	3.58	18.65
3410	Río del Carmen 1	0.22	138.40	9.54	4,347,775.37	0.01	0.01	0.29	9.17	90.26	3.58	14.39
3411	Río del Carmen 2	0.19	156.45	5.69	4,347,775.37	0.01	0.01	0.39	9.17	90.26	3.58	12.56
3412	Rancho El Cuarenta	0.25	35.70	67.76	2,262,670.73	0.01	0.01	1.91	22.56	91.09	4.98	11.04
3413	Arroyo Roma	0.31	41.17	90.01	1,567,635.85	0.01	0.00	2.11	27.02	91.36	5.45	10.06
3414	Félix U Gómez	0.16	23.80	45.22	2,957,705.61	0.03	0.01	1.70	22.56	90.81	4.98	14.33
3415	Arroyo El Carrizo	0.26	134.07	49.66	2,957,705.61	0.03	0.01	1.30	22.56	90.81	4.98	13.17
3416	Arroyo El Burro	0.14	123.13	5.16	4,347,775.37	0.03	0.01	0.90	13.63	90.26	4.05	18.59
3417	Laguna de Tarabillas	0.21	184.70	7.67	4,347,775.37	0.01	0.01	0.70	9.17	90.26	3.58	9.33
3418	Laguna El Cuervo	0.19	179.88	7.45	4,347,775.37	0.03	0.01	0.70	12.52	90.26	3.93	15.14
3419	Laguna de Encinillas	0.21	184.19	7.02	4,347,775.37	0.01	0.01	0.39	9.17	90.26	3.58	13.05
<b>3420</b>	Rancho	0.35	350.10	14.32	4,347,775.37	0.00	0.00	0.09	9.17	90.26	3.58	12.92

Clave Cuenca	Cuenca	Factor 1a (f-1a).	Factor 1b (f-1b)	Factor 2a (f-2a).	Factor 2b (f-2b).	Factor 3a (f-3a).	Factor 3b (f-3b).	Factor 4a (f-4a).	Factor 5a (f-5a).	Factor 6a (f-6a).	Factor 6b (f-6b)	Factor 6c (f-6c)
	Hormigas-El Diablo											
<b>3421</b>	Laguna de Bustillos	0.27	168.83	14.16	3,826,499.21	0.00	0.00	0.24	9.17	90.26	3.58	15.95
<b>3422</b>	Laguna Los Mexicanos	0.32	170.60	18.84	3,513,733.51	0.00	0.00	0.09	9.17	90.26	3.58	26.94
<b>3501</b>	Valle Hundido	0.61	113.50	41.47	351,016.08	0.01	0.00	5.99	32.75	85.29	1.12	15.07
<b>3502</b>	Laguna del Rey	0.24	225.40	29.47	828,211.01	0.01	0.00	4.67	19.57	84.56	4.52	19.35
<b>3503</b>	Laguna del Guaje - Lipanés	0.18	117.20	5.28	1,559,538.72	0.02	0.00	1.70	25.04	88.59	1.83	20.75
<b>3504</b>	Polvorillos - Arroyo El Marquez	0.28	275.29	11.38	3,741,206.46	0.02	0.00	0.52	13.53	89.90	3.30	16.70
<b>3505</b>	El Llano - Laguna del Milagro	0.31	311.37	12.82	3,875,999.55	0.01	0.00	0.36	11.82	89.98	3.29	14.97
<b>3506</b>	Arroyo La India - Laguna Palomas	0.17	233.39	13.68	1,759,887.49	0.01	0.00	3.84	23.63	87.48	5.11	21.43

Fuente: Elaboración propia IMTA

- 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 %

A todos los datos de la tabla anterior se les aplicó la modulación con el objeto de homogeneizar los valores en un rango de [0,1].

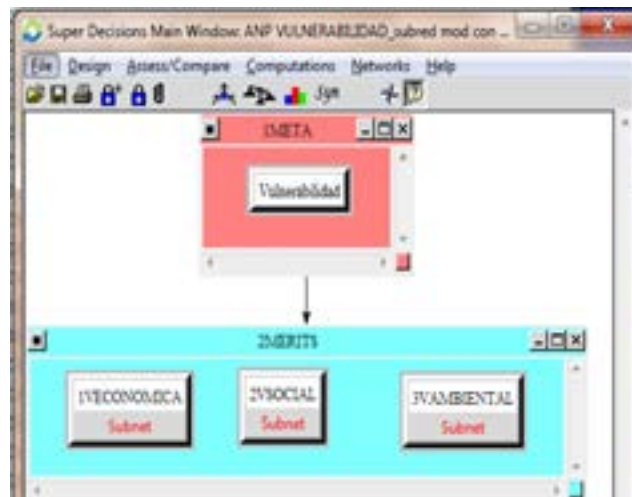
La ecuación utilizada para modular los datos por factores en un rango entre [0,1] es:

$$\text{Modulación} = \frac{(\text{factor}_i) - \text{Min}_{\text{matriz}}}{\text{Máx}_{\text{matriz}} - \text{Min}_{\text{matriz}}}$$

### Obtención de las vulnerabilidades Ambiental, Social, Económica y Global

Después de estimar y normalizar los valores de los factores propuestos, se calcularon los pesos de cada factor usando el software Superdecisions. Cuyo modelo construido se observa en la Figura 3.4.

**Figura 3.4** Modelo de la Vulnerabilidad ante la sequía, Superdecisions®.



Para cada cuenca que integra al Consejo de cuenca, 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. Es así como el valor de la Vulnerabilidad para cada cuenca queda determinada con la siguiente expresión:

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

Una vez normalizado este último valor se clasifica en muy baja, baja, media, alta y muy alta, y se obtienen mapas a través de un sistema SIG con tal de analizar la distribución espacial de la misma.

Muy alta	0.59001	1
Alta	0.29001	0.59
Media	0.15001	0.29
Baja	0.06001	0.15
Muy baja	0	0.06



### 3.4.1. Vulnerabilidad ambiental

En la Tabla 3.6 y en la Figura 3.5 se muestra la vulnerabilidad ambiental de las 65 cuencas que conforman el OC Río Bravo. Se observa que 16 cuencas se encuentran en vulnerabilidad muy alta, 26 cuencas se encuentran en vulnerabilidad alta, 14 cuencas tienen vulnerabilidad media, 8 tienen vulnerabilidad baja y 1 con vulnerabilidad muy baja.

El total de cuencas con vulnerabilidad muy alta, alta y media son 56 cuencas y estas tienen déficit de agua superficial y subterránea además de que sus ríos se encuentran contaminados y tienen una alta deforestación, algunas son zonas de descarga de desechos.

**Tabla 3.6** Cálculo de la Vulnerabilidad ambiental ante la sequía en el Consejo de Cuenca del Río Bravo.

Clave	Cuenca	Ge		Se	Ca		PESO SD					Suma (Ge)	Suma (Se)	Suma (Ca)	Mod	Escala de vulnerabilidad
		f-1a	f-1b	f-5a	f-6a	f-6b	Pf-1a	Pf-1b	Pf-5a	Pf-6a	Pf-6b					
3506	Arroyo La India - Laguna Palomas	0.11	0.67	0.18	0.84	0.16	0.30	0.26	0.05	0.02	0.36	0.21	0.01	0.08	1.00	Muy alta
2432	Río Pesquería	0.30	0.13	0.03	0.43	0.39	0.40	0.35	0.17	0.03	0.04	0.16	0.01	0.03	1.00	Muy alta
2409	Río Conchos 2	0.22	0.86	0.02	0.88	0.11	0.40	0.23	0.12	0.15	0.10	0.28	0.00	0.14	1.00	Muy alta
2413	Río Chuvistar	0.17	0.75	0.05	0.88	0.12	0.40	0.24	0.14	0.11	0.11	0.24	0.01	0.11	1.00	Muy alta
2428	Río Salado	0.59	0.11	0.14	0.66	0.47	0.40	0.15	0.15	0.01	0.29	0.25	0.02	0.14	0.93	Muy alta
2412	Río San Pedro	0.20	0.90	0.02	0.88	0.11	0.40	0.22	0.11	0.16	0.11	0.28	0.00	0.15	0.93	Muy alta
2427	Río Nadadores	0.95	0.21	0.29	0.82	0.17	0.35	0.11	0.15	0.33	0.06	0.36	0.04	0.28	0.86	Muy alta
3502	Laguna del Rey	0.15	0.64	0.14	0.80	0.14	0.35	0.25	0.16	0.12	0.12	0.21	0.02	0.11	0.86	Muy alta
2406	Río Parral	0.22	1.00	0.02	0.88	0.11	0.40	0.20	0.11	0.18	0.12	0.29	0.00	0.17	0.86	Muy alta
2426	Río Sabinas	0.51	0.09	0.28	0.91	1.00	0.40	0.20	0.23	0.06	0.11	0.22	0.06	0.17	0.86	Muy alta
2410	Río Conchos 3	0.22	1.00	0.02	0.88	0.11	0.40	0.19	0.11	0.18	0.12	0.28	0.00	0.17	0.79	Muy alta
2433	Río San Juan 1	0.31	0.15	0.08	0.45	0.36	0.45	0.18	0.17	0.11	0.08	0.17	0.01	0.08	0.71	Muy alta
2408	Río Conchos 1	0.20	0.85	0.03	0.88	0.10	0.35	0.15	0.20	0.09	0.21	0.20	0.01	0.10	0.71	Muy alta
3501	Valle Hundido	0.39	0.32	0.29	0.81	0.01	0.30	0.19	0.19	0.17	0.15	0.18	0.05	0.14	0.64	Muy alta

Clave	Cuenca	Ge		Se	Ca		PESO SD					Suma (Ge)	Suma (Se)	Suma (Ca)	Mod	Escala de vulnerabilidad
		f-1a	f-1b	f-5a	f-6a	f-6b	P <sub>f-1a</sub>	P <sub>f-1b</sub>	P <sub>f-5a</sub>	P <sub>f-6a</sub>	P <sub>f-6b</sub>					
2405	Río Florido 3	0.19	0.83	0.11	0.88	0.09	0.40	0.21	0.12	0.18	0.10	0.25	0.01	0.17	0.64	Muy alta
2411	Río Conchos 4	0.13	0.53	0.02	0.88	0.11	0.40	0.23	0.15	0.08	0.13	0.17	0.00	0.09	0.64	Muy alta
2435	Río San Juan 3	0.13	0.02	0.06	0.15	0.27	0.49	0.08	0.39	0.02	0.03	0.07	0.02	0.01	0.57	Alta
2420	Río Bravo 7	0.86	0.00	0.90	0.93	0.16	0.30	0.15	0.12	0.28	0.15	0.26	0.11	0.28	0.57	Alta
2404	Río Florido 2	0.00	0.00	0.29	0.89	0.00	0.20	0.20	0.33	0.02	0.25	0.00	0.10	0.02	0.57	Alta
2423	Río Escondido	0.29	0.06	0.11	0.87	0.85	0.30	0.41	0.22	0.03	0.04	0.11	0.02	0.06	0.57	Alta
2425	Río Bravo 10	0.27	0.05	0.06	0.58	0.38	0.35	0.27	0.28	0.02	0.09	0.11	0.02	0.04	0.57	Alta
3410	Río del Carmen 1	0.14	0.40	0.02	0.88	0.11	0.30	0.27	0.20	0.06	0.17	0.15	0.00	0.07	0.57	Alta
2418	Arroyo de las Vacas	0.64	0.02	0.64	0.90	0.22	0.30	0.16	0.17	0.22	0.15	0.20	0.11	0.23	0.50	Alta
2422	Río Bravo 8	0.66	0.04	0.35	0.85	0.24	0.30	0.18	0.16	0.17	0.19	0.20	0.05	0.19	0.50	Alta
2434	Río San Juan 2	0.16	0.04	0.08	0.26	0.22	0.30	0.43	0.22	0.01	0.04	0.07	0.02	0.01	0.50	Alta
3405	Río Santa María 1	0.10	0.17	0.02	0.88	0.11	0.10	0.49	0.22	0.01	0.17	0.10	0.00	0.03	0.50	Alta
3504	Polvorillos - Arroyo El Marquez	0.18	0.79	0.07	0.88	0.10	0.30	0.25	0.14	0.20	0.12	0.25	0.01	0.19	0.50	Alta
2436	Río Bravo 12	0.14	0.00	0.01	0.00	0.39	0.40	0.06	0.48	0.06	0.01	0.06	0.01	0.00	0.43	Alta
2401	Río Bravo 1	0.23	0.13	0.28	0.90	0.20	0.30	0.21	0.26	0.09	0.13	0.10	0.07	0.11	0.43	Alta
2414	Río Bravo 3	0.17	0.75	0.05	0.88	0.12	0.28	0.26	0.15	0.20	0.12	0.24	0.01	0.19	0.43	Alta
2416	Río Bravo 5	0.29	0.04	0.40	0.93	0.91	0.30	0.23	0.30	0.15	0.02	0.10	0.12	0.16	0.43	Alta
2429	Río Bravo 11	0.20	0.01	0.01	0.08	0.40	0.49	0.18	0.18	0.06	0.09	0.10	0.00	0.04	0.43	Alta
2421	Río San Rodrigo	0.66	0.04	0.35	0.85	0.24	0.30	0.17	0.17	0.19	0.17	0.20	0.06	0.20	0.43	Alta
3421	Laguna de Bustillos	0.17	0.48	0.02	0.88	0.11	0.30	0.26	0.17	0.12	0.15	0.18	0.00	0.12	0.43	Alta
3403	Hacienda San Francisco-Juguete-Madero-Palomas	0.06	0.14	0.10	0.92	0.10	0.10	0.41	0.35	0.03	0.12	0.06	0.04	0.04	0.43	Alta
2437	Río Bravo 13	0.14	0.02	0.00	0.06	0.41	0.36	0.47	0.03	0.13	0.01	0.06	0.00	0.01	0.36	Alta

Clave	Cuenca	Ge		Se	Ca		PESO SD					Suma (Ge)	Suma (Se)	Suma (Ca)	Mod	Escala de vulnerabilidad
		f-1a	f-1b	f-5a	f-6a	f-6b	P <sub>f-1a</sub>	P <sub>f-1b</sub>	P <sub>f-5a</sub>	P <sub>f-6a</sub>	P <sub>f-6b</sub>					
2417	Río Bravo 6	0.14	0.00	1.00	1.00	0.26	0.30	0.11	0.25	0.21	0.13	0.04	0.25	0.24	0.36	Alta
2419	Río San Diego	0.64	0.02	0.64	0.90	0.22	0.30	0.16	0.15	0.23	0.16	0.20	0.10	0.24	0.36	Alta
2403	Río Florido 1	0.11	0.50	0.11	0.89	0.05	0.30	0.24	0.18	0.13	0.15	0.16	0.02	0.12	0.36	Alta
2424	Río Bravo 9	0.24	0.06	0.12	0.86	0.56	0.30	0.28	0.30	0.02	0.10	0.09	0.03	0.07	0.36	Alta
3401	Río Casas Grandes 1	0.08	0.22	0.02	0.88	0.11	0.30	0.27	0.22	0.02	0.19	0.08	0.00	0.04	0.36	Alta
3505	El Llano - Laguna del Milagro	0.20	0.89	0.05	0.88	0.09	0.30	0.23	0.11	0.23	0.13	0.26	0.01	0.22	0.36	Alta
2430	Río Alamo	0.21	0.03	0.04	0.21	0.31	0.20	0.34	0.34	0.11	0.01	0.05	0.01	0.03	0.29	Media
3402	Río Casas Grandes 2	0.06	0.15	0.11	0.92	0.09	0.20	0.28	0.27	0.03	0.22	0.05	0.03	0.04	0.29	Media
3411	Río del Carmen 2	0.12	0.45	0.02	0.88	0.11	0.18	0.31	0.21	0.12	0.18	0.16	0.00	0.12	0.29	Media
3503	Laguna del Guaje - Lipanés	0.12	0.33	0.20	0.86	0.04	0.10	0.30	0.26	0.14	0.21	0.11	0.05	0.12	0.29	Media
3407	Laguna El Sabinal	0.09	0.26	0.02	0.88	0.11	0.25	0.28	0.23	0.04	0.20	0.09	0.00	0.06	0.29	Media
3412	Rancho El Cuarenta	0.16	0.10	0.17	0.89	0.16	0.25	0.25	0.27	0.05	0.19	0.06	0.05	0.07	0.29	Media
3422	Laguna Los Mexicanos	0.20	0.49	0.02	0.88	0.11	0.20	0.29	0.19	0.15	0.17	0.18	0.00	0.15	0.29	Media
2431	Río Salinas	1.00	0.29	0.43	0.69	0.19	0.21	0.13	0.11	0.32	0.23	0.25	0.05	0.26	0.21	Media
3420	Rancho Hormigas-El Diablo	0.22	1.00	0.02	0.88	0.11	0.18	0.27	0.13	0.30	0.12	0.31	0.00	0.28	0.21	Media
3409	Laguna La Vieja	0.08	0.26	0.02	0.88	0.11	0.15	0.32	0.25	0.05	0.22	0.10	0.00	0.07	0.21	Media
3406	Río Santa María 2	0.08	0.23	0.02	0.88	0.11	0.17	0.31	0.25	0.04	0.22	0.09	0.00	0.06	0.21	Media
3408	Desierto de Samalayuca	0.10	0.20	0.06	0.88	0.12	0.25	0.27	0.24	0.05	0.19	0.08	0.01	0.06	0.21	Media
3404	Laguna de Baticora	0.08	0.16	0.02	0.88	0.11	0.25	0.29	0.24	0.02	0.21	0.06	0.00	0.04	0.21	Media
3419	Laguna de Encinillas	0.13	0.53	0.02	0.88	0.11	0.25	0.27	0.17	0.15	0.15	0.18	0.00	0.15	0.21	Media
3413	Arroyo Roma	0.19	0.12	0.22	0.90	0.18	0.10	0.29	0.32	0.08	0.21	0.05	0.07	0.11	0.14	Baja

Clave	Cuenca	Ge		Se	Ca		PESO SD					Suma (Ge)	Suma (Se)	Suma (Ca)	Mod	Escala de vulnerabilidad
		f-1a	f-1b	f-5a	f-6a	f-6b	P <sub>f-1a</sub>	P <sub>f-1b</sub>	P <sub>f-5a</sub>	P <sub>f-6a</sub>	P <sub>f-6b</sub>					
2407	Río Balleza	0.07	0.33	0.20	0.88	0.04	0.08	0.30	0.27	0.15	0.21	0.11	0.05	0.14	0.14	Baja
3415	Arroyo El Carrizo	0.16	0.38	0.17	0.89	0.16	0.12	0.30	0.25	0.15	0.17	0.14	0.04	0.16	0.14	Baja
3417	Laguna de Tarabillas	0.13	0.53	0.02	0.88	0.11	0.09	0.34	0.21	0.17	0.19	0.19	0.00	0.17	0.14	Baja
3418	Laguna El Cuervo	0.12	0.51	0.05	0.88	0.12	0.12	0.31	0.21	0.18	0.17	0.18	0.01	0.18	0.07	Baja
2415	Río Bravo 4	0.21	0.35	0.28	0.90	0.44	0.05	0.34	0.32	0.17	0.13	0.13	0.09	0.21	0.07	Baja
3414	Félix U Gómez	0.10	0.07	0.17	0.89	0.16	0.12	0.29	0.32	0.05	0.22	0.03	0.06	0.08	0.07	Baja
3416	Arroyo El Burro	0.09	0.35	0.07	0.88	0.12	0.09	0.33	0.25	0.12	0.20	0.12	0.02	0.13	0.07	Baja
2402	Río Bravo 2	0.16	0.38	0.17	0.89	0.16	0.10	0.30	0.25	0.16	0.18	0.13	0.04	0.18	0.00	Muy baja

Fuente: Elaboración propia IMTA

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

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

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)

P<sub>f-1a</sub> = Peso obtenido del Software SD para el factor 1a (f-1a)

P<sub>f-1b</sub> = Peso obtenido del Software SD para el factor 1b (f-1b)

P<sub>f-5a</sub> = Peso obtenido del Software SD para el factor 5a (f-5a)

P<sub>f-5a</sub> = Peso obtenido del Software SD para el factor 5a (f-5a)

P<sub>f-6a</sub> = Peso obtenido del Software SD para el factor 6a (f-6a)

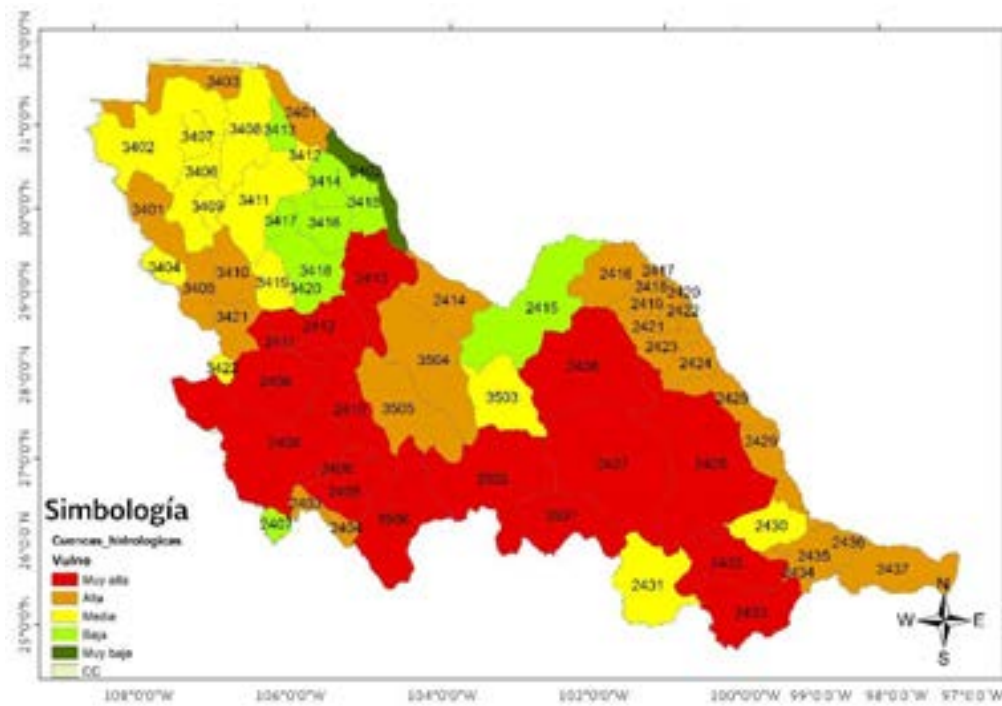
P<sub>f-6b</sub> = Peso obtenido del Software SD para el factor 6b (f-6b)

Ge: Grado de exposición

Se: Sensibilidad

Ca: Capacidad de adaptación

Figura 3.5 Vulnerabilidad Ambiental en el CC Río Bravo



Fuente: Elaboración propia IMTA

### 3.4.2. Vulnerabilidad económica

En la Tabla 3.7 y en la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** se muestra la vulnerabilidad económica del OC Río Bravo y se observa que 18 cuencas tienen una vulnerabilidad muy alta, 17 cuencas con vulnerabilidad alta, 12 cuencas con vulnerabilidad media, 16 tienen vulnerabilidad baja y una con vulnerabilidad muy baja.

El total de cuencas con vulnerabilidad muy alta, alta y media son 47 cuencas las cuales tienen mucha industria y mucha población, hay mucha demanda de agua, son zonas de menonitas, no tienen disponibilidad subterránea ni superficial.

**Tabla 3.7** Cálculo de la Vulnerabilidad social ante la sequía en el Consejo de Cuenca del Río Bravo.

Clave	Cuenca	Ge		Se			Ca			PESO SD						suma (Ge)	suma (Se)	suma (Ca)	GE+S-CA	Mód	Escala Vulne
		f-1a	f-1b	f-2a	f-2b	f-4a	f-3a	f-3b	Pf-1a	Pf-1B	Pf-2a	Pf-2b	Pf-4a	Pf-3a	Pf-3b						
2435	Río San Juan 3	0.13	0.02	0.37	0.21	0.77	0.06	0.01	0.13	0.04	0.07	0.34	0.38	0.03	0.00	0.02	0.39	0.00	0.41	1.00	Muy alta
2401	Río Bravo 1	0.23	0.13	0.60	0.20	0.29	0.11	0.16	0.20	0.16	0.50	0.02	0.11	0.01	0.01	0.07	0.33	0.00	0.40	0.98	Muy alta
2408	Río Conchos 1	0.20	0.85	0.06	0.88	0.02	0.08	0.06	0.20	0.37	0.08	0.06	0.09	0.10	0.09	0.36	0.06	0.01	0.40	0.98	Muy alta
2426	Río Sabinas	0.51	0.09	0.06	0.06	0.60	0.00	0.04	0.22	0.11	0.06	0.05	0.46	0.01	0.10	0.12	0.28	0.00	0.40	0.98	Muy alta
2409	Río Conchos 2	0.22	0.86	0.07	1.00	0.01	0.07	0.12	0.27	0.27	0.06	0.12	0.08	0.09	0.11	0.29	0.12	0.02	0.39	0.95	Muy alta
2429	Río Bravo 11	0.20	0.01	0.34	0.47	0.71	0.04	0.03	0.01	0.10	0.04	0.17	0.37	0.11	0.20	0.00	0.36	0.01	0.35	0.85	Muy alta
3501	Valle Hundido	0.39	0.32	0.21	0.08	0.77	0.14	0.07	0.22	0.05	0.03	0.01	0.30	0.11	0.29	0.10	0.23	0.03	0.30	0.73	Muy alta
2406	Río Parral	0.22	1.00	0.06	1.00	0.00	0.04	0.07	0.21	0.23	0.13	0.03	0.15	0.16	0.10	0.27	0.04	0.01	0.30	0.73	Muy alta
2411	Río Conchos 4	0.13	0.53	0.03	1.00	0.08	0.37	0.51	0.20	0.25	0.05	0.25	0.01	0.15	0.10	0.16	0.25	0.11	0.30	0.73	Muy alta
2422	Río Bravo 8	0.66	0.04	0.05	0.25	0.58	0.07	0.04	0.19	0.00	0.01	0.05	0.32	0.25	0.18	0.13	0.20	0.02	0.30	0.73	Muy alta
3419	Laguna de Encinillas	0.13	0.53	0.02	1.00	0.04	0.23	0.46	0.20	0.23	0.03	0.23	0.05	0.14	0.11	0.15	0.24	0.08	0.30	0.73	Muy alta
2405	Río Florido 3	0.19	0.83	0.05	0.83	0.11	0.22	0.06	0.17	0.29	0.11	0.04	0.09	0.16	0.13	0.27	0.05	0.04	0.28	0.68	Muy alta
2410	Río Conchos 3	0.22	1.00	0.06	1.00	0.00	0.04	0.07	0.16	0.23	0.11	0.03	0.14	0.15	0.19	0.26	0.04	0.02	0.28	0.68	Muy alta

Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación contra la Sequía  
Consejo de Cuenca del Río Bravo

Clave	Cuenca	Ge		Se			Ca		PESO SD							suma (Ge)	suma (Se)	suma (Ca)	GE+S-CA	Mód	Escala Vulne
		f-1a	f-1b	f-2a	f-2b	f-4a	f-3a	f-3b	Pf-1a	Pf-1B	Pf-2a	Pf-2b	Pf-4a	Pf-3a	Pf-3b						
2412	Río San Pedro	0.20	0.90	0.06	1.00	0.02	0.11	0.17	0.21	0.19	0.07	0.10	0.11	0.16	0.15	0.22	0.11	0.04	0.28	0.68	Muy alta
2413	Río Chuviscar	0.17	0.75	0.05	1.00	0.04	0.59	0.55	0.21	0.25	0.05	0.19	0.06	0.13	0.11	0.22	0.19	0.14	0.28	0.68	Muy alta
2433	Río San Juan 1	0.31	0.15	1.00	0.00	0.58	0.00	0.00	0.18	0.10	0.05	0.14	0.25	0.14	0.14	0.07	0.20	0.00	0.27	0.66	Muy alta
2437	Río Bravo 13	0.14	0.02	0.57	0.51	0.71	0.03	0.00	0.11	0.13	0.21	0.11	0.10	0.19	0.14	0.02	0.25	0.01	0.26	0.63	Muy alta
2436	Río Bravo 12	0.14	0.00	0.42	0.58	0.77	0.04	0.00	0.02	0.12	0.08	0.18	0.16	0.33	0.12	0.00	0.26	0.01	0.25	0.61	Muy alta
2427	Río Nadadores	0.95	0.21	0.08	0.03	0.42	0.10	0.05	0.29	0.01	0.01	0.05	0.02	0.20	0.43	0.27	0.01	0.04	0.24	0.59	Alta
2416	Río Bravo 5	0.29	0.04	0.06	0.09	0.60	0.01	0.01	0.12	0.10	0.09	0.05	0.29	0.12	0.23	0.04	0.18	0.00	0.22	0.54	Alta
3407	Laguna El Sabinal	0.09	0.26	0.01	1.00	0.00	0.11	0.37	0.11	0.16	0.02	0.25	0.02	0.26	0.19	0.05	0.25	0.10	0.20	0.49	Alta
3405	Río Santa María 1	0.10	0.17	0.02	0.60	0.00	0.07	0.28	0.20	0.18	0.01	0.31	0.08	0.11	0.11	0.05	0.18	0.04	0.20	0.49	Alta
2420	Río Bravo 7	0.86	0.00	0.03	0.11	1.00	0.09	0.04	0.13	0.05	0.07	0.03	0.12	0.40	0.20	0.11	0.13	0.05	0.19	0.46	Alta
2419	Río San Diego	0.64	0.02	0.04	0.16	0.74	0.07	0.04	0.16	0.08	0.09	0.01	0.13	0.32	0.21	0.10	0.10	0.03	0.18	0.44	Alta
3410	Río del Carmen 1	0.14	0.40	0.04	1.00	0.03	0.18	0.44	0.15	0.18	0.03	0.20	0.03	0.24	0.17	0.09	0.20	0.12	0.18	0.44	Alta
3416	Arroyo El Burro	0.09	0.35	0.01	1.00	0.10	1.00	1.00	0.27	0.15	0.11	0.22	0.12	0.05	0.09	0.07	0.23	0.14	0.16	0.39	Alta
3401	Río Casas Grandes 1	0.08	0.22	0.01	0.88	0.00	0.10	0.33	0.16	0.15	0.02	0.21	0.02	0.29	0.14	0.05	0.19	0.07	0.16	0.39	Alta
2423	Río Escondido	0.29	0.06	0.07	0.19	0.41	0.01	0.02	0.15	0.11	0.12	0.33	0.08	0.05	0.17	0.05	0.10	0.00	0.15	0.37	Alta
3402	Río Casas Grandes 2	0.06	0.15	0.02	0.62	0.29	0.07	0.23	0.12	0.07	0.01	0.25	0.12	0.19	0.24	0.02	0.19	0.07	0.14	0.34	Alta
2417	Río Bravo 6	0.14	0.00	0.05	0.00	0.71	0.01	0.01	0.15	0.11	0.07	0.11	0.17	0.11	0.27	0.02	0.12	0.00	0.14	0.34	Alta
3421	Laguna de Bustillos	0.17	0.48	0.06	0.88	0.02	0.12	0.24	0.10	0.15	0.07	0.13	0.11	0.26	0.18	0.09	0.12	0.07	0.14	0.34	Alta
2432	Río Pesquería	0.30	0.13	0.95	0.00	0.53	0.00	0.01	0.10	0.11	0.10	0.16	0.00	0.16	0.38	0.04	0.09	0.00	0.13	0.32	Alta
2431	Río Salinas	1.00	0.29	0.44	0.02	0.85	0.00	0.01	0.13	0.00	0.00	0.00	0.01	0.00	0.85	0.14	0.01	0.01	0.13	0.32	Alta
2430	Río Alamo	0.21	0.03	0.31	0.18	0.69	0.05	0.04	0.08	0.21	0.02	0.09	0.14	0.31	0.15	0.02	0.12	0.02	0.12	0.29	Alta
2418	Arroyo de las Vacas	0.64	0.02	0.04	0.16	0.74	0.07	0.04	0.10	0.05	0.07	0.01	0.11	0.33	0.33	0.07	0.09	0.03	0.12	0.29	Alta

Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación contra la Sequía  
Consejo de Cuenca del Río Bravo

Clave	Cuenca	Ge		Se			Ca		PESO SD							suma (Ge)	suma (Se)	suma (Ca)	GE+S-CA	Mód	Escala Vulne
		f-1a	f-1b	f-2a	f-2b	f-4a	f-3a	f-3b	Pf-1a	Pf-1B	Pf-2a	Pf-2b	Pf-4a	Pf-3a	Pf-3b						
2428	Río Salado	0.59	0.11	0.12	0.09	0.49	0.13	0.04	0.27	0.01	0.01	0.01	0.03	0.47	0.21	0.16	0.02	0.07	0.11	0.27	Media
2403	Río Florido 1	0.11	0.50	0.03	0.54	0.14	0.34	0.04	0.12	0.21	0.11	0.06	0.13	0.18	0.19	0.12	0.05	0.07	0.10	0.24	Media
2425	Río Bravo 10	0.27	0.05	0.15	0.32	0.37	0.03	0.04	0.14	0.20	0.14	0.09	0.05	0.14	0.24	0.05	0.07	0.01	0.10	0.24	Media
3406	Río Santa María 2	0.08	0.23	0.00	1.00	0.03	0.20	0.48	0.16	0.10	0.06	0.21	0.06	0.15	0.26	0.04	0.21	0.16	0.09	0.22	Media
3502	Laguna del Rey	0.15	0.64	0.15	0.19	0.59	0.24	0.11	0.24	0.07	0.16	0.10	0.05	0.12	0.27	0.08	0.07	0.06	0.09	0.22	Media
2414	Río Bravo 3	0.17	0.75	0.05	1.00	0.04	0.59	0.55	0.10	0.15	0.05	0.20	0.05	0.21	0.23	0.13	0.21	0.25	0.09	0.22	Media
2421	Río San Rodrigo	0.66	0.04	0.05	0.25	0.58	0.07	0.04	0.15	0.15	0.00	0.01	0.04	0.50	0.15	0.10	0.03	0.04	0.09	0.22	Media
2424	Río Bravo 9	0.24	0.06	0.07	0.23	0.31	0.01	0.03	0.10	0.15	0.10	0.07	0.15	0.01	0.42	0.03	0.07	0.01	0.09	0.22	Media
2434	Río San Juan 2	0.16	0.04	0.44	0.00	0.73	0.07	0.01	0.15	0.03	0.07	0.18	0.07	0.30	0.19	0.02	0.09	0.02	0.09	0.22	Media
3411	Río del Carmen 2	0.12	0.45	0.02	1.00	0.04	0.24	0.51	0.15	0.12	0.06	0.20	0.06	0.03	0.37	0.07	0.21	0.20	0.08	0.20	Media
3506	Arroyo La India - Laguna Palomas	0.11	0.67	0.06	0.40	0.49	0.35	0.05	0.13	0.05	0.05	0.08	0.07	0.05	0.57	0.05	0.07	0.05	0.07	0.17	Media
3409	Laguna La Vieja	0.08	0.26	0.00	1.00	0.05	0.30	0.66	0.02	0.19	0.14	0.20	0.15	0.07	0.25	0.05	0.20	0.18	0.07	0.17	Media
3418	Laguna El Cuervo	0.12	0.51	0.03	1.00	0.08	0.76	0.77	0.28	0.20	0.13	0.06	0.14	0.12	0.08	0.14	0.07	0.15	0.06	0.15	Baja
2407	Río Balleza	0.07	0.33	0.02	0.37	0.26	0.53	0.04	0.13	0.20	0.12	0.06	0.17	0.15	0.17	0.08	0.07	0.09	0.06	0.15	Baja
3413	Arroyo Roma	0.19	0.12	0.48	0.36	0.26	0.22	0.32	0.18	0.07	0.13	0.11	0.10	0.02	0.38	0.04	0.13	0.13	0.05	0.12	Baja
3412	Rancho El Cuarenta	0.16	0.10	0.36	0.52	0.24	0.34	0.48	0.27	0.29	0.12	0.07	0.02	0.08	0.16	0.07	0.08	0.10	0.05	0.12	Baja
3403	Hacienda San Francisco- Juguete- Madero- Palomas	0.06	0.14	0.02	0.67	0.25	0.07	0.21	0.27	0.19	0.09	0.00	0.21	0.03	0.21	0.04	0.05	0.05	0.05	0.12	Baja
3505	El Llano - Laguna del Milagro	0.20	0.89	0.06	0.89	0.03	0.23	0.09	0.12	0.08	0.08	0.05	0.08	0.39	0.19	0.10	0.06	0.11	0.05	0.12	Baja



Clave	Cuenca	Ge		Se			Ca		PESO SD							suma (Ge)	suma (Se)	suma (Ca)	GE+S-CA	Mód	Escala Vulne
		f-1a	f-1b	f-2a	f-2b	f-4a	f-3a	f-3b	P <sub>f-1a</sub>	P <sub>f-1b</sub>	P <sub>f-2a</sub>	P <sub>f-2b</sub>	P <sub>f-4a</sub>	P <sub>f-3a</sub>	P <sub>f-3b</sub>						
2402	Río Bravo 2	0.16	0.38	0.26	0.68	0.16	0.77	0.68	0.16	0.14	0.12	0.18	0.11	0.09	0.20	0.08	0.17	0.21	0.04	0.10	Baja
3503	Laguna del Guaje - Lipanés	0.12	0.33	0.02	0.36	0.21	0.60	0.19	0.23	0.13	0.05	0.13	0.09	0.06	0.31	0.07	0.07	0.10	0.04	0.10	Baja
2415	Río Bravo 4	0.21	0.35	0.04	0.35	0.37	0.31	0.11	0.24	0.08	0.02	0.08	0.08	0.20	0.30	0.08	0.06	0.09	0.04	0.10	Baja
2404	Río Florido 2	0.00	0.00	0.00	0.06	0.38	0.77	0.02	0.14	0.14	0.14	0.15	0.16	0.03	0.26	0.00	0.07	0.03	0.04	0.10	Baja
3408	Desierto de Samalayuca	0.10	0.20	0.10	0.86	0.09	0.26	0.50	0.13	0.21	0.19	0.06	0.18	0.06	0.17	0.06	0.09	0.10	0.04	0.10	Baja
3404	Laguna de Babicora	0.08	0.16	0.01	0.62	0.00	0.08	0.27	0.25	0.29	0.14	0.01	0.13	0.08	0.10	0.06	0.01	0.03	0.04	0.10	Baja
3417	Laguna de Tarabillas	0.13	0.53	0.03	1.00	0.08	0.37	0.51	0.10	0.10	0.10	0.02	0.50	0.04	0.14	0.07	0.06	0.08	0.04	0.10	Baja
3422	Laguna Los Mexicanos	0.20	0.49	0.09	0.81	0.00	0.03	0.08	0.17	0.00	0.10	0.02	0.37	0.20	0.15	0.03	0.02	0.02	0.04	0.10	Baja
3420	Rancho Hormigas-El Diablo	0.22	1.00	0.06	1.00	0.00	0.04	0.07	0.01	0.04	0.01	0.02	0.13	0.67	0.12	0.04	0.02	0.03	0.03	0.07	Baja
3504	Polvorillos - Arroyo El Marquez	0.18	0.79	0.05	0.86	0.06	0.44	0.23	0.18	0.10	0.02	0.13	0.02	0.33	0.21	0.11	0.12	0.20	0.03	0.07	Baja
3415	Arroyo El Carrizo	0.16	0.38	0.26	0.68	0.16	0.77	0.68	0.14	0.14	0.12	0.18	0.11	0.16	0.15	0.08	0.17	0.23	0.02	0.05	Muy baja
3414	Félix U Gómez	0.10	0.07	0.23	0.68	0.21	0.98	0.98	0.13	0.13	0.15	0.21	0.15	0.08	0.15	0.02	0.21	0.23	0.00	0.00	Muy baja

Fuente: Elaboración propia IMTA

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

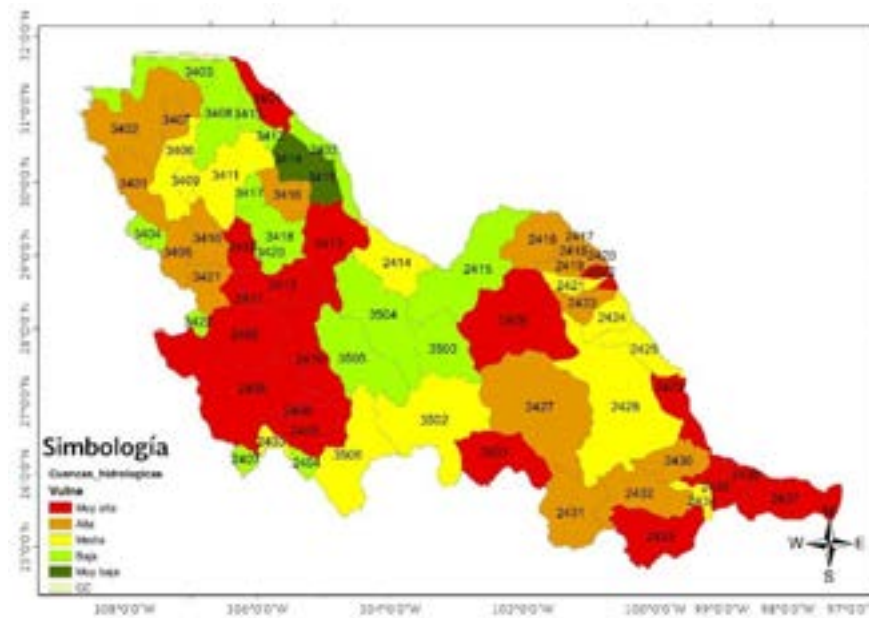
Factor 4a (f-4a). Población económicamente activa (PEA) desocupada (%)

P<sub>f-1a</sub> = Peso obtenido del Software SD para el factor 1a (f-1a)

P<sub>f-1b</sub> = Peso obtenido del Software SD para el factor 1b (f-1b)

$P_{F-2a}$  = Peso obtenido del Software SD para el factor 2a (f-2a)  
 $P_{F-2b}$  = Peso obtenido del Software SD para el factor 2b (f-2b)  
 $P_{F-3a}$  = Peso obtenido del Software SD para el factor 3a (f-3a)  
 $P_{F-3b}$  = Peso obtenido del Software SD para el factor 3b (f-3b)  
 $P_{F-4a}$  = Peso obtenido del Software SD para el factor 4a (f-4a)  
Ge: Grado de exposición  
Se: Sensibilidad  
Ca: Capacidad de adaptación

**Figura 3.6** Vulnerabilidad Económica en el CC Río Bravo



Fuente: Elaboración propia IMTA

### 3.4.3. Vulnerabilidad social

En la Tabla 3.8 y en la Figura 3.7 se muestra la vulnerabilidad social del OC Río Bravo y se observa que 2 cuencas tienen una vulnerabilidad muy alta, 11 con vulnerabilidad alta, 13 con vulnerabilidad media, 33 tienen vulnerabilidad baja y 6 con vulnerabilidad muy baja.

El total de cuencas con vulnerabilidad muy alta, alta y media son 26 cuencas las cuales son zonas desiertas, tienen poca población, hay mucho déficit, la población es rural, son zonas de menonitas, no hay disponibilidad de agua subterránea ni superficial.

**Tabla 3.8** Cálculo de la Vulnerabilidad social ante la sequía en el Consejo de Cuenca del Río Bravo.

Clave	Cuenca	Ge		Se	Ca		PESO SD					suma (Ge)	Suma (Ge)	suma (Ge)	GE+S-CA	Mod	Escala de vulnerabilidad
		f-1a	f-1b	f-6c	f-3a	f-3b	Pf-1a	Pf-1b	Pf-6c	Pf-3a	Pf-3b						
3504	Polvorillos - Arroyo El Marquez	0.18	0.79	0.27	0.44	0.23	0.30	0.27	0.29	0.05	0.09	0.26	0.29	0.04	0.51	1.00	Muy alta
2431	Río Salinas	1.00	0.29	0.18	0.00	0.01	0.40	0.16	0.01	0.21	0.22	0.45	0.01	0.00	0.45	0.88	Muy alta
2408	Río Conchos 1	0.20	0.85	0.51	0.08	0.06	0.35	0.14	0.14	0.19	0.19	0.19	0.14	0.03	0.30	0.59	Alta
2412	Río San Pedro	0.20	0.90	0.20	0.11	0.17	0.30	0.14	0.17	0.19	0.20	0.19	0.17	0.05	0.30	0.59	Alta
3505	El Llano - Laguna del Milagro	0.20	0.89	0.21	0.23	0.09	0.30	0.14	0.17	0.20	0.19	0.18	0.17	0.06	0.29	0.57	Alta
2411	Río Conchos 4	0.13	0.53	0.00	0.37	0.51	0.30	0.17	0.25	0.14	0.14	0.13	0.25	0.12	0.25	0.49	Alta
2413	Río Chuviscar	0.17	0.75	0.29	0.59	0.55	0.30	0.13	0.26	0.16	0.16	0.14	0.26	0.18	0.22	0.43	Alta
2405	Río Florido 3	0.19	0.83	0.25	0.22	0.06	0.32	0.11	0.12	0.24	0.22	0.15	0.12	0.07	0.20	0.39	Alta
2410	Río Conchos 3	0.22	1.00	0.18	0.04	0.07	0.30	0.09	0.07	0.27	0.27	0.16	0.07	0.03	0.20	0.39	Alta
3502	Laguna del Rey	0.15	0.64	0.36	0.24	0.11	0.35	0.13	0.12	0.21	0.20	0.13	0.12	0.07	0.18	0.35	Alta
2409	Río Conchos 2	0.22	0.86	0.39	0.07	0.12	0.35	0.08	0.08	0.24	0.25	0.15	0.08	0.05	0.18	0.35	Alta
2407	Río Balleza	0.07	0.33	1.00	0.53	0.04	0.32	0.15	0.19	0.17	0.16	0.07	0.19	0.10	0.17	0.33	Alta
3501	Valle Hundido	0.39	0.32	0.21	0.14	0.07	0.35	0.15	0.02	0.24	0.23	0.19	0.02	0.05	0.16	0.31	Alta

Clave	Cuenca	Ge		Se	Ca		PESO SD					suma (Ge)	Suma (Ge)	suma (Ge)	GE+S-CA	Mod	Escala de vulnerabilidad
		f-1a	f-1b	f-6c	f-3a	f-3b	P <sub>f-1a</sub>	P <sub>f-1b</sub>	P <sub>f-6c</sub>	P <sub>f-3a</sub>	P <sub>f-3b</sub>						
3506	Arroyo La India - Laguna Palomas	0.11	0.67	0.43	0.35	0.05	0.20	0.07	0.19	0.30	0.23	0.07	0.19	0.12	0.14	0.27	Media
2404	Río Florido 2	0.00	0.00	0.61	0.77	0.02	0.20	0.20	0.22	0.10	0.28	0.00	0.22	0.08	0.14	0.27	Media
2406	Río Parral	0.22	1.00	0.20	0.04	0.07	0.16	0.09	0.05	0.34	0.35	0.12	0.05	0.04	0.14	0.27	Media
2426	Río Sabinas	0.51	0.09	0.16	0.00	0.04	0.20	0.24	0.03	0.26	0.27	0.12	0.03	0.01	0.14	0.27	Media
3404	Laguna de Babicora	0.08	0.16	0.43	0.08	0.27	0.25	0.18	0.16	0.20	0.21	0.05	0.16	0.07	0.14	0.27	Media
3406	Río Santa María 2	0.08	0.23	0.27	0.20	0.48	0.25	0.16	0.21	0.18	0.20	0.06	0.21	0.13	0.13	0.25	Media
2427	Río Nadadores	0.95	0.21	0.23	0.10	0.05	0.20	0.01	0.01	0.77	0.02	0.19	0.01	0.08	0.12	0.24	Media
3418	Laguna El Cuervo	0.12	0.51	0.21	0.76	0.77	0.29	0.10	0.29	0.16	0.16	0.08	0.29	0.25	0.12	0.24	Media
2435	Río San Juan 3	0.13	0.02	0.21	0.06	0.01	0.25	0.22	0.08	0.23	0.22	0.04	0.08	0.02	0.10	0.20	Media
2403	Río Florido 1	0.11	0.50	0.43	0.34	0.04	0.22	0.15	0.11	0.29	0.24	0.10	0.11	0.11	0.10	0.20	Media
3409	Laguna La Vieja	0.08	0.26	0.33	0.30	0.66	0.25	0.13	0.23	0.18	0.21	0.06	0.23	0.19	0.09	0.18	Media
2414	Río Bravo 3	0.17	0.75	0.33	0.59	0.55	0.20	0.07	0.27	0.23	0.23	0.09	0.27	0.26	0.09	0.18	Media
3402	Río Casas Grandes 2	0.06	0.15	0.28	0.07	0.23	0.29	0.18	0.10	0.20	0.23	0.04	0.10	0.07	0.08	0.16	Media
2428	Río Salado	0.59	0.11	0.24	0.13	0.04	0.02	0.02	0.09	0.01	0.86	0.01	0.09	0.03	0.07	0.14	Baja
3413	Arroyo Roma	0.19	0.12	0.04	0.22	0.32	0.05	0.21	0.19	0.27	0.29	0.03	0.19	0.15	0.07	0.14	Baja
2418	Arroyo de las Vacas	0.64	0.02	0.18	0.07	0.04	0.12	0.26	0.02	0.31	0.30	0.08	0.02	0.03	0.07	0.14	Baja
2429	Río Bravo 11	0.20	0.01	0.19	0.04	0.03	0.10	0.27	0.07	0.28	0.28	0.02	0.07	0.02	0.07	0.14	Baja
2421	Río San Rodrigo	0.66	0.04	0.14	0.07	0.04	0.10	0.27	0.03	0.30	0.30	0.08	0.03	0.03	0.07	0.14	Baja
2425	Río Bravo 10	0.27	0.05	0.24	0.03	0.04	0.10	0.27	0.05	0.29	0.29	0.04	0.05	0.02	0.07	0.14	Baja
2434	Río San Juan 2	0.16	0.04	0.25	0.07	0.01	0.25	0.23	0.04	0.25	0.24	0.05	0.04	0.02	0.07	0.14	Baja
3412	Rancho El Cuarenta	0.16	0.10	0.07	0.34	0.48	0.12	0.17	0.23	0.23	0.25	0.04	0.23	0.20	0.07	0.14	Baja
3414	Félix U Gómez	0.10	0.07	0.18	0.98	0.98	0.12	0.11	0.40	0.18	0.18	0.02	0.40	0.35	0.07	0.14	Baja
3419	Laguna de Encinillas	0.13	0.53	0.14	0.23	0.46	0.12	0.13	0.18	0.26	0.30	0.08	0.18	0.20	0.07	0.14	Baja

Clave	Cuenca	Ge		Se	Ca		PESO SD					suma (Ge)	Suma (Ge)	suma (Ge)	GE+S-CA	Mod	Escala de vulnerabilidad
		f-1a	f-1b	f-6c	f-3a	f-3b	P <sub>f-1a</sub>	P <sub>f-1b</sub>	P <sub>f-6c</sub>	P <sub>f-3a</sub>	P <sub>f-3b</sub>						
3405	Río Santa María 1	0.10	0.17	0.36	0.07	0.28	0.12	0.21	0.12	0.26	0.29	0.05	0.12	0.10	0.07	0.14	Baja
2430	Río Alamo	0.21	0.03	0.22	0.05	0.04	0.10	0.27	0.06	0.29	0.29	0.03	0.06	0.03	0.06	0.12	Baja
3420	Rancho Hormigas-El Diablo	0.22	1.00	0.14	0.04	0.07	0.08	0.06	0.02	0.41	0.42	0.08	0.02	0.04	0.06	0.12	Baja
3503	Laguna del Guaje - Lipanés	0.12	0.33	0.41	0.60	0.19	0.10	0.15	0.22	0.30	0.23	0.06	0.22	0.22	0.06	0.12	Baja
2417	Río Bravo 6	0.14	0.00	0.11	0.01	0.01	0.15	0.27	0.05	0.27	0.27	0.02	0.05	0.01	0.06	0.12	Baja
2423	Río Escondido	0.29	0.06	0.15	0.01	0.02	0.10	0.28	0.02	0.30	0.30	0.05	0.02	0.01	0.06	0.12	Baja
3408	Desierto de Samalayuca	0.10	0.20	0.19	0.26	0.50	0.12	0.17	0.21	0.23	0.27	0.05	0.21	0.20	0.06	0.12	Baja
3403	Hacienda San Francisco-Juguete-Madero-Palomas	0.06	0.14	0.23	0.07	0.21	0.12	0.22	0.10	0.26	0.29	0.04	0.10	0.08	0.06	0.12	Baja
3422	Laguna Los Mexicanos	0.20	0.49	0.62	0.03	0.08	0.02	0.17	0.01	0.39	0.41	0.09	0.01	0.04	0.06	0.12	Baja
2401	Río Bravo 1	0.23	0.13	0.14	0.11	0.16	0.10	0.23	0.07	0.29	0.30	0.05	0.07	0.08	0.05	0.10	Baja
2420	Río Bravo 7	0.86	0.00	0.19	0.09	0.04	0.01	0.02	0.12	0.82	0.03	0.01	0.12	0.08	0.05	0.10	Baja
2424	Río Bravo 9	0.24	0.06	0.18	0.01	0.03	0.10	0.28	0.02	0.30	0.30	0.04	0.02	0.01	0.05	0.10	Baja
3421	Laguna de Bustillos	0.17	0.48	0.24	0.12	0.24	0.12	0.16	0.07	0.31	0.34	0.10	0.07	0.12	0.05	0.10	Baja
3415	Arroyo El Carrizo	0.16	0.38	0.14	0.77	0.68	0.12	0.10	0.32	0.23	0.22	0.06	0.32	0.33	0.05	0.10	Baja
3410	Río del Carmen 1	0.14	0.40	0.19	0.18	0.44	0.12	0.15	0.16	0.26	0.31	0.08	0.16	0.18	0.05	0.10	Baja
2436	Río Bravo 12	0.14	0.00	0.18	0.04	0.00	0.10	0.28	0.04	0.29	0.28	0.01	0.04	0.01	0.04	0.08	Baja
3411	Río del Carmen 2	0.12	0.45	0.12	0.24	0.51	0.05	0.14	0.21	0.28	0.33	0.07	0.21	0.23	0.04	0.08	Baja
2416	Río Bravo 5	0.29	0.04	0.12	0.01	0.01	0.11	0.10	0.01	0.38	0.39	0.04	0.01	0.01	0.04	0.08	Baja
2419	Río San Diego	0.64	0.02	0.18	0.07	0.04	0.02	0.04	0.08	0.82	0.04	0.01	0.08	0.06	0.04	0.08	Baja
2422	Río Bravo 8	0.66	0.04	0.14	0.07	0.04	0.08	0.26	0.01	0.33	0.32	0.06	0.01	0.04	0.04	0.08	Baja
3407	Laguna El Sabinal	0.09	0.26	0.17	0.11	0.37	0.12	0.18	0.12	0.26	0.31	0.06	0.12	0.14	0.04	0.08	Baja
3417	Laguna de Tarabillas	0.13	0.53	0.01	0.37	0.51	0.12	0.11	0.22	0.27	0.29	0.07	0.22	0.25	0.04	0.08	Baja

Clave	Cuenca	Ge		Se	Ca		PESO SD					suma (Ge)	Suma (Ge)	suma (Ge)	GE+S-CA	Mod	Escala de vulnerabilidad
		f-1a	f-1b	f-6c	f-3a	f-3b	P <sub>f-1a</sub>	P <sub>f-1b</sub>	P <sub>f-6c</sub>	P <sub>f-3a</sub>	P <sub>f-3b</sub>						
3401	Río Casas Grandes 1	0.08	0.22	0.34	0.10	0.33	0.12	0.19	0.11	0.26	0.31	0.05	0.11	0.13	0.04	0.08	Baja
2433	Río San Juan 1	0.31	0.15	0.14	0.00	0.00	0.02	0.05	0.02	0.35	0.57	0.01	0.02	0.00	0.03	0.06	Muy baja
2402	Río Bravo 2	0.16	0.38	0.14	0.77	0.68	0.05	0.10	0.35	0.26	0.25	0.05	0.35	0.36	0.03	0.06	Muy baja
3416	Arroyo El Burro	0.09	0.35	0.33	1.00	1.00	0.05	0.08	0.43	0.22	0.22	0.03	0.43	0.43	0.03	0.06	Muy baja
2432	Río Pesquería	0.30	0.13	0.12	0.00	0.01	0.05	0.02	0.01	0.02	0.90	0.02	0.01	0.01	0.02	0.04	Muy baja
2437	Río Bravo 13	0.14	0.02	0.13	0.03	0.00	0.05	0.31	0.01	0.32	0.31	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	Muy baja
2415	Río Bravo 4	0.21	0.35	0.36	0.31	0.11	0.03	0.33	0.02	0.36	0.26	0.12	0.02	0.14	0.00	0.00	Muy baja

Fuente: Elaboración propia IMTA

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

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

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

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

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

P<sub>f-1a</sub> = Peso obtenido del Software SD para el factor 1a (f-1a)

P<sub>f-1b</sub> = Peso obtenido del Software SD para el factor 1b (f-1b)

P<sub>f-3a</sub> = Peso obtenido del Software SD para el factor 2a (f-2a)

P<sub>f-3b</sub> = Peso obtenido del Software SD para el factor 2b (f-2b)

P<sub>f-3a</sub> = Peso obtenido del Software SD para el factor 3a (f-3a)

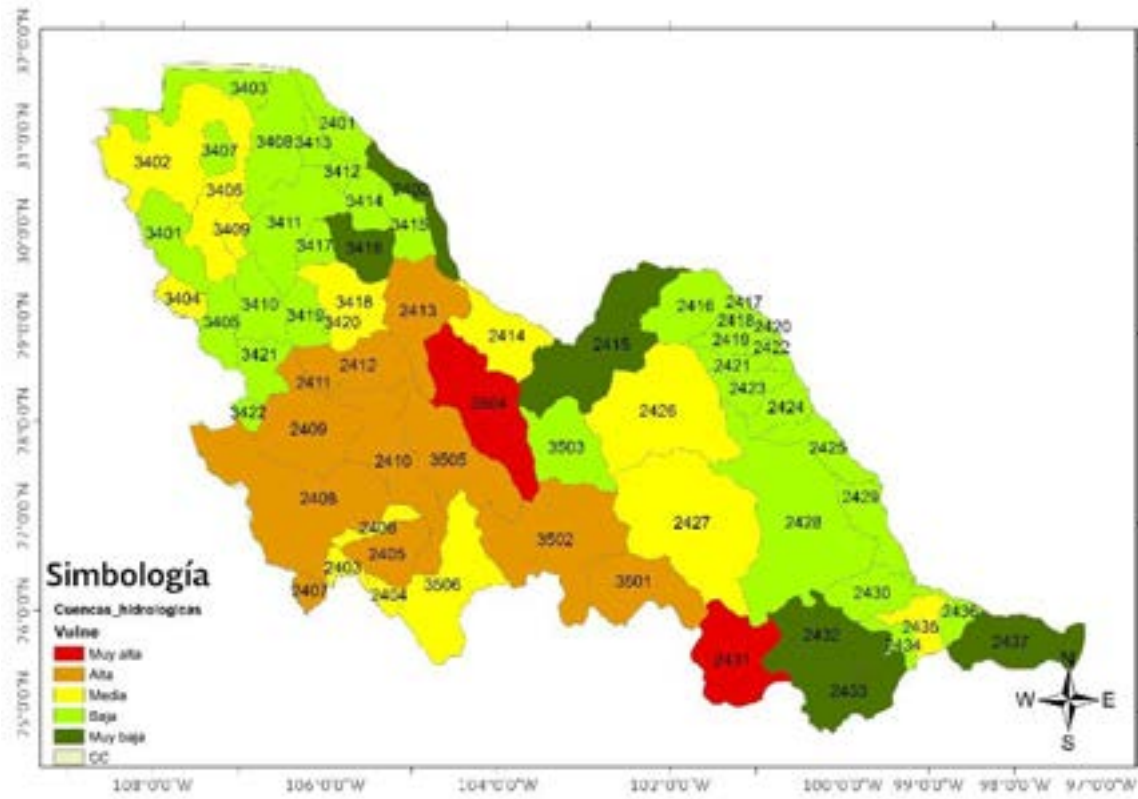
P<sub>f-6c</sub> = Peso obtenido del Software SD para el factor 4a (f-4a)

Ge: Grado de exposición

Se: Sensibilidad

Ca: Capacidad de adaptación

Figura 3.7 Vulnerabilidad Social en el CC Río Bravo



Fuente: Elaboración propia IMTA

### 3.4.4. Vulnerabilidad global

En la Tabla 3.9 y en la Figura 3.8 se muestra la vulnerabilidad global del OC Río Bravo y se observa que 17 cuencas tienen una vulnerabilidad muy alta, 27 cuencas tienen una vulnerabilidad alta, 12 cuencas con vulnerabilidad media, 6 cuencas con vulnerabilidad baja, y 3 cuencas con una vulnerabilidad muy baja.

El total de cuencas con vulnerabilidad muy alta, alta y media son 56 las cuales tienen déficit de agua superficial y subterránea, con alta contaminación, deforestación, tienen mucha demanda de agua, hay zonas de menonitas, hay zonas desérticas, población rural y alta marginación.

**Tabla 3.9** Cálculo de la Vulnerabilidad global ante la sequía en el Consejo de Cuenca del Río Bravo.

Clave Cuenca	Cuenca	V. A	V. S	V.E	PESO SD			Peso <sub>SD</sub> *V.A	Peso <sub>SD</sub> *V.S	Peso <sub>SD</sub> *V.E	Vulnerabilidad Global	Modulado	Escala de vulnerabilidad
					P.V.A	P.V.S	P.V.E						
2409	Río Conchos 2	1.00	0.35	0.95	0.33	0.33	0.33	0.33	0.12	0.32	0.77	1.00	Muy alta
2408	Río Conchos 1	0.71	0.59	0.98	0.33	0.33	0.33	0.24	0.20	0.33	0.76	0.99	Muy alta
2412	Río San Pedro	0.93	0.59	0.68	0.33	0.33	0.33	0.31	0.20	0.23	0.73	0.95	Muy alta
2413	Río Chuviscar	1.00	0.43	0.68	0.33	0.33	0.33	0.33	0.14	0.23	0.70	0.91	Muy alta
2426	Río Sabinas	0.86	0.27	0.98	0.33	0.33	0.33	0.29	0.09	0.33	0.70	0.91	Muy alta
2411	Río Conchos 4	0.64	0.49	0.73	0.33	0.33	0.33	0.21	0.16	0.24	0.62	0.80	Muy alta
2406	Río Parral	0.86	0.27	0.73	0.33	0.33	0.33	0.29	0.09	0.24	0.62	0.79	Muy alta
2410	Río Conchos 3	0.79	0.39	0.68	0.33	0.33	0.33	0.26	0.13	0.23	0.62	0.79	Muy alta
2435	Río San Juan 3	0.57	0.20	1.00	0.33	0.33	0.33	0.19	0.07	0.33	0.59	0.75	Muy alta
2405	Río Florido 3	0.64	0.39	0.68	0.33	0.33	0.33	0.21	0.13	0.23	0.57	0.73	Muy alta
3501	Valle Hundido	0.64	0.31	0.73	0.33	0.33	0.33	0.21	0.10	0.24	0.56	0.71	Muy alta
2427	Río Nadadores	0.86	0.24	0.59	0.33	0.33	0.33	0.29	0.08	0.20	0.56	0.71	Muy alta
3504	Polvorillos - Arroyo El Marquez	0.50	1.00	0.07	0.33	0.33	0.33	0.17	0.33	0.02	0.52	0.66	Muy alta
2401	Río Bravo 1	0.43	0.10	0.98	0.33	0.33	0.33	0.14	0.03	0.33	0.50	0.63	Muy alta



Clave Cuenca	Cuenca	V. A	V. S	V.E	PESO SD			Peso SD*V.A	Peso SD*V.S	Peso SD*V.E	Vulnerabilidad Global	Modulado	Escala de vulnerabilidad
					P.V.A	P.V.S	P.V.E						
3506	Arroyo La India - Laguna Palomas	1.00	0.27	0.17	0.33	0.33	0.33	0.33	0.09	0.06	0.48	0.60	Muy alta
2433	Río San Juan 1	0.71	0.06	0.66	0.33	0.33	0.33	0.24	0.02	0.22	0.48	0.59	Muy alta
3502	Laguna del Rey	0.86	0.35	0.22	0.33	0.33	0.33	0.29	0.12	0.07	0.48	0.59	Muy alta
2429	Río Bravo 11	0.43	0.14	0.85	0.33	0.33	0.33	0.14	0.05	0.28	0.47	0.59	Alta
2431	Río Salinas	0.21	0.88	0.32	0.33	0.33	0.33	0.07	0.29	0.11	0.47	0.59	Alta
2432	Río Pesquería	1.00	0.04	0.32	0.33	0.33	0.33	0.33	0.01	0.11	0.45	0.56	Alta
2428	Río Salado	0.93	0.14	0.27	0.33	0.33	0.33	0.31	0.05	0.09	0.44	0.55	Alta
2422	Río Bravo 8	0.50	0.08	0.73	0.33	0.33	0.33	0.17	0.03	0.24	0.44	0.54	Alta
2420	Río Bravo 7	0.57	0.10	0.46	0.33	0.33	0.33	0.19	0.03	0.15	0.38	0.45	Alta
3405	Río Santa María 1	0.50	0.14	0.49	0.33	0.33	0.33	0.17	0.05	0.16	0.38	0.45	Alta
2436	Río Bravo 12	0.43	0.08	0.61	0.33	0.33	0.33	0.14	0.03	0.20	0.37	0.45	Alta
3410	Río del Carmen 1	0.57	0.10	0.44	0.33	0.33	0.33	0.19	0.03	0.15	0.37	0.44	Alta
3419	Laguna de Encinillas	0.21	0.14	0.73	0.33	0.33	0.33	0.07	0.05	0.24	0.36	0.43	Alta
2423	Río Escondido	0.57	0.12	0.37	0.33	0.33	0.33	0.19	0.04	0.12	0.35	0.42	Alta
3505	El Llano - Laguna del Milagro	0.36	0.57	0.12	0.33	0.33	0.33	0.12	0.19	0.04	0.35	0.42	Alta
2416	Río Bravo 5	0.43	0.08	0.54	0.33	0.33	0.33	0.14	0.03	0.18	0.35	0.41	Alta
2437	Río Bravo 13	0.36	0.02	0.63	0.33	0.33	0.33	0.12	0.01	0.21	0.34	0.40	Alta
2425	Río Bravo 10	0.57	0.14	0.24	0.33	0.33	0.33	0.19	0.05	0.08	0.32	0.37	Alta
2404	Río Florido 2	0.57	0.27	0.10	0.33	0.33	0.33	0.19	0.09	0.03	0.31	0.37	Alta
2418	Arroyo de las Vacas	0.50	0.14	0.29	0.33	0.33	0.33	0.17	0.05	0.10	0.31	0.36	Alta
2419	Río San Diego	0.36	0.08	0.44	0.33	0.33	0.33	0.12	0.03	0.15	0.29	0.33	Alta
3421	Laguna de Bustillos	0.43	0.10	0.34	0.33	0.33	0.33	0.14	0.03	0.11	0.29	0.33	Alta
2434	Río San Juan 2	0.50	0.14	0.22	0.33	0.33	0.33	0.17	0.05	0.07	0.29	0.33	Alta
3407	Laguna El Sabinal	0.29	0.08	0.49	0.33	0.33	0.33	0.10	0.03	0.16	0.28	0.32	Alta

Clave Cuenca	Cuenca	V. A	V. S	V.E	PESO SD			Peso SD*V.A	Peso SD*V.S	Peso SD*V.E	Vulnerabilidad Global	Modulado	Escala de vulnerabilidad
					P.V.A	P.V.S	P.V.E						
3401	Río Casas Grandes 1	0.36	0.08	0.39	0.33	0.33	0.33	0.12	0.03	0.13	0.28	0.31	Alta
2414	Río Bravo 3	0.43	0.18	0.22	0.33	0.33	0.33	0.14	0.06	0.07	0.27	0.31	Alta
2417	Río Bravo 6	0.36	0.12	0.34	0.33	0.33	0.33	0.12	0.04	0.11	0.27	0.31	Alta
2403	Río Florido 1	0.36	0.20	0.24	0.33	0.33	0.33	0.12	0.07	0.08	0.27	0.30	Alta
2421	Río San Rodrigo	0.43	0.14	0.22	0.33	0.33	0.33	0.14	0.05	0.07	0.26	0.29	Alta
3402	Río Casas Grandes 2	0.29	0.16	0.34	0.33	0.33	0.33	0.10	0.05	0.11	0.26	0.29	Alta
2430	Río Alamo	0.29	0.12	0.29	0.33	0.33	0.33	0.10	0.04	0.10	0.23	0.25	Media
3406	Río Santa María 2	0.21	0.25	0.22	0.33	0.33	0.33	0.07	0.08	0.07	0.23	0.25	Media
2424	Río Bravo 9	0.36	0.10	0.22	0.33	0.33	0.33	0.12	0.03	0.07	0.22	0.24	Media
3403	Hacienda San Francisco-Juguete-Madero-Palomas	0.43	0.12	0.12	0.33	0.33	0.33	0.14	0.04	0.04	0.22	0.24	Media
2407	Río Balleza	0.14	0.33	0.15	0.33	0.33	0.33	0.05	0.11	0.05	0.21	0.22	Media
3404	Laguna de Babicora	0.21	0.27	0.10	0.33	0.33	0.33	0.07	0.09	0.03	0.20	0.20	Media
3409	Laguna La Vieja	0.21	0.18	0.17	0.33	0.33	0.33	0.07	0.06	0.06	0.19	0.19	Media
3411	Río del Carmen 2	0.29	0.08	0.20	0.33	0.33	0.33	0.10	0.03	0.07	0.19	0.19	Media
3412	Rancho El Cuarenta	0.29	0.14	0.12	0.33	0.33	0.33	0.10	0.05	0.04	0.18	0.18	Media
3416	Arroyo El Burro	0.07	0.06	0.39	0.33	0.33	0.33	0.02	0.02	0.13	0.17	0.17	Media
3503	Laguna del Guaje - Lipanés	0.29	0.12	0.10	0.33	0.33	0.33	0.10	0.04	0.03	0.17	0.16	Media
3422	Laguna Los Mexicanos	0.29	0.12	0.10	0.33	0.33	0.33	0.10	0.04	0.03	0.17	0.16	Media
3418	Laguna El Cuervo	0.07	0.24	0.15	0.33	0.33	0.33	0.02	0.08	0.05	0.15	0.14	Baja
3408	Desierto de Samalayuca	0.21	0.12	0.10	0.33	0.33	0.33	0.07	0.04	0.03	0.14	0.13	Baja
3420	Rancho Hormigas-El Diablo	0.21	0.12	0.07	0.33	0.33	0.33	0.07	0.04	0.02	0.14	0.12	Baja

Clave Cuenca	Cuenca	V. A	V. S	V.E	PESO SD			Peso <sub>SD</sub> *V.A	Peso <sub>SD</sub> *V.S	Peso <sub>SD</sub> *V.E	Vulnerabilidad Global	Modulado	Escala de vulnerabilidad
					P.V.A	P.V.S	P.V.E						
3413	Arroyo Roma	0.14	0.14	0.12	0.33	0.33	0.33	0.05	0.05	0.04	0.13	0.11	Baja
3417	Laguna de Tarabillas	0.14	0.08	0.10	0.33	0.33	0.33	0.05	0.03	0.03	0.11	0.08	Baja
3415	Arroyo El Carrizo	0.14	0.10	0.05	0.33	0.33	0.33	0.05	0.03	0.02	0.10	0.06	Baja
3414	Félix U Gómez	0.07	0.14	0.00	0.33	0.33	0.33	0.02	0.05	0.00	0.07	0.02	Muy baja
2415	Río Bravo 4	0.07	0.00	0.10	0.33	0.33	0.33	0.02	0.00	0.03	0.06	0.01	Muy baja
2402	Río Bravo 2	0.00	0.06	0.10	0.33	0.33	0.33	0.00	0.02	0.03	0.05	0.00	Muy baja

Fuente: Elaboración propia IMTA

V. A= Vulnerabilidad Ambiental

V. S= Vulnerabilidad Social

V.E= Vulnerabilidad Económica

P.V.A= Peso obtenido del Software SD para la Vulnerabilidad Ambiental

P.V.S= Peso obtenido del Software SD para la Vulnerabilidad Social

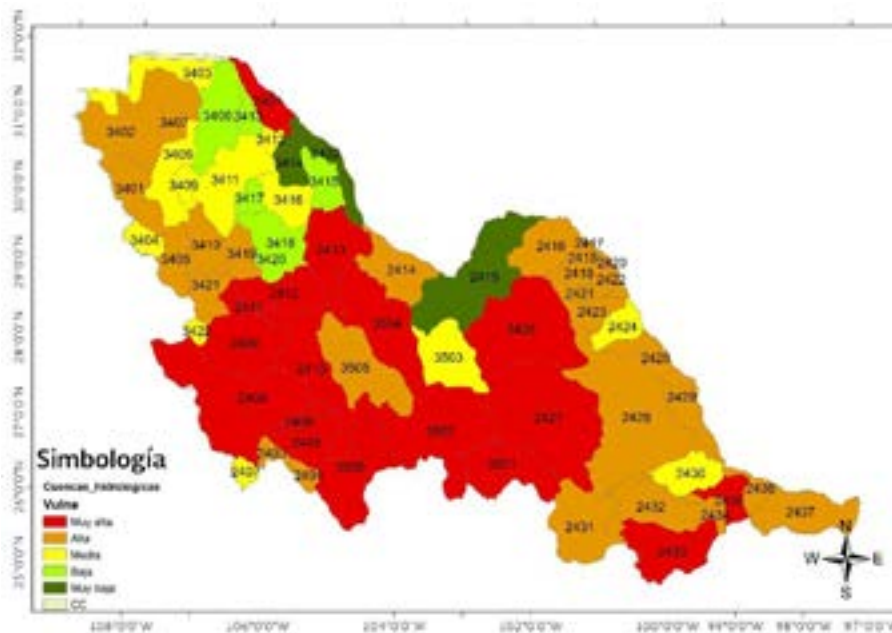
P.V.E= Peso obtenido del Software SD para la Vulnerabilidad Económica

Peso<sub>SD</sub>\*V.A= V.A\* P.V.A

Peso<sub>SD</sub>\*V.S= V.S\* P.V.S

Peso<sub>SD</sub>\*V.E= V.E\* P.V.E

Figura 3.8 Vulnerabilidad Global en el CC Río Bravo



Fuente: Elaboración propia IMTA

Cabe recalcar que, dado que la vulnerabilidad es un proceso dinámico, es pertinente su actualización periódica, al menos con la misma periodicidad del PMPMS. Esto porque, en principio, al pasar de una estrategia reactiva a proactiva en la atención y afrontamiento de la sequía, las condiciones, tanto sociales, como económicas y ambientales también cambiarán, así como por el efecto esperado de la implementación de las medidas identificadas.

Así entonces, los resultados aquí presentados son producto de la revisión, por cada cuenca, hecha por el personal técnico del OC Bravo, y tienen la validez y confiabilidad del momento en que se realizó tal revisión. También, esta es una versión de la vulnerabilidad que se espera resulte mejor respecto a la realizada en 2013, pero, por la propia subjetividad del concepto, no es definitiva, sino actual en el mejor de los casos, actualidad válida cuando se realiza, y que por ende, cambia o puede cambiar constantemente; por las mismas razones, los 11 factores con los que se evalúa, tampoco son necesariamente los únicos ni los últimos, sino que probablemente también requieran modificarse en la medida en que el concepto sea mejor entendido, se tengan más elementos para evaluarse y, desde luego, en función de qué tan suficientes, eficientes y consistentes sean para entender las condiciones de cada cuenca y su importancia en el tema.

## 4. Mitigación de la sequía y estrategias de respuesta

La finalidad del Programa de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía del Consejo de Cuenca del Río Bravo es precisamente anticiparse a las sequías, previendo soluciones para satisfacer las demandas, evitando situaciones de desabasto severo de agua, y conflictos entre usuarios por el uso del vital líquido. El riesgo no puede eliminarse por completo, pero este programa es útil para mitigar significativamente sus efectos, para lo cual es necesario fortalecer e implementar medidas que reduzcan los impactos causados por el déficit hídrico en el corto y largo plazos. Así, este capítulo tiene como finalidad identificar aquellas acciones que pueden ser implementadas para afrontar adecuadamente las sequías y mitigar sus impactos en los diferentes sectores usuarios del agua.

### 4.1. Medidas de mitigación y estrategias de respuesta ante sequías

Se determinaron una serie acciones que pueden ser implementadas en el marco del Consejo de Cuenca para afrontar la sequía en tres sentidos (CWCB, 2010): antes de que ocurra el fenómeno (medidas estratégicas), cuando apenas inicia (medidas tácticas), o cuando ya está presente (medidas de emergencia), tal como se describe a continuación:

- **Medidas estratégicas.** Este tipo de medidas son actuaciones a largo plazo (con duración de más de dos años previos al fenómeno) y generalmente son de carácter institucional e infraestructura, que forman parte de la planificación hidrológica (estructuras de almacenamiento y regulación, normativa y ordenación de usos).
- **Medidas tácticas.** Las medidas tácticas son actuaciones a mediano y corto plazo (con duración desde unos meses hasta dos años) planificadas y validadas con anticipación en el marco del programa de sequía. Se activarán en las fases de prealerta y alerta.
- **Medidas de emergencia.** Las medidas de emergencia son actuaciones a muy corto plazo (con duración de semanas o meses) y tienen como finalidad afrontar el déficit hídrico ocasionado por la sequía cuando ya está presente o cuando está muy avanzada, y variarán en función de la intensidad de la misma y su extensión o grado de afectación a la cuenca.

Es importante mencionar que la distinción entre las medidas estratégicas, las medidas tácticas y las medidas de emergencia depende de la sincronización y la forma en que el Consejo de Cuenca tiene la intención de ponerlas en práctica. Por ejemplo, la rehabilitación de pozos (es decir, la restauración de la producción de agua en los pozos a su forma más eficiente a través de diversos tratamientos y métodos), puede ser vista como una medida estratégica si se hace de forma rutinaria para asegurar que los pozos se encuentren en óptimas condiciones de operación cuando ocurra una sequía; o bien, también puede ser una medida táctica en caso de que se realice tras la declaración de una sequía; en última instancia, también puede ser una medida de emergencia si se realiza cuando la sequía ya está muy avanzada y se requiere extraer agua del subsuelo de manera urgente (Cano y Hernández, 2007).

Además de lo anterior, se especifica una base para la implementación de las acciones, distinguiendo aquellas por el lado de la demanda las que impactan el uso y consumo por parte de los usuarios (Tabla 4.1) y por el lado de la oferta de agua, relacionadas con las obras y sistemas de distribución (Tabla 4.2 a Tabla 4.4). Esto se conoce como la gestión o manejo de la oferta y la demanda de agua en condiciones de sequía.

A raíz de la formulación de los Programas Hídricos Regionales (CONAGUA, 2012b), se determinaron una serie de medidas, necesarias para alcanzar las condiciones de sustentabilidad de las cuencas, es decir, las condiciones de equilibrio, en las que la demanda no supera a la oferta. Estos programas, enmarcados en la Agenda del Agua 2030 (AA2030), permitieron hacer una estimación de la brecha hídrica (la diferencia entre demanda y oferta, donde aquélla es mayor que ésta); las siguientes Tablas muestran el catálogo de medidas, por sector de uso u oferta, identificadas en la AA2030.

**Tabla 4.1** Medidas de ahorro y recuperación de volúmenes de agua, identificadas para aumento de la Oferta

		<b>Medida</b>	<b>Descripción</b>
<b>Aumento de la Oferta</b>	Obras de infraestructura superficial y subterránea	Nuevas presas para irrigación	Proyectos de gran escala para irrigación, considera la distribución del agua de la presa a las zonas de riego
		Transferencias por gravedad (derivadoras)	Derivadoras directas sobre ríos con disponibilidad para encausar el agua hacia las zonas de riego
		Transferencias bombeadas (acueductos)	Transferencias entre cuencas o en cuenca propia por bombeo utilizando un acueducto
		Reúso de agua tratada	Infraestructura necesaria para reusar el agua tratada de PTAR en zonas de riego
		Sobreelevación de presas	Mantener, rehabilitar y sobre-elevación de presas existentes en la región
		Nuevos pozos profundos	Perforación y equipo necesario de bombeo para pozos en acuíferos con disponibilidad
	Otras obras de oferta para agua subterránea	Potencial subterráneo	Extracción subterránea de agua en acuíferos con disponibilidad y sin infraestructura planeada o construida de extracción
		Recarga artificial de acuíferos	Recarga de acuíferos con agua de lluvia encausando el agua hacia lagunas de infiltración sobre acuíferos con disponibilidad
			Recarga de acuíferos con agua de lluvia encausando el agua hacia lagunas de infiltración sobre acuíferos sobreexplotados
	Otras obras de oferta para agua superficial	Cosecha de lluvia rural	Captación y recolección de agua de lluvia en los tejados de las viviendas rurales sin acceso actual a la red de agua potable
		Nuevas transferencias bombeadas (acueductos)	Posibles nuevos acueductos para transferencia entre cuencas en las células donde no es posible cerrar la brecha, basados en estudios realizados pero no incorporados a la cartera
		Desalación OI	Desalación por ósmosis inversa, considerada únicamente en las células costeras

**Tabla 4.2** Medidas de ahorro y recuperación de volúmenes de agua, identificadas para la demanda del sector Hidroagrícola

		<b>Medida</b>	<b>Descripción</b>	
<b>Demanda Hidroagrícola</b>	Mejora de productividad en el área de temporal	Recolección de lluvia	Incrementar la productividad a través de la construcción de pequeños bordos	
		Uso de fertilizantes en áreas de temporal	Incrementar la productividad usando fertilizantes	
		Ingeniería de semillas ( en temporal)	Incrementar la productividad a través de la introducción gradual de semillas resistentes a la sequía	
		Labranza óptima	Incrementar la productividad manteniendo nutrientes y agua en el suelo	
		Uso de plaguicidas	Reducir las pérdidas usando plaguicidas	
	Mejorar la productividad en riego	Ingeniería de semillas (en riego)	Incrementar la productividad a través de la introducción gradual de semillas resistentes a la sequía	
		Uso de fertilizantes	Incrementar la productividad usando fertilizantes	
		Uso de plaguicidas	Reducir las pérdidas usando plaguicidas	
		Labranza óptima	Incrementar la productividad manteniendo nutrientes y agua en el suelo	
		Uso balanceado de fertilizantes (en riego)	Incrementando la productividad a través de agricultura de precisión para balancear el uso de fertilizantes de acuerdo a la necesidad de la planta	
	Reducir las pérdidas post cosecha	Transportación refrigerada de cosecha	La implementación de tecnologías que reduzcan el volumen bruto utilizado para riego reducirá la demanda de agua	
	Eficiencia del agua de riego	Mejora de eficiencia		Eficiencia primaria: Entubamiento o revestimiento de canales principales para reducir pérdidas por infiltración o evaporación.
				Eficiencia secundaria: Entubamiento o revestimiento de canales secundarios para reducir pérdidas por infiltración o evaporación
		Riego por aspersión	Reducción de consumo de agua e incremento de productividad por sustitución de inundación por aspersores	
		Cambio de aspersión por alta precisión	Reducción de consumo de agua e incremento de productividad por sustitución de aspersores por métodos de alta precisión	
		Riego de alta precisión	Reducción de consumo de agua e incremento de productividad por sustitución de inundación por goteo, cintilla, micro aspersores, etc.	
	Calendarización del riego	Reducción de consumo de agua detectando requerimientos de riego de acuerdo a las necesidades de la planta		

**Tabla 4.3** Medidas de ahorro y recuperación de volúmenes de agua, identificadas para la demanda del sector Industria

		<b>Medida</b>	<b>Descripción</b>
<b>Demanda Industrial</b>	<b>Tecnologías eficientes</b>	Lubricación en seco en industria de bebidas	Sistema de lubricación en seco para carruseles de transporte de botellas
		Enfriamiento en seco en generación de energía	Sistemas de ventilación para enfriamiento de equipos en la generación de energía
		Empaste de desechos en minería	Solidificación de desechos en la extracción de minerales
		Limpieza química en industria de bebidas	Limpieza química de equipo de llenado de botellas
		Enjuague con aire en industria de bebidas	Enjuague y lavado de botellas con aire a presión
	<b>Reducción de fugas</b>	Reducción de fugas	Reparación de fugas en la industria
		Reducción de la presión del agua	Reducción de presión en tuberías y reducción en pérdidas de red
	<b>Reúso de agua</b>	Reutilización de condensados en industria de papel y celulosa	Sistema de captura y condensación de vapor para utilización en otros procesos
Reciclaje de agua tratada en industria petroquímica		Sistema de tratamiento y reciclaje	

**Tabla 4.4** Medidas de ahorro y recuperación de volúmenes de agua, identificadas para la demanda del sector Municipal

		<b>Medida</b>	<b>Descripción</b>
<b>Demanda Municipal</b>	<b>Tecnologías eficientes</b>	Inodoro eficiente - doméstico sustitución	Sustitución de inodoros convencionales por modelos de doble descarga en el sector residencial
		Regaderas eficientes – sustitución	Sustitución de regaderas convencionales por modelos de bajo flujo
		Uso de lavaplatos eficiente	Sustitución de lavado de platos manual por uso de lavaplatos eficiente
		Lavado de ropa – sustitución	Sustitución de lavadoras de ropa convencionales por modelos de bajo consumo de agua
		Llaves bajo flujo – sustitución	Sustitución de grifos y llaves convencionales por modelos de bajo flujo
		Inodoro eficiente - doméstico nuevo	Instalación de inodoros de doble descarga en nuevas viviendas
		Regaderas bajo flujo – nuevo	Instalación de regaderas de bajo flujo en nuevas viviendas
		Inodoro eficiente - comercial sustitución	Sustitución de inodoros tradicionales por equipos de doble descarga en el sector comercial



		<b>Medida</b>	<b>Descripción</b>
		Retención de humedad en jardín	Uso de técnicas de retención de humedad en el riego de jardines privados para disminuir el consumo
		Lavado de ropa eficiente- nuevo	Instalación de lavadoras eficientes en nuevas viviendas
		Llaves bajo flujo – nuevo	Instalación de grifos de bajo flujo en nuevas viviendas
		Inodoro eficiente - comercial nuevo	Instalación de inodoros de doble descarga en nuevos edificios comerciales
		Mingitorio sin agua – comercial	Instalación de mingitorios eficientes (sin uso de agua) en edificios comerciales y públicos
	<b>Reducción de fugas</b>	Reparación de fugas en red	Reparación de fugas en la red de distribución municipal primaria y secundaria
		Sectorización y control de presión	Sectorización de la red municipal e implementación de control de presión en la red de distribución
		Fugas comerciales y públicas	Reparación de fugas al interior de edificios comerciales (p.ej. fugas en inodoros, fugas en conexiones internas)
		Fugas en vivienda	Reparación y prevención de fugas al interior de la vivienda (p. ej. fugas en inodoros, conexiones internas)
	<b>Reúso de agua</b>	Uso de agua tratada en riego	Transportación de aguas tratadas para el uso en riego de áreas verdes municipales
		Reuso de aguas grises - doméstico	Instalación para permitir el reúso de aguas grises en inodoros domésticos

Estas medidas, en general, la AA2030 las considera como las principales o más importantes, con cuya aplicación sería posible recuperar volúmenes de agua que actualmente se desperdician o sub-aprovechan, de tal manera que la célula tienda a alcanzar el equilibrio, es decir, a tener un consumo sustentable, sin comprometer el desarrollo actual, social y económico, ni el de las futuras generaciones.

La AA2030, como instrumento de planeación hídrica de largo plazo, contempla desarrollos sexenales, consistentes y graduales en el cierre de la brecha, de tal manera que al final del horizonte de planeación, al año 2030, se alcance el equilibrio hasta donde sea posible. Desde luego, en muchas de las células sí es posible cerrar la brecha, pero persisten algunas en las que esto no se alcanza, porque es tal la demanda actual y futura, que aún con todos los esfuerzos en obras y en acciones no estructurales, quedan aún volúmenes deficitarios que no cierran. En el caso del CC Río Bravo, hay células que mantienen esta situación, destacando entre ellas la célula Conchos.

La AA2030 parte de la información sobre el agua disponible para el 2006, y hace las proyecciones futuras en los años 2012, 2018, 2024 y 2030. Por ello, para fines de este PMPMS, los valores brecha en que se fundamenta son los estimados para el 2012.

La siguiente Tabla 4.5 y Tabla 4.6 muestra los valores de volumen anual que cada medida, de las aplicables al CC, se estima como posibles de aportar para cerrar la brecha al 2030; es decir,

considerando todo el horizonte de planeación, y realizando los proyectos e inversiones necesarios, estos valores son la contribución o volumen rescatado, con los que cada medida aporta al cierre de la brecha; desde luego, alcanzar estos valores implica un aumento gradual en todo el horizonte, de tal forma que al término del mismo, la brecha se cierre, donde esto es posible.

**Tabla 4.5** Medidas preventivas y de mitigación de la sequía por el lado de la demanda, en el ámbito del CC Río Bravo

Medida	Descripción	Contribución (hm <sup>3</sup> )	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
<b>Sector Agropecuario</b>					
Calendarización de riego	Reducción de consumo de agua detectando requerimientos de riego de acuerdo a las necesidades de la planta	609.93	X		
Cambio de aspersión por alta precisión	Reducción de consumo de agua e incremento de productividad por sustitución de aspersores por alta precisión	54.85	X		
Labranza óptima riego	Incrementar la productividad manteniendo nutrientes y agua en el suelo	181.90		X	
Mejora de eficiencia primaria	Entubamiento o revestimiento de canales para reducir pérdidas por infiltración o evaporación	38.69		X	
Mejora de eficiencia secundaria	Entubamiento o revestimiento de canales para reducir pérdidas por infiltración o evaporación	162.26		X	
Riego de alta precisión	Reducción de consumo de agua e incremento de productividad por sustitución de inundación por goteo, cintilla	723.33	X		

Medida	Descripción	Contribución (hm <sup>3</sup> )	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
Riego por aspersión	Reducción de consumo de agua e incremento de productividad por sustitución de inundación por aspersores	947.23	X		
<b>Total</b>		<b>2,718.19</b>			
<b>Sector Industrial</b>					
Agua activada	Limpieza química de equipo de llenado de botellas	6.95		X	
Empaste desechos	Solidificación de desechos en la extracción de minerales	31.35		X	
Enfriamiento en seco	Sistemas de ventilación para enfriamiento de equipos en la generación de energía	65.75		X	
Enjuague en seco	Enjuague y lavado de botellas con aire a presión	7.44			X
Reciclaje de agua	Sistema de tratamiento y reciclaje de agua	3.00			X
Red fugas industriales	Reparación de fugas en la industria	29.16			X
Reducción presión agua	Reducción de presión en tuberías y reducción en pérdidas de red	4.86			X
Reúso de condensados	Sistema de captura y condensación de vapor para utilización en otros procesos	11.03		X	
<b>Total</b>		<b>159.53</b>			
<b>Sector Municipal</b>					
Control de presión	Sectorización de la red municipal e implementación de control de presión en la red de distribución	48.44		X	

Medida	Descripción	Contribución (hm <sup>3</sup> )	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
Fugas comerciales	Reparación de fugas al interior de edificios comerciales (p.ej. Fugas en inodoros, fugas en conexiones internas)	12.70			X
Fugas domesticas	Reparación y prevención de fugas al interior de la vivienda (p. ej. fugas en inodoros, conexiones internas)	35.61			X
Inodoro comercial nuevo	Instalación de inodoros de doble descarga en nuevos edificios comerciales	1.86		X	
Inodoro comercial sustitución	Sustitución de inodoros tradicionales por equipos de doble descarga en el sector comercial	6.81		X	
Inodoro doméstico nuevo	Instalación de inodoros de doble descarga en nuevas viviendas	4.85		X	
Inodoro doméstico sustitución	Sustitución de inodoros convencionales por modelos de doble descarga en el sector residencial	5.05		X	
Llaves nuevo	Instalación de grifos de bajo flujo en nuevas viviendas	2.65		X	
Mingitorios sin agua	Instalación de mingitorios eficientes (sin uso de agua) en edificios comerciales y públicos	31.10		X	

Medida	Descripción	Contribución (hm <sup>3</sup> )	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
Regaderas nuevo	Instalación de regaderas de bajo flujo en nuevas viviendas	11.02		X	
Regaderas sustitución	Sustitución de regaderas convencionales por modelos de bajo flujo	36.34		X	
Reparación fugas	Reparación de fugas en la red de distribución municipal primaria y secundaria	128.21			X
Retención humedad	Uso de técnicas de retención de humedad en el riego de jardines privados para disminuir el consumo	0.66			X
Reúso de aguas grises domésticas	Instalación para permitir el reúso de aguas grises en inodoros domésticos	9.73			X
Reúso en riego de parques	Transportación de aguas tratadas para el uso en riego de áreas verdes municipales	26.13			X
<b>Total</b>		<b>361.14</b>			

**Tabla 4.6** Medidas preventivas y de mitigación de la sequía por el lado de la oferta

Medida	Descripción	Contribución (hm <sup>3</sup> )	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
<b>Oferta</b>					
Cosecha De Lluvia Domestica	Captación y recolección de agua de lluvia en los tejados de las viviendas rurales sin acceso actual a la red de agua potable	0.28			X

Medida	Descripción	Contribución (hm <sup>3</sup> )	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
Nuevas Transferencias Acueducto	Posibles nuevos acueductos para transferencia entre cuencas en las células	3.29	X		
Potencial Ext Subterránea	Extracción subterránea de agua en acuíferos con disponibilidad y sin infraestructura planeada o construida de extracción	63.25			X
Recarga de Acuíferos	Recarga de acuíferos con agua de lluvia encauzando el agua hacia lagunas de infiltración sobre acuíferos sobreexplotados	6.59	X		
Reúso de Agua Tratada	Infraestructura necesaria para reusar el agua tratada de PTAR en zonas de riego	124.82			X
Sobreelevación de Presas	Mantener, rehabilitar y sobre-elevación de presas existentes en la región	4.60		X	
Nuevas presas para Riego	Proyectos de gran escala para irrigación, considera la distribución del agua de la presa a las ha de riego	145.06	X		
<b>Total</b>		<b>347.88</b>			

El conjunto de medidas estructurales identificadas en los tres sectores junto con las medidas para incrementar la oferta, contribuirán con un volumen de aproximadamente 3,586.74 hm<sup>3</sup>.

Como se ha mencionado, las diversas medidas pueden ser, indistintamente, de corto, mediano y largo plazo; en este sentido, su consideración está en función de la intensidad del fenómeno, de los impactos que cause, y de los recursos disponibles para invertir.

En la tabla previa se hace un primer intento de ubicar cada medida en alguno de estos tres casos, a manera de propuesta, pero, como se menciona, esto puede variar según las condiciones específicas de cada lugar y de cada momento.

Por otro lado, estas contribuciones a la brecha hídrica están planteadas en términos de una evolución esperada de la oferta y de la demanda de agua, así como de los proyectos y sus inversiones en el horizonte de planeación; es decir, se parte del supuesto, poco probable, de que las condiciones hidrometeorológicas no tendrán variaciones apreciables; sin embargo, esto es muy poco factible. De hecho, como se ha mostrado en el capítulo sobre el desarrollo histórico de la sequía, los periodos tanto de déficit como de abundancia son de lo más normal, por lo que es de esperarse que en los siguientes años se presenten condiciones extremas, como ha ocurrido en forma natural.

Durante los periodos de abundancia, las presas se llenan, los acuíferos se recargan, la agricultura de riego (y hasta la de temporal) y sus actividades relacionadas prosperan y significan un fuerte desarrollo económico regional; pero en general esto tiene una duración limitada y, en la mayoría de los casos, corta, de apenas unos pocos años (Florescano, 2000).

Cuando se presenta un evento de déficit, también las condiciones cambian drásticamente, pues la actividad agrícola decae sensiblemente, junto con las actividades relacionadas al sector; las presas se vacían para satisfacer la demanda, los acuíferos se abaten como consecuencia de la mayor extracción para satisfacer las necesidades, y la economía declina hasta niveles de crisis. Las consecuencias son hartamente conocidas y lamentablemente, recurrentes: desempleo, aumento de la pobreza y la marginación, migración, etc. (Velasco *et al.*, 2005)

En términos de las medidas mencionadas, esto significa, cuando hay eventos de sequía, que además del déficit actual por el desequilibrio oferta/demanda, además hay que afrontar el déficit adicional por la disminución de la lluvia y el escurrimiento; es decir, la brecha temporalmente se incrementa, lo cual implica mayor estrés hídrico y mayores impactos negativos.

Así entonces, debe tenerse presente que en tiempos de crisis, además del déficit ya presente, hay que considerar el déficit adicional, que en muchos casos significa el riesgo de un caos total en la población y sus actividades, así como en el ambiente y el paisaje.

Todo lo aquí referido está en relación con las medidas estructurales necesarias para ahorrar agua y recuperar volúmenes, pero, como se ha mencionado y es una realidad, gran parte de los efectos de la sequía son consecuencias derivadas de la gestión del agua: si es la adecuada, no se evita el fenómeno pero sí se mitigan los impactos; si es deficiente, los conflictos pueden volverse de mayor dificultad de solución y causar más daño que el fenómeno natural (Wilhite, 2000, 2011).

Desde este enfoque, en que el fenómeno natural es inevitable y que la mejor forma de afrontarlo es mediante la prevención, destacan las acciones no estructurales, de tipo administrativo, que resultan tanto o más importantes en su diseño, ejecución, implantación y seguimiento, tanto para cerrar la brecha como para mitigar los impactos en un evento de sequía.

La Tabla 4.7 muestra algunas de estas medidas, las más importantes, en relación con la demanda (dado que la oferta natural es poco variable o aumentable en estas condiciones), y que requieren una atención especial, pues su observancia puede significar la diferencia entre soportar la crisis con sus dramáticas consecuencias, o manejar el riesgo para mitigar los impactos y lograr una recuperación apropiada.

**Tabla 4.7** Medidas administrativas adicionales relacionadas con la demanda

Medida	Medida estratégica	Medida táctica	Medida de emergencia
Adecuación de derechos		X	
Transferencias de derechos		X	
Caducidad de derechos		X	
Verificación de superficies, volúmenes, concesionados y utilizados en DR y UR		X	
Importaciones de agua, desde otras cuencas	X		
Socialización de impactos y costos vía aseguramiento			X
Limitar las extracciones a lo asignado (menor a lo concesionado)			X
Medir y limitar los caudales y los volúmenes extraídos			X
Reconversión de cultivos		X	
Definir y aplicar tarifas que hagan autofinanciable al sector hídrico		X	
Reglamentación		X	

Estas medidas no estructurales, en principio también están diseñadas, dentro de la AA2030, como “Reformas del Agua”: conjunto de medidas que den fundamento, cohesión y consistencia a las acciones estructurales, a efecto de obtener el máximo beneficio de las mismas. Por ello, también, en principio, están enfocadas a cerrar la brecha hídrica. No obstante, también adquieren su total validez en la aplicación para afrontar y superar los eventos de sequía, con los menores costos e impactos.

Entre otras acciones concretas, lo que deriva de las medidas no estructurales, destacan:

- En términos de Gobernabilidad, respetar y hacer respetar los acuerdos de los análisis técnicos del CTOOH, en cuanto a los volúmenes anuales asignados a extraer de los embalses para el riego agrícola.
- Medir los caudales y volúmenes, y que se ajusten a no más de lo concesionado y/o asignado.
- Mejorar la calidad y oportunidad de las alertas tempranas y el monitoreo meteorológico, para una activación oportuna de las medidas de los PMPMS, en las fases correspondientes.
- Impulsar el aspecto de la información y capacitación para cambios de actitud y de paradigmas respecto a la escasez de agua.
- Que la atención a la sequía, desde el enfoque preventivo, debe ser una política pública, no una reacción temporal; deben establecerse los lineamientos, las medidas y responsabilidades de todos los involucrados. En la medida en que el fenómeno se presente y se agrave, las medidas deben ser de observancia obligatoria, y la socialización de la mitigación de daños debe ser parte de esa política, vía los seguros.



- La Reglamentación relativa a la sequía y déficit temporal de agua, debe ser considerada como parte intrínseca de los reglamentos de operación de los sistemas de uso del agua, especialmente en los grandes usuarios, como son los distritos de riego.
- Continúa pendiente la definición del concepto “sequía extraordinaria”, que sale a colación cada vez que el fenómeno se presenta y afecta a lo establecido en el Tratado de Aguas de 1944 con los EUA.
- También deben diseñarse medidas, estrategias y apoyos para las zonas de temporal durante los eventos de sequía, por su alta vulnerabilidad y exposición, así como por la importancia que tiene para una gran proporción del sector primario del país, que es de los más desprotegidos, y que debe verse como una política de justicia social.

En este contexto, destaca que dos sectores usuarios deban vigilarse y atenderse como los más importantes: el sector público urbano, por ser el de máxima prioridad, y el sector agropecuario, por ser el de mayor demanda. Esto implica que los directores de los OOAPS y los jefes de distrito de riego, son de los actores principales en todo el PMPMS, ya que es en esos sectores donde se genera la mayor parte de la información, donde las situaciones de crisis alcanzan los mayores niveles, y en los que se requieren las mayores inversiones para atender los impactos del fenómeno; en otros términos, atender debidamente estos sectores, garantiza en buena medida que los impactos se mitiguen y la emergencia sea más fácilmente superable.

En reuniones con el Consejo de Cuenca del Río Bravo, el Consejo Agropecuario de Tamaulipas comentó que:

En la Cuenca del Río Bravo el efecto de la sequía no solo afecta a los usuarios nacionales sino que afecta también el cumplimiento del Tratado de 1944, y teniendo en consideración que el incumplimiento en las entregas del volumen comprometido tiene un efecto que exacerba el efecto de la sequía a los usuarios nacionales, tal como ocurrió en los años 2001 y 2002, en que el DR Bajo Bravo quedó restringido en un 100% de sus derechos de agua, se considera fundamental el emprender acciones específicas, previa la presentación de las siguientes consideraciones:

1. En los primeros 30 meses del ciclo 34 del Tratado del 44 se tiene un rezago en las entregas de las aguas comprometidas con los Estados Unidos superior a los 600 hm<sup>3</sup>, lo que implica que en los próximos 30 meses debiera de entregarse el rezago más el volumen normal comprometido, lo que requerirá de escurrimientos superiores a los 2,000 hm<sup>3</sup> promedio anuales de escurrimiento de los afluentes aforados, escenario altamente improbable.
2. La posibilidad de reponer los faltantes del ciclo 34 en el ciclo 35, estaría supeditado a la definición oficial del concepto de sequía extraordinaria, que hoy no existe en el contexto de la CILA, más teniendo como antecedentes los criterios sustentados por el Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y la propuesta presentada por el Colegio de Postgraduados al Consejo de Cuenca, que consideran sequía extraordinaria cuando los escurrimientos son tan bajos que superaran en 2 veces la desviación estándar de los escurrimientos observados en la cuenca, hace altamente improbable el probar la existencia de una sequía extraordinaria en el ciclo 34, independientemente a que el seno de la CILA ni siquiera se ha valorado la conveniencia de la definición del criterio de sequía extraordinaria, y en tanto esto no ocurra, no se puede tener la certeza de activar la posibilidad de reponer el faltante del ciclo 34 en el 35.

3. Sería sumamente delicado nuevamente incumplir con las entregas en el ciclo 34 sin tener la posibilidad real de reponer los faltantes en el 35.

Por lo anterior el Consejo Agropecuario de Tamaulipas propone las siguientes acciones específicas:

1. Agotar en el seno de la CILA la conveniencia o no de la determinación del criterio de sequía extraordinaria, para en caso negativo, considerar la obligación de las entregas del total del compromiso dentro del ciclo 34.
2. Ante el improbable escenario de que los escurrimientos normales del resto del ciclo 34 permitan regularizar el rezago más el volumen adicional a entregar, es imprescindible se emprendan acciones urgentes y extra normales que permitan que la tercera parte de los escurrimientos aforados garanticen el total del volumen comprometido.

Asimismo, los grupos de Cambio Climático y de la Cruzada Contra el Hambre de la Comisión Nacional de Desarrollo Social (CNDS) realizaron las siguientes peticiones:

### **Marco Referencial.**

- En la reunión celebrada el 22 de mayo de 2013 convocada por los Grupos citados, con el propósito de revisar los efectos causados por la sequía y proponer medidas preventivas y reactivas a los efectos asociados a este percance natural, se señalaron con datos precisos los daños ocasionados en los últimos años a la actividad productiva del sector agropecuario, los cuales se traducen en automático en un frontal deterioro del nivel de bienestar social de la población asentada principalmente en el entorno rural y semiurbano de los amplios territorios involucrados.
- Al reducirse por varios ciclos consecutivos una parte importante de las cosechas esperadas, además de causar una sensible pérdida del hato ganadero; se disminuye el ingreso de miles de familias afectando su patrimonio, inhibiendo incluso la práctica del autoconsumo. El impacto es relevante, al reducirse la disponibilidad regional de alimentos, abatirse el ingreso disponible y por ende, la capacidad adquisitiva de comestibles básicos, afectando directamente los indicadores de Carencia Alimentaria y Pobreza por Ingresos.
- Las propuestas emitidas en esta mesa analítica se orientaron a destinar más recursos fiscales para apoyar a la actividad productiva, construir obras de infraestructura y aplicar técnicas para lograr un uso más eficiente del agua, destacando de manera puntual la definición de una estrategia integral, transversal y concurrente para atender las demandas alimentarias y de abasto de agua de la población vulnerable.
- Días más tarde, a petición de la Comisión Intersecretarial de la Cruzada contra el Hambre del estado de Nuevo León, mediante la gestión de la Secretaría Técnica de la CNDS y la amplia disposición de colaboración de la Secretaría Técnica del PRONACOSE, se efectuó el 18 de junio de 2013 una reunión en la Ciudad de Monterrey; con el propósito de revisar la perspectiva de la aplicación de este importante Programa en el contexto estatal, habida cuenta de los grandes problemas que se enfrentan en todos los órdenes a causa de la prolongada sequía. En esta ocasión, se emitió una clara indicación de alerta, al señalar que de la aplicación reciente de una extensa encuesta levantada a miles de familias radicadas en las áreas de la entidad federativa más afectadas, cerca del 80% clamaban por un urgente apoyo alimentario.

- Al respecto, se advirtió que si bien las instancias estatales desplegaban una intensa labor de distribución de despensas y entrega de agua potable en coordinación con CONAGUA, esta tarea resultaba limitada en función a los escasos recursos presupuestales disponibles, requiriéndose la aplicación de una estrategia integral que sumara de manera articulada los esfuerzos de los tres órdenes de gobierno.
- En este mismo contexto, en las últimas semanas se han pronunciado diferentes peticiones y voces de alerta de varios gobernadores de entidades federativas asoladas por la extensa sequía que se padece, como la emitida por el Gobernador de Durango ante la Cámara de Diputados al final de mayo de 2013, con sonoro eco en posiciones similares por representantes de los gobiernos de Chihuahua, Coahuila, Zacatecas y Tamaulipas; entidades que recientes con mayor dureza este castigo de la naturaleza. En todos los casos, si bien se solicitan apoyos para la actividad productiva, los más apremiantes se centran en la necesidad de atender la urgencia alimentaria que se padece, principalmente en el entorno rural y áreas urbanas estrechamente vinculadas a la actividad agropecuaria.
- En una contabilidad proyectada por la asesoría de estos Grupos de Trabajo de la CNDS, se identifica a 2.8 millones de personas que radican en los municipios menores a 150 mil habitantes en la región que comprende la Cuenca Hidrológica del Río Bravo, de los cuales según la medición del CONEVAL con datos de 2010, 573 mil se encontraban en situación de Carencia Alimentaria y 205 mil en Pobreza Extrema. Sin embargo, es de enfatizar que dichos datos ya están por demás rebasados en términos negativos en consideración a los posteriores eventos, habida cuenta de que no muestran el severo golpe ocasionado por los efectos de las sequías de 2011 al 2013, así como tampoco el grave impacto inflacionario en comestibles resentido en este periodo, razón por la cual esta medición no refleja la actual situación que existe en ambos indicadores.
- En consideración a estos argumentos, se fundamenta la actual petición a la Secretaría Técnica del PRONACOSE de actuar en consecuencia, e inducir y propiciar la construcción de una estrategia dirigida a la atención de la problemática alimentaria y de abasto de agua a la población que requiere con apremio de dicha intervención institucional, solicitud que se apalanca en los siguientes términos normativos.

**Basamento normativo para la aplicación de una Estrategia Integral de Apoyo Humanitario a la población afectada por la sequía.**

- El 10 de enero de 2012 en el estado de Zacatecas, el Titular del Ejecutivo Federal anunció la constitución del Programa Nacional Contra la Sequía, enfatizando que “el problema no sólo afecta la productividad del campo, también, pone en riesgo la capacidad de abasto alimentario para todos los mexicanos”. En este entendido se enmarcó la acción del Programa en una “actuación temprana para prever, prevenir y actuar oportunamente ante eventuales contingencias climatológicas que vayan a afectar a la población y la productividad del campo”.
- Ante esta perspectiva, se indicó que será una tarea permanente del Gobierno Federal acordar con las autoridades locales, los programas y acciones necesarias para atender condiciones particulares en cada entidad del país y alinear las distintas acciones de todas las dependencias para atender sus efectos y combatir la pobreza asociada a los daños causados.
- En concordancia con estas disposiciones, en el Acuerdo por el que se constituye la Comisión Intersecretarial para la Atención de Sequías e Inundaciones, publicado en el DOF

el 5 de abril de 2013, se indica como parte de su fundamentación que “para atender de manera eficaz los efectos generados por los fenómenos meteorológicos extremos se requiere la participación de aquellas dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, cuyas atribuciones se relacionan con la prevención y remediación de los efectos generados por las sequías e inundaciones, con la participación que corresponda a los gobiernos estatales y municipales”.

- Al respecto, en su Artículo Primero, donde se enmarca el objeto de esta Comisión Intersecretarial, se determina “coordinar acciones entre las dependencias y entidades de la Administración Pública Federal, relativas al análisis de riesgos y la implementación de medidas de prevención y mitigación de fenómenos meteorológicos extraordinarios y los efectos que éstos generan, tales como sequías e inundaciones”. En el Artículo Tercero inciso X, se remarca como funciones de la Comisión el de “Identificar aquellas zonas que por las características de vulnerabilidad que presentan frente a la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extraordinarios, requieren de una atención inmediata o prioritaria por parte de las dependencias y entidades, en el ámbito de sus respectivas competencias”
- En este mismo tenor, se determina que el PRONACOSE tiene dos principales componentes: “Elaborar los Programas de medidas para prevenir y enfrentar la sequía a nivel cuenca o grupos de cuenca y Ejecución de acciones para mitigar sequías existentes”.
- De igual forma, la petición ahora expuesta responde con directa alusión a la prospectiva que se definen en el Capítulo de México Incluyente del Plan Nacional de Desarrollo 2013-2018, donde se definen las principales Líneas de Acción a seguir en la temática alimentaria:
- Combatir la carencia alimentaria de la población a través de políticas públicas coordinadas y concurrentes, priorizando la atención de las familias en extrema pobreza.
- Propiciar un ingreso mínimo necesario para que las familias tengan acceso a suficientes alimentos inocuos y nutritivos.
- Facilitar el acceso a productos alimenticios básicos y complementarios a un precio adecuado.
- Incorporar componentes de carácter productivo a las acciones y programas sociales, con objeto de mejorar los ingresos de los mexicanos, proveerles empleo y garantizar el acceso a los alimentos indispensables para el ejercicio de sus derechos. (Ver Pág. 115. PND 2013-2018)
- Es también necesario, destacar la estrecha concordancia y complementariedad de propósitos, acciones y responsables de su instrumentación que guarda el PRONACOSE con el Decreto del SINHAMBRE, razón por la cual sus tareas a desarrollar deben engarzarse de manera indivisible. Los objetivos comunes son distinguibles: Aumentar la oferta interna de alimentos, reducir la presión inflacionaria en comestibles, abatir el indicador de Carencia Alimentaria y erradicar la Pobreza y marginación social.

#### **Propuesta de Líneas de Acción Inmediatas de la CNDS.**

- Incorporar a la Orden del Día de la Reunión de la Cuenca Hidrológica del Río Bravo a celebrarse el próximo 26 de junio de 2013 en la Ciudad de Monterrey, la exposición de la Propuesta de conformar un Grupo de Trabajo que construya una Estrategia Integral de

Atención Alimentaria y Dotación de Agua Potable pronta a aplicarse en esta región del país y que sirva de parámetro para su reproducción en las demás regiones, orientando su observancia al enfoque estatal.

- Dicho Grupo de Trabajo estaría conducido por CONAGUA, los Secretarios de Desarrollo Social de las entidades federativas y Delegados Federales de SEDESOL, con la participación de las representaciones de DICONSA, Programa Oportunidades, DIF Nacional y estatales, así como de la Secretaria del Trabajo y Prevención Social. Dentro de las tareas a efectuar destacan las siguientes:
- Identificar en los municipios menores a 150 mil habitantes de alto grado de afectación de sequía, aquellas familias que presenten características de requerir apoyo alimentario extraordinario y suministro de agua potable, a efecto de focalizar y dimensionar el problema por atender, basamento referencial para estructurar una estrategia integral.
- Habilitar los tinacos instalados en 2012 por CONAGUA y SEDESOL y en su caso señalar la necesidad de ampliar su cobertura, adjuntando el procedimiento para abastecerlos recurrentemente.
- Diseñar una estrategia integral de suministro de apoyos alimentarios, con la aplicación de diferentes medidas como la entrega de despensas, aportaciones de líneas de acceso a alimentos por medio de la red de DICONSA con la participación del Programa Oportunidades, ampliación de cobertura de DICONSA, mayor dosis de ingesta en centros escolares, instalación de comedores populares, entre otras acciones a emprender.
- Encomendarle a la STyPS la conjunción y articulación de las acciones y cobertura de los diversos programas de fomento a actividades que se operan en diversas dependencias federales, así como la alineación de los programas de Empleo Temporal también dispersos. Con esta base referencial, definir una estrategia común de generación de Actividades laborales adyacentes y complementarias a la producción primaria, conectando la operación de los proyectos y sus mercancías resultantes con el consumo regional.
- Definir una estrategia de tránsito conjunta y articulada de una cultura alimentaria y nutricional acorde a la disponibilidad y costumbres regionales, a fin de que se propicie una ingesta adecuada en cantidad y calidad de los alimentos más accesibles, además de emprender una exhausta revisión de los actuales índices de desnutrición, principalmente en el entorno infantil y materno.
- Precisar cuáles son las condicionantes requeridas y los trámites administrativos necesarios para activar el suministro de los apoyos del FONDEN y CADENA. Indicar el grado de complementariedad de dichos programas emergentes, así como la forma en que se sumarían a la estrategia alimentaria en cuestión.
- De conformidad a los pronósticos asociados al proceso de cambio climático que afectará al territorio nacional en el futuro, se avizora la expectativa que se endurecerán los efectos de la sequía, razón por la cual articular ahora una Estrategia Integral Alimentaria y Nutricional, no solo permitirá atender el problema que hoy se enfrenta en esta materia, sino de manera importante, delinear las acciones preventivas y de ajuste obligado a realizar en una acción prospectiva de mediano y largo plazo.

## 5. Fases de la sequía, factores detonantes y objetivos de respuesta

Fases de ocurrencia de la sequía

Las estrategias que se adopten para afrontar las sequías dependen principalmente de la fase en que el fenómeno se encuentre (IMTA, 2013a). Las fases progresivas, convencionalmente aceptadas, se muestran en la Tabla 5.1, en la que, además de las acciones que son competencia de los responsables de administrar el agua, también se anota la participación de los usuarios, siendo este aspecto básico en el contexto general de acciones, ya que la participación social, es un factor clave en que las acciones que se tengan que hacer resulten exitosas (IMTA, 2013b).

**Tabla 5.1** Fases progresivas de una sequía, y acciones y recomendaciones básicas para afrontarla

Fase	Acciones de las Autoridades	Acciones de los usuarios sectoriales e individuales	Recomendaciones
D0 Anormalmente seca Comienza la sequía; la reducción en la oferta de agua es de 5 a 10% respecto a la demanda.	Campaña inicial de información: alerta para disminuir los usos no esenciales, y difusión de pronósticos y de acciones necesarias si la situación empeora. Levantamiento de censos y elaboración de estadísticas para conocer el uso y asignación del agua. Formulación de una propuesta para disminuir la asignación a los usos secundarios.	Los usuarios deben moderar su consumo de agua y restringir los usos no prioritarios voluntariamente. Los grandes usuarios deben revisar sus planes de contingencia.	Campaña educativa para evitar el desperdicio del agua. Revisión de las instalaciones y dispositivos de medición y control hidráulico.
D1 Moderada. La disponibilidad de agua es del 10 al 20% inferior respecto a la demanda. Algunas medidas son voluntarias, pero otras ya son obligatorias.	La campaña de información se intensifica e incluye aspectos técnicos del problema. Se formula la etapa inicial de racionamiento y se da a conocer. La aplicación del riego sólo es permitida en las horas de menor insolación. Prohibición total de usos no prioritarios. Instrumentación de las primeras medidas de multas por exceso o uso indebido del agua, con base en leyes y reglamentos. Prohibido lavar con manguera vehículos, banquetas y calles.	Los usuarios comerciales e industriales instrumentan sus programas de acción, destacando entre ellos el reúso y/o recirculación del agua para sus procesos. Todos los usuarios se sujetan a las restricciones y prohibiciones.	Se intensifica la campaña informativa y educativa. Se instalan dispositivos ahorradores de agua y se mejoran los de control. Inicia la aplicación de sanciones por uso excesivo o indebido; en reincidencias, se suspende temporalmente el servicio.
D2 Severa. El déficit de agua es de 20 a 35% en relación con la demanda. Las medidas de reducción y restricción en el uso del agua son obligatorias.	Se aplican las medidas y programas de racionamiento, y las sanciones por su no observancia. Los usos domésticos deben disponer de equipos de bajo consumo. El suministro se realiza sólo para los usos esenciales, con estricto tandeo y restricciones en volumen. La campaña de información es intensa y en detalle, apoyada en todos los medios. La evolución del estado de emergencia se registra permanentemente, y los pronósticos y evaluaciones se realizan todos los días para detectar cualquier variación.	Los usuarios son conminados a apegarse totalmente a las restricciones y racionamientos del programa de emergencia. La vigilancia entre sectores y usuarios es continua para evitar desperdicios y conflictos, tomas clandestinas y usos no autorizados. Los grandes usuarios operan de acuerdo con sus Programas de contingencia y se sujetan sólo a los volúmenes autorizados.	Se incrementan las sanciones y se restringe más el consumo. Sólo se autorizan usos prioritarios con volúmenes mínimos. Si se detectan y persisten usos indebidos, se suspende el suministro, se aplican las sanciones y se disminuye la dotación. Es obligatorio mejorar las instalaciones y dispositivos.

Fase	Acciones de las Autoridades	Acciones de los usuarios sectoriales e individuales	Recomendaciones
D3 Extraordinaria El déficit de agua está entre el 35 y 50% respecto a la demanda. Las reducciones, restricciones y observancia de los Programas de contingencia son rigurosamente observadas y sancionadas.	Todas las restricciones y racionamientos alcanzan su máxima intensidad; las dotaciones son mínimas y acordes con los esquemas de prioridad, exclusivamente para los usos más elementales, sin excepción. Los tandeos son rigurosamente observados. La vigilancia es extrema y continua sobre el funcionamiento de los sistemas de conducción, distribución y medición; cualquier anomalía se atiende de inmediato. Todos los usuarios se ajustan a su dotación y se resuelven los conflictos entre ellos. Las contingencias ambientales se atienden de acuerdo con los ordenamientos de ley y entran en función los programas de emergencia apoyados por todos los niveles de gobierno. La campaña de información, seguimiento y educación alcanza su mayor intensidad y es permanente.	Los usuarios deben cumplir estrictamente con el programa de racionamiento. Todo ahorro de agua es crucial, por lo que no debe haber desviaciones ni desperdicios. Los dispositivos de medición, control y uso deben funcionar en estado óptimo. Los usos no residenciales se reducen al mínimo o se suspenden. La recirculación, tratamiento y reúso de agua son importantes como opciones para elevar la disponibilidad.	Se aplican las sanciones y penas más severas; por faltas, la suspensión del servicio puede ser indefinida. La participación de los usuarios en el manejo, cuidado y vigilancia en el uso del agua son determinantes para evitar el aumento del problema y el eventual colapso total.
D4 Excepcional El déficit de agua es superior al 50% de la demanda. Son las condiciones más drásticas, de sobrevivencia.	El agua disponible se asigna únicamente para los usos más prioritarios y en cantidades muy limitadas. La asistencia social y los programas de emergencia son constantes con el apoyo de las autoridades de todos los niveles. El agua se distribuye con el máximo de precaución para evitar pérdidas y conflictos. Es una etapa de espera hasta que las condiciones mejoren.	Usan el agua sólo para lo estrictamente autorizado y con el mínimo de volumen. No se permite ningún exceso. Los usos más prioritarios con la menor dotación. Los excedentes se distribuyen a los demás usuarios.	Cero desperdicios y cero tolerancias. Los mecanismos de medida y control funcionan correctamente y se supervisan con frecuencia.

Partiendo de estas consideraciones, uno de los aspectos más importantes en afrontar las sequías es la organización firme, continua y estrecha entre las diversas partes: los administradores del recurso y los usuarios. Dado que la sequía afecta a toda la sociedad, entonces también toda la sociedad debe involucrarse en buscar y encontrar opciones viables que permitan soportar el embate y mitigar sus efectos.

Los factores desencadenantes de situaciones de escasez en los suministros de agua, deben ser objeto de seguimiento, análisis y gestión; es entonces necesario que para afrontar la sequía y la escasez hídrica se actúe con visión de corto, mediano y largo plazos, y que dichas acciones estén vinculadas a la planificación de los sistemas hídricos que administran las organizaciones de usuarios de aguas (OUA), así como a la operación de los mismos (Velasco *et al.*, 2005).

Por lo extenso y variado de la región, y a pesar de las características comunes, cada lugar o subregión enfrenta condiciones climáticas, territoriales y culturales distintas. Por ende, el problema de las sequías se debe abordar de acuerdo con estos factores y al marco legal e institucional existente. Las soluciones, por ende, deben adaptarse a cada situación particular, pero en la toma de decisiones de gestión siempre se encuentran, al menos de forma implícita, los principios de la valoración y gestión de riesgos.

La CONAGUA es responsable de la administración global del agua y de que este recurso alcance el objetivo de atender necesidades de interés regional, tanto sociales como económicas, y en ello también deben participar instituciones y organismos afines o relacionados, así como representantes de los sectores usuarios; a nivel local, además de lo anterior, es también importante que los usuarios participen en los análisis y decisiones que competen al sistema del

que se sirven, como concesionarios del recurso y las obras –en el caso de los DR y los OOAPS–, para su mejor funcionamiento y aprovechamiento. La participación directa y decidida de los usuarios –a través de sus representantes– en la decisión y responsabilidad de administrar el agua es un aspecto que le da el carácter de recurso comunitario, orientado a satisfacer las necesidades de la población en general con sentido social. La estrategia más importante para mitigar sus efectos consiste en contar con programas de contingencia, donde se incluyan acciones preventivas y de mitigación.

Es también muy necesario también trabajar en el seno del Consejo de Cuenca del Río Bravo (CCRB), en la elaboración de los reglamentos que serán aplicados en condiciones de sequía. En ellos se establecerán los volúmenes correspondientes a cada uno de los usos del agua ante diferentes condiciones de escasez, y los mecanismos que permitirán verificar su cumplimiento. Dada la importancia de este aspecto del programa, es altamente conveniente que, a propuesta del GSE, los detalles se discutan en el seno del CCRB, se analicen a profundidad, y ahí se decida la manera más adecuada de distribuir el agua disponible, así como las restricciones a aplicar, según el grado de severidad que se presente o se espere, buscando siempre que el impacto sea el mínimo para los sectores más vulnerables. En la medida en que las fases de la sequía son más severas, también son necesarios los requerimientos de información para mejorar las decisiones.

Para estos requerimientos se incrementa la frecuencia y cantidad de la información relacionada con lluvias, temperaturas, almacenamientos, niveles del agua, volúmenes extraídos y demandados, etc. Así, la frecuencia de los datos llega a ser diaria e incluso horaria, en las fases más agudas del fenómeno, y para ello es necesaria la participación de otras dependencias e incluso de la misma población civil. Para obtener la mayor utilidad de este proceso, la información debe fluir con oportunidad a través de cauces convenientemente establecidos, hasta llegar a las instancias de análisis y decisión. Los formatos, tiempos y formas de recopilación, envío, análisis, difusión y puesta en práctica de las decisiones debe estar especificada para cada nivel o fase de la emergencia; así, es la organización multidisciplinaria de la que forman parte todas las instituciones, dependencias y representantes de los usuarios –el Consejo de Cuenca, CCRB–, la que debe generar estos detalles, para cada caso y fase del fenómeno.

El cuándo, está referido básicamente a la frecuencia con que se debe analizar la situación, lo cual a su vez depende de las condiciones o fases de la sequía (Wilhite, 1993): si el déficit no existe, una revisión de las condiciones hídricas generales cada seis meses será suficiente, sobre todo al inicio del ciclo agrícola-hidrológico, que es cuando se define y asignan los volúmenes por derecho, según sea la disponibilidad, las expectativas y los requerimientos y programas de los usuarios. Esto es, al 1 de octubre de cada año, con base en las condiciones imperantes, es cuando se hace la asignación anual. A fines de marzo se hace una revisión, para en su caso hacer los ajustes necesarios, ya sea a la baja con algunas restricciones por un comportamiento de la lluvia y el escurrimiento menores a lo esperado, y en general por la evolución completa del medio ambiente y del uso del agua, o bien a la alta, cuando las condiciones esperadas son superadas –cuando se presentan lluvias invernales atípicas– y se tiene oportunidad de destinar el agua disponible para otros usos como recarga de acuíferos, sustitución del bombeo, combate de malezas, etcétera., así como que en lo posible, ese volumen debe quedar en reserva para los ciclos siguientes (IMTA, 2013b).

En la *fase anormalmente seca, D0*, los análisis de detalle cada tres meses permitirán seguir de cerca la evolución del fenómeno y, eventualmente, avizorar incrementos en su gravedad. Cuando se detecta esta fase, en sus primeros síntomas, es oportuno activar la alerta temprana: avisar a todos los usuarios del riesgo cercano de una posible escasez, para que la población y las autoridades tengan oportunidad de tomar las precauciones necesarias. El principal indicador es



cuando no se alcanza a cubrir el total de la demanda, y se presenta un déficit no mayor del 10% de la demanda media. Si esto ocurre, las dependencias e instituciones relacionadas con el problema deben hacer público tal hecho, además de que los representantes de cada sector usuario también lo hagan con sus respectivos representados, todo ello con el fin de poner sobre aviso a los usuarios, de la posibilidad de que en un futuro cercano el déficit se incremente. Es la fase apropiada para revisar las estrategias disponibles, actualizarlas y ponerlas en condición de operar de inmediato. Los usos no prioritarios ni esenciales se limitan y se activa la campaña de ahorro (CONAGUA, 2012c).

En la *fase moderada, D1*, análisis mensuales son suficientes para tomar las medidas pertinentes que permitan tener bajo control la situación. Aunque aún la situación no es tan difícil, pues el déficit no pasa del 20%, sí se debe tener presente el riesgo de incremento en la escasez y los consecuentes problemas. Por ello, las restricciones que se establecen deben atenderse puntualmente por todos los usuarios, e iniciar las sanciones por su no observancia. El racionamiento que inicia en esta etapa debe servir para estimular el ahorro, y los usos no prioritarios deben suspenderse totalmente.

Si la sequía está en *fase severa, D2*, la situación de alarma generalizada obliga a hacer análisis semanales e incluso más frecuentes del desarrollo de la emergencia, ya que es preciso mayor detalle del comportamiento de la situación en general, tanto de demanda como de abasto, y la conveniencia y necesidad de conocer cómo evolucionan las condiciones ambientales es imprescindible para que las decisiones sean las más adecuadas. En esta fase, las condiciones de baja disponibilidad y el pronóstico poco favorable hacen que las restricciones se observen minuciosamente, y que las faltas se sancionen indefectiblemente. Los métodos y mecanismos para ahorro de agua están en su totalidad activados, y sólo los usos esenciales están permitidos. La difusión y vigilancia de las disposiciones y la participación de los usuarios son cruciales para que las disposiciones oficiales tengan efecto y además son de carácter obligatorio.

En la *fase extraordinaria, D3*, las condiciones imponen que la recopilación de información, su análisis y las decisiones a realizar sean diarios. El déficit va del 35 al 50% y es tal la gravedad de la emergencia que requiere la coordinación más estrecha y oportuna entre las diversas partes, para que de manera conjunta se tomen y ejecuten las decisiones que impidan más deterioro y el eventual colapso. En estas condiciones la tensión por la insuficiencia de agua es tan tirante que el riesgo de conflictos aumenta sensiblemente hasta convertirse en un potencial detonador que conduzca al caos, sobre todo cuando no se satisfacen los requerimientos mínimos para consumo humano. Esta es una situación muy delicada, donde la imparcialidad, justicia y equidad adquieren su mayor dimensión, y son más que indispensables para contener la inestabilidad social y sus riesgos. Sin excepción, sólo los usos más prioritarios tienen asignación limitada, y es precisa una vigilancia estricta de su cumplimiento. La difusión informativa y de orientación permanente tiene un valor clave en las respuestas de la población a las estrategias implementadas por el organismo rector de atención del fenómeno.

Aunque no siempre es admisible, porque no debiera llegarse a estos niveles de déficit, es posible alcanzar una *fase excepcional, D4*, cuando el déficit es mayor del 50% de la demanda. En estos casos, lo más importante es proteger el consumo humano, y tener un cuidado extremo para que la situación no avance. Ello impone un seguimiento de la situación continuo y constante, con registros horarios y con la mayor expectativa en cuanto al pronóstico y evolución de las condiciones. En consecuencia, la difusión, vigilancia y control de los volúmenes que se usen y cómo se usen alcanzan su máxima expresión (Wilhite y Vanyarkho, 2000).

*Quién* debe realizar estas tareas también está en función de la fase de la emergencia. Aunque la administración del recurso está reglamentada y es responsabilidad de CONAGUA, bajo las figuras

---

organizativas del Consejo de Cuenca y del Organismo de Cuenca, tal y como se establece en la Ley de Aguas Nacionales y su Reglamento, en condiciones de emergencia por sequía, es preciso que toda la sociedad se involucre, y más en especial los sectores usuarios. La participación social es un elemento clave en que las decisiones tengan éxito: si la población se mantiene al margen del problema, como simple espectador, y no hay una participación decidida y efectiva en cuidar un recurso común, no hay seguridad en el éxito de las medidas a tomar.

Para afrontar exitosamente la sequía el CCRB designó como GTD al Grupo de Seguimiento y Evaluación (GSE), como figura organizativa orientada hacia ese fin. En este esquema deben intervenir tanto las autoridades del agua (CONAGUA) como de otras dependencias e instituciones, así como representantes de los sectores usuarios. Cada persona integrante de este grupo de trabajo debe tener asignadas determinadas responsabilidades, adecuadas a su perfil, experiencia, capacidad y origen, y todos en conjunto deben aportar, integrar y analizar la información, de tal suerte que el resultado sea congruente, oportuno y útil para atender y afrontar los problemas que el fenómeno trae consigo (Wilhite, 1991).

Así, la respuesta a quién debe realizar estas tareas y, en última instancia, deberá ser toda la sociedad; todos se deben volver vigilantes, ejecutores, recopiladores e informadores de todos los aspectos de un fenómeno que afecta a todos, con el GSE como instancia ejecutora.

## 5.1. Fases de la sequía, factores detonantes y respuestas reactivas

### 5.1.1. Fases de la sequía

Como se mencionó, la sequía se clasifica en cinco fases progresivas de ocurrencia, según su intensidad, desde un estado anormalmente seco hasta una sequía excepcional; en resumen (SMN, 2013):

**D0 anormalmente seco.** Comienza la sequía; la reducción en la oferta de agua es de 5 a 10% respecto a la demanda. Se recomiendan análisis cada seis meses, octubre y fines de marzo de cada año.

**D1 Moderada.** La disponibilidad de agua es del 10 al 20% inferior respecto a la demanda. Algunas medidas son voluntarias, pero otras ya son obligatorias. Se recomiendan análisis mensuales.

**D2 Severa.** El déficit de agua es de 20 a 35% en relación con la demanda. Las medidas de reducción y restricción en el uso del agua son obligatorias. La situación de alarma generalizada obliga a hacer análisis semanales e incluso más frecuentes del desarrollo de la emergencia, ya que es preciso mayor detalle del comportamiento de la situación en general.

**D3 Extraordinaria.** El déficit de agua está entre el 35 y 50% respecto a la demanda. Las reducciones, restricciones y observancia de los programas de contingencia son rigurosamente observadas y sancionadas. Las condiciones imponen que la recopilación de información, su análisis y las decisiones a realizar sean diarios.

**D4 Excepcional.** El déficit de agua es superior al 50% de la demanda. Condiciones de sobrevivencia. En estos casos, lo más importante es proteger el consumo humano, y tener un cuidado extremo para que la situación no avance.

### 5.1.2. Factores detonantes

El factor que, por sus características, es el más obvio detonante del fenómeno es la disminución o escasez temporal de lluvia –la fase meteorológica de la sequía–, que ocasiona a su vez la disminución de humedad en los suelos –fase agrícola o de mediano plazo–, así como la disminución en el escurrimiento, en la infiltración (y el abatimiento de los acuíferos), y el almacenamiento en los embalses que no alcanzan a llenarse y frecuentemente se quedan con volúmenes tales que no alcanzan a satisfacer la demanda.

Específicamente para la región del Río Bravo, por sus características intrínsecas, un retraso en el inicio de la temporada lluviosa, o una menor precipitación durante este periodo, son indicios irrefutables de que en los periodos siguientes, el riesgo de escasez y de sequía es muy alto.

Esto es especialmente dramático en las áreas de agricultura de temporal, en donde los cultivos sólo se nutren de la lluvia: si esta no llega a tiempo o si es inferior a lo necesario, los estragos en este sector y en quienes dependen de esta actividad, pueden alcanzar niveles de catástrofe.

En las zonas de riego, si los embalses no tienen el volumen suficiente, se tendrán que imponer restricciones en las asignaciones, limitando los volúmenes y por ende las superficies a regar. Esto altera sensiblemente el volumen de producción, la productividad y el ingreso de los agricultores, asalariados agrícolas y en general de quienes dependen del sector: comerciantes, transportistas, ganaderos, suministradores de insumos y maquinaria, etc.

Los sectores industrial y doméstico urbano son, probablemente, los que tienen el menor efecto inmediato, primero porque los volúmenes que demandan son relativamente menores, y segundo porque, en el sector industrial, la eficiencia de uso del agua es mayor y tienen más capacidad económica y de gestión para allegarse agua de otras fuentes cuando les es necesaria; además, el sector doméstico urbano es el menos afectado dado que, por ley, es el de mayor prioridad. No obstante, cuando el fenómeno se vuelve más severo o se prolonga en el tiempo, también estos sectores pueden tener graves afectaciones.

Finalmente, el sector ambiental, debiendo ser segundo en prioridad, frecuentemente es el último, pues es al que primero se afecta, restringiendo o anulado los volúmenes que requiere.

En síntesis, cuando el agua ya no alcanza para satisfacer una demanda normal, y cuando por ello se tienen que limitar los volúmenes y restringir usos, éste es el factor detonante más concreto y evidente.

Este y otros factores detonantes (como las altas temperaturas, la baja humedad ambiental, la escasa nubosidad, etc.), no ocurren instantáneamente, sino que tienen un periodo de desarrollo que puede ir desde unos pocos días hasta meses. Aquí es donde los procesos de monitoreo y alerta temprana entran en juego, ya que dar seguimiento continuo y sistemático a la evolución de las condiciones hidrológico-meteorológicas, permite prever los posibles escenarios por venir, y con ello tener la oportunidad y tiempo de prepararse para poner en acción las medidas de ahorro, restricción y de no-uso del agua, en aras de que el fenómeno, cuando se presente, cause los menos daños posibles.

Una evaluación fiable de la disponibilidad de agua y sus perspectivas a corto y a largo plazos proporciona información valiosa en los períodos secos y húmedos. Durante una sequía, el valor de esta información se incrementa. Esta información –hidrológica, climatológica e hidrométrica– es responsabilidad de la CONAGUA su obtención, análisis y puesta a disposición. Es recomendable que los datos y la información sobre cada uno de los indicadores relevantes (por ejemplo, precipitación, temperatura, evapotranspiración, pronósticos estacionales del tiempo, la humedad

del suelo, caudales, agua subterránea, y los niveles de los embalses) sea considerada en la evaluación del Comité de la situación del agua y las perspectivas para el Consejo de Cuenca. El GSE debe reunirse regularmente, especialmente antes de la temporada de alta demanda, para evaluar las condiciones generales y tener una primera perspectiva de la situación.

Los principales objetivos de este GSE son:

1. Adoptar una definición factible de sequía que podría utilizarse dentro y fuera de las acciones de los niveles estatales y federales en respuesta a la sequía. Puede ser necesario adoptar más de una definición de sequía en la identificación de los impactos en diversos sectores económicos, sociales y ambientales.

La tendencia es que el OC y el CC dispongan de diversos índices de sequía como parámetros de los factores detonantes, los cuales son calibrados a distintas intensidades de sequía. No solo el índice de sequía es adecuado para medir las interrelaciones complejas entre los distintos componentes del ciclo hidrológico y los impactos. Es útil establecer una secuencia de términos descriptivos para los niveles de alerta en el abastecimiento de agua, tales como "incipiente", de "alerta", "emergencia" y "extraordinaria" (en contraposición a términos más genéricos como "fase 1" y "fase 2", o términos sensacionalistas tales como "desastre"). El GSE debe revisar la terminología utilizada por otras entidades (es decir, servicios públicos locales, estados, las comisiones de la cuenca) y elegir términos que sean consistentes para las áreas donde puede haber autoridades con la superposición de responsabilidades regionales. Estos niveles de alerta deben definirse en las discusiones con el Comité de Evaluación de Riesgo y el grupo de sequía; este subgrupo de trabajo si no existe, el CC y el GSE deben evaluar la conveniencia de crearlo, con el objetivo específico de evaluar las condiciones existentes y el riesgo de que, ante una fuerte restricción, se generen conflictos y situaciones de riesgo y de alto impacto.

Al considerar las medidas de emergencia como el racionamiento, es importante recordar que los impactos de la sequía pueden variar significativamente de una zona a otra, dependiendo de las fuentes y los usos del agua y el grado de planificación previamente implementados. Por ejemplo, algunas ciudades pueden haber ampliado recientemente su capacidad de abastecimiento de agua mientras que otras comunidades adyacentes pueden tener una capacidad insuficiente de suministro de agua durante períodos de sequía. Imponer medidas de emergencia generales para las personas o comunidades sin tener en cuenta su vulnerabilidad existente puede resultar en considerables repercusiones políticas.

Un aspecto relacionado es que algunos sistemas municipales de agua pueden ser obsoletos o estar en mal estado de funcionamiento, así que la sequía –incluso la moderada–, hará que la capacidad de una comunidad para suministrar a los usuarios con agua sea insuficiente. La identificación y actualización de sistemas de suministro de agua inadecuados (es decir, vulnerables) debe ser parte de un programa de mitigación de la sequía a largo plazo.

2. Establecer las áreas de gestión de la sequía (es decir, subdividir el estado o la región en los tamaños más convenientes determinados por las fronteras políticas, las características hidrológicas compartidas, las características climatológicas u otros medios tales como la probabilidad de sequía o riesgo). Estas subdivisiones pueden ser útiles en la gestión de la sequía, se podrán consensuar las etapas de la sequía y las opciones de mitigación y respuesta para ser regionalizadas. Las divisiones climáticas son las subdivisiones más comúnmente utilizadas a nivel estatal, pero pueden no ser las más apropiadas, dadas las

características topográficas, patrones de uso de suelo o características del uso del agua. Desde luego, por razones de delimitación natural, dado por los parte aguas, las unidades de planeación, gestión y afrontamiento de la sequía, lo más adecuado es considerar a la cuenca o subcuenca como tales unidades.

3. Desarrollar una sistema de monitoreo de sequía. Muchos países y regiones ya tienen un sistema de recopilación de datos para el monitoreo del clima, los suministros de agua y la identificación de posibles déficits.

La responsabilidad de recolectar, analizar y difundir los datos debe estar dividida entre los gobiernos estatales y el gobierno federal. El desafío del GSE es coordinar e integrar el análisis para que los tomadores de decisiones y el público reciban la alerta temprana de las nuevas condiciones de sequía. A nivel nacional, mucha de esta información ha sido recopilada por la CONAGUA a través del SMN, en el caso de la información meteorológica y climatológica, y de la GASIR para el caso de la hidrometría de las aguas superficiales, y la GAS cuando se trata del agua subterránea.

Estos datos pueden ser recopilados con información disponible en otras dependencias federales para complementar y proporcionar un seguimiento integral de sistemas de agua y clima. Los datos producidos deberán difundirse oportunamente en forma impresa y a través de una página Web.

4. La cantidad y calidad de la base de datos de las redes de observación actuales. Existen muchas de redes de monitoreo de los elementos clave del sistema hidrológico. La mayoría de estas redes es operada por dependencias federales o estatales, incluso internacionales, pero también existen otras redes que pueden proporcionar información crítica para una parte de un estado o región. Los datos meteorológicos son importantes pero representan sólo una parte de un sistema integral de seguimiento. Otros indicadores físicos (por ejemplo, las aguas subterráneas y caudales) deben ser monitoreados para reflejar los impactos de la sequía en la agricultura, los hogares, la industria, la producción de energía y otros usuarios del agua. En el CCRB la única red que actualmente funciona bien es la del OCRB y es la que se utiliza para la toma de distintos tipos de decisiones, pero no se deben descartar redes alternas de otras dependencias o instituciones, e incluso de carácter privado.

El avance tecnológico incluye sensores de humedad del suelo, estaciones meteorológicas automatizadas y datos de satélite como datos digitales obtenidos del Radiómetro Avanzado de Muy Alta Resolución (AVHRR), transmitida desde un satélite de la Administración Nacional Oceánica y Atmosférica (NOAA) de los Estados Unidos. Los datos del satélite son útiles en la detección de las áreas donde las deficiencias de humedad están afectando el crecimiento de la vegetación.

5. Determinar las necesidades de datos de los usuarios primarios. Los nuevos sistemas desarrollados para la recopilación y análisis de datos son más eficaces, cuando las personas que utilizarán los datos son consultados tempranamente y a menudo. Solicitar información de nuevos productos o la obtención de una retroalimentación sobre productos existentes es fundamental para garantizar que los productos satisfagan las necesidades de los usuarios primarios y se utilizarán en la toma de decisiones. La capacitación sobre cómo usar o aplicar productos de rutina en la toma de decisiones es también esencial.

6. Desarrollar y/o modificar los datos actuales y sistemas de entrega de información. Las personas deben ser advertidas sobre la sequía en cuanto se detecta, pero a menudo no lo son. La información debe llegar a la gente a tiempo para que puedan utilizarla en la toma de decisiones. En el establecimiento de canales de información, el Comité de Vigilancia, y en general el CC y el OC debe tener en cuenta cuándo las personas necesitan varios tipos de información. Estos puntos de decisión pueden determinar si la información proporcionada es utilizada o ignorada. Ésta es una de las responsabilidades básicas conjuntas, tanto del OCRB como del CCRB.

Existen varios índices que se utilizan como factores detonantes para determinar las fases de la sequía, como son:

- Índice de Precipitación Estandarizado (SPI, por sus siglas en Inglés)
- Índice de Ecurrimiento Estandarizado (SDI, por sus siglas en Inglés)
- Índice de Estado Mixto
- Índice de Palmer para la Severidad de la Sequía (PDSI, por sus siglas en Inglés)
- Índice de Cultivo de Humedad (CMI, por sus siglas en Inglés)
- Índice de Suministro de Agua Superficial (SWSI, por sus siglas en Inglés)
- Índice de Recuperación de la Sequía (RDI, por sus siglas en Inglés)

Estos son algunos de los índices más utilizados de manera convencional de forma internacional para identificar la fase de las sequías; para el caso de México se usan el SPI, SDI, PDSI e Índice de Estado, y para cada uno existen diferentes umbrales para cada fase; una síntesis de estos índices se describe a continuación.

### Índice de Precipitación Estandarizado (SPI)

Como se mencionó en el capítulo Sequías históricas, el SPI es el índice valor resultante del análisis de los registros de precipitación, que sirve para determinar la severidad y temporalidad de una sequía.

El SPI es un índice basado en la probabilidad de registrar una cantidad dada de la precipitación, y las probabilidades son normalizados, de manera que un índice de cero indica la cantidad de precipitación mediana (media de las cantidades de precipitación históricos están por debajo de la mediana, y están por encima de la media mediana). El índice es negativo para la sequía, y positivo para condiciones de humedad (McKee *et al.*, 1993). Como las condiciones secas o húmedas se vuelven más graves, el índice se hace más negativa o positiva<sup>1</sup>. En la Tabla 5.2 se muestran los umbrales del SPI para cada fase de sequía.

**Tabla 5.2** Clasificación de la sequía de acuerdo con los valores del SPI.

Fase de sequía	Rango de SPI
anormal seca	-0.5 a - 0.7
Sequía moderada	-0.8 a -1.2
Sequía severa	-1.3 a -1.5
Sequía extrema	-1.6 a -1.9
Sequía excepcional	< -2.0

---

<sup>1</sup> NOAA 2013, National Climatic Data Center, National Oceanic And Atmospheric Administration  
<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/research/prelim/drought/spi.html>

## Índice de Escurrimiento Estandarizado (SDI) o Índice Hidrológico de Sequía

El SDI es el valor resultante del análisis de los registros de escurrimiento o caudal en ríos que sirve para determinar la severidad y temporalidad de una sequía hidrológica (Nalbantis y Tsakiris, 2009). Los umbrales para cada fase de sequía se muestran en la Tabla 5.3.

**Tabla 5.3** Clasificación de la sequía de acuerdo con los valores del SDI.

Fase	Descripción	Criterio	Probabilidad (%)
0	Sin sequía	$SDI > 0.0$	50
1	Sequía incipiente	$-1 < SDI < 0.0$	34.1
2	Sequía moderada	$-1.5 < SDI < -1.0$	9.2
3	Sequía severa	$-2.0 < SDI < -1.5$	4.4
4	Sequía extrema	$SDI < -2.0$	2.3

## Índice de Severidad de la Sequía Palmer (PDSI)

El Índice de Severidad de la Sequía Palmer, comúnmente llamado Índice de Palmer, consiste en un algoritmo para determinar la humedad del suelo calibrado para regiones relativamente homogéneas (Palmer, 1995).

El PDSI se calcula con base en la precipitación y los datos de temperatura, así como el contenido de agua disponible locales (humedad relativa) del suelo. Considera todos los términos básicos de la ecuación de balance de agua, incluyendo la evapotranspiración, recarga del suelo, escurrimiento y pérdida de humedad de la capa superficial, pero no consideran los impactos humanos, como son los usos.

El Índice de Palmer varía aproximadamente entre -4,0 y 4,0. Palmer seleccionó según su criterio, la escala de clasificación de las condiciones de humedad, basado en sus áreas de estudio originales en el centro de Iowa y Kansas occidental (Palmer, 1965) Tabla 5.4.

**Tabla 5.4** Clasificación de la sequía de acuerdo con los valores del PSDI.

Descripción	Criterio
Extremadamente húmedo	$PSDI > 4.00$
Muy húmedo	$3.00 < PSDI < 3.99$
Moderadamente húmedo	$2.00 < PSDI < 2.99$
Ligeramente húmedo	$1.00 < PSDI < 2.99$
Incipientemente húmedo	$0.50 < PSDI < 1.99$
Normal	$-0.49 < PSDI < 0.49$
Sequía incipientemente	$-0.99 < PSDI < -0.50$
Sequía leve	$-1.99 < PSDI < -1.00$
Sequía moderada	$-2.99 < PSDI < -2.00$
Sequía severa	$-3.99 < PSDI < -3.00$
Sequía extrema	$PSDI < -4.00$

El Índice de Palmer normalmente se ha calculado sobre una base mensual y un archivo a largo plazo de los valores mensuales PDSI para cada división climática en los Estados Unidos existente en el Centro Nacional de Datos Climáticos de 1895 hasta el presente.

El PDSI es muy útil para las regiones de temporal, donde los cultivos prosperan solo en base a la lluvia; en las zonas de riego, la aplicación artificial de agua altera los resultados, y en las zonas áridas, aunque se obtienen valores del índice, su significado es trivial, dado que la lluvia no es suficiente para mantener húmedo el suelo y que las plantas tengan un desarrollo apreciable. En síntesis, el PDSI es un balance de agua en el suelo; se ha comprobado, además, que el PDSI tiene un comportamiento similar al SPI de 10, 11 u 12 meses, es decir, es un proceso con memoria hidrológica cercana a un año.

### Índice de Estado

El Índice de Estado ( $I_e$ ) consiste en una normalización de los registros de escurrimientos y/o de almacenamientos de embalses, transformándolos en un valor adimensional que varía entre 0 y 1, con base en valores medios, máximos y mínimos de los escurrimientos y/o almacenamientos de embalses. Si el sistema depende tanto de recursos regulados como de no regulados, es necesario distinguir entre volumen de embalse y aportaciones al mismo, y se construye un índice mixto que ponderará ambos componentes (Ministerio de Medio Ambiente, 2005).

En el sentido de prevención y preparación a los usos del agua en el periodo que inicia la sequía, y considerando un posible déficit o demanda no suministrada, junto con la probabilidad de que esas condiciones deficitarias se prolonguen en el tiempo, los diferentes niveles de sequía se clasifican de la siguiente manera:

**Estado de normalidad.** Implica que los indicadores de sequía están por encima de los valores medios registrados en las series históricas de los indicadores.

**Estado de prealerta.** Se activa cuando los indicadores descienden por debajo de los valores medios históricos, por lo que es conveniente extremar el control.

**Estado de alerta.** Se activa cuando es necesario poner en marcha medidas de conservación del recurso y de gestión de la demanda que permitan su mantenimiento con aplicación de las medidas de ahorro pertinentes.

**Estado de emergencia.** Se activa cuando es ineludible la aplicación de medidas extraordinarias.

La expresión del Índice de Estado  $I_e$  es la siguiente:

$$\text{Si } V_i \geq V_{med}: I_e = \frac{1}{2} \left[ 1 + \frac{V_i - V_{med}}{V_{max} - V_{med}} \right]$$

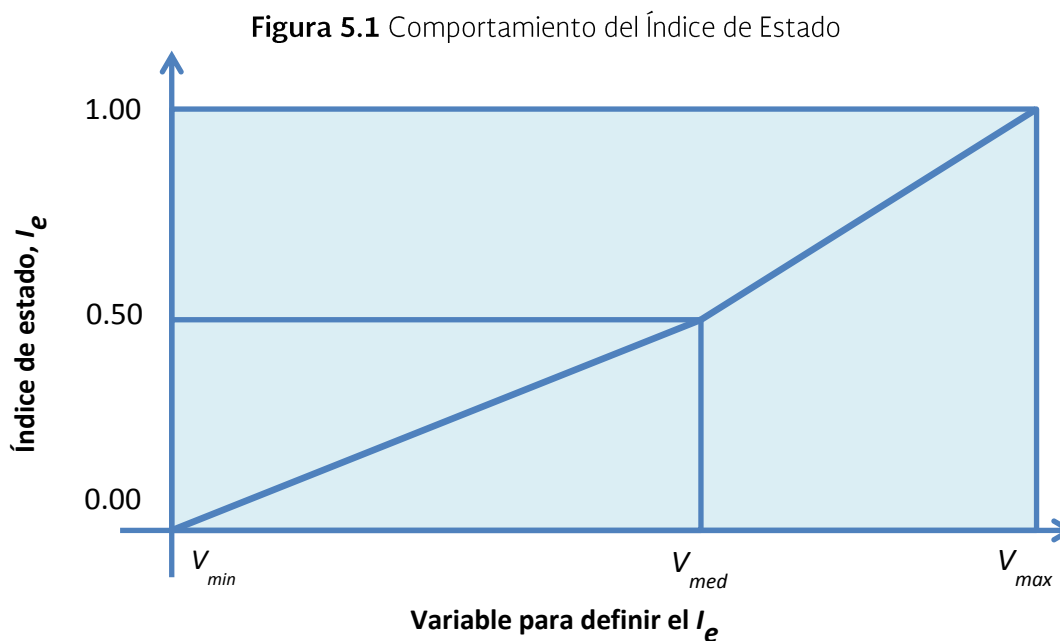
$$\text{Si } V_i < V_{med}: I_e = \frac{1}{2} \left[ \frac{V_i - V_{min}}{V_{med} - V_{min}} \right]$$

Siendo:

- $V_i$ : Valor de la medida obtenida en el mes de seguimiento
- $V_{med}$ : Valor medio en el periodo histórico
- $V_{max}$ : Valor máximo en el periodo histórico
- $V_{min}$ : Valor mínimo en el periodo histórico



La interpretación del  $I_e$  se muestra en la Figura 5.1, que cuando el valor  $V_i$  está comprendido entre la media de la serie y su valor máximo, el índice dará una cifra que oscilará entre 0.5 y 1, mientras que en el caso de que  $V_i$  sea inferior al valor medio, lo hará entre 0 y 0.5.

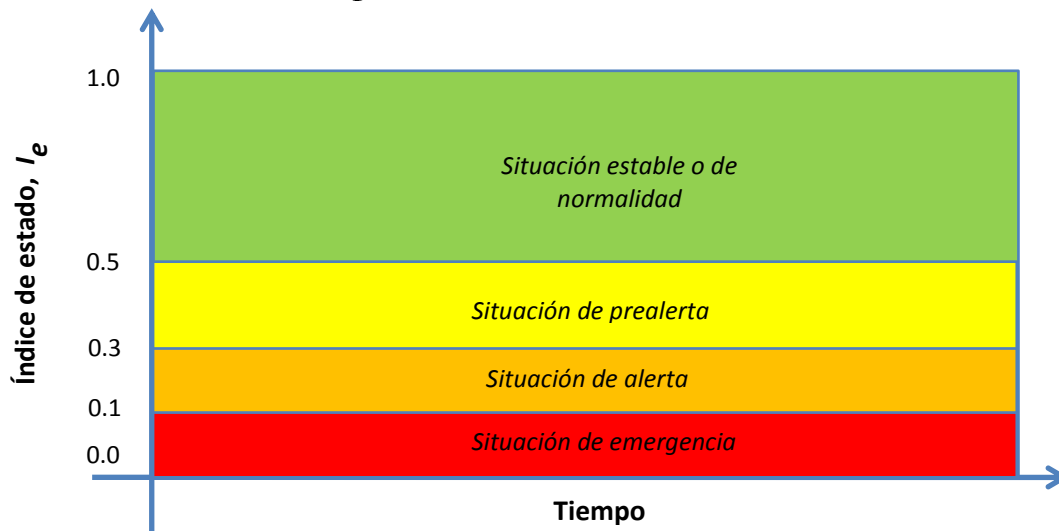


Fuente: IMTA, 2013. Formulación de Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía, Marco Teórico.

El rango de valores del  $I_e$ , como se ha señalado, va de 0 a 1, se discretiza convencionalmente, en principio, a efectos de diagnóstico de la situación de sequía, en los cuatro niveles siguientes (Figura 5.2):

- $I_e > 0.5$  nivel verde (situación estable o de normalidad)
- $0.5 > I_e > 0.3$  nivel amarillo (situación de prealerta)
- $0.3 > I_e > 0.15$  nivel naranja (situación de alerta)
- $0.15 > I_e$  nivel rojo (situación de emergencia)

Figura 5.2 Umbrales del Índice de Estado



Fuente: IMTA, 2013. Formulación de Programas de Medidas Preventivas y de Mitigación de la Sequía, Marco Teórico.

En el caso de sistemas regulados, el estudio de la sequía hidrológica, se realiza a partir de los datos recogidos en el embalse o embalses que caracterizan la cuenca, partiendo de los datos de nivel de embalse al inicio de cada mes, para obtener de ahí el *índice de embalse*,  $I_{emb}$ , y con los valores de aportación mensual, para obtener el respectivo *índice de escurrimiento* ( $I_f$ ), procediendo a determinar los valores medio, máximo y mínimo que definan el  $I_e$  mixto o compuesto de todo el sistema de suministro de agua.

Como se ha mencionado, en el caso de un sistema dependiente del volumen y la aportación al embalse, el indicador final se compone de las dos variables, las aportaciones al embalse, a partir de las cuales se obtiene el Índice de escurrimiento ( $I_f$ ), y el volumen de agua embalsada al inicio de cada mes, del que se obtiene el Índice de embalse ( $I_{emb}$ ). El indicador final es, por tanto, un índice mixto (Índice de estado mixto,  $I_{EM}$ ), vinculado a la aportación media anual del embalse ( $Am$ ):

*Índice de estado mixto* =

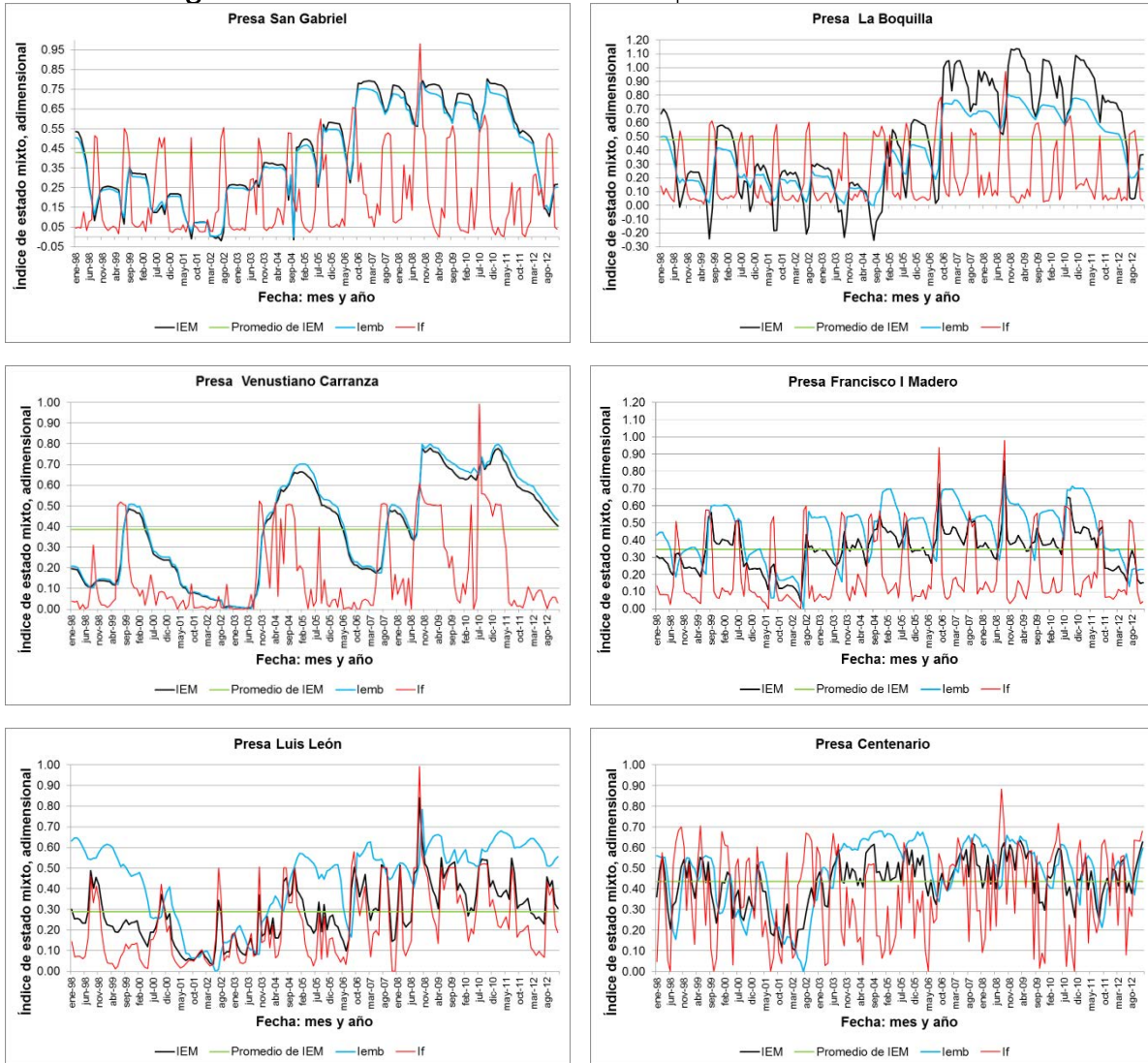
$$I_{EM} = [I_{emb} * (\frac{1}{2} * \frac{V_{util}}{Am})] + [I_f * (1 - (\frac{1}{2} * \frac{V_{util}}{Am}))]$$

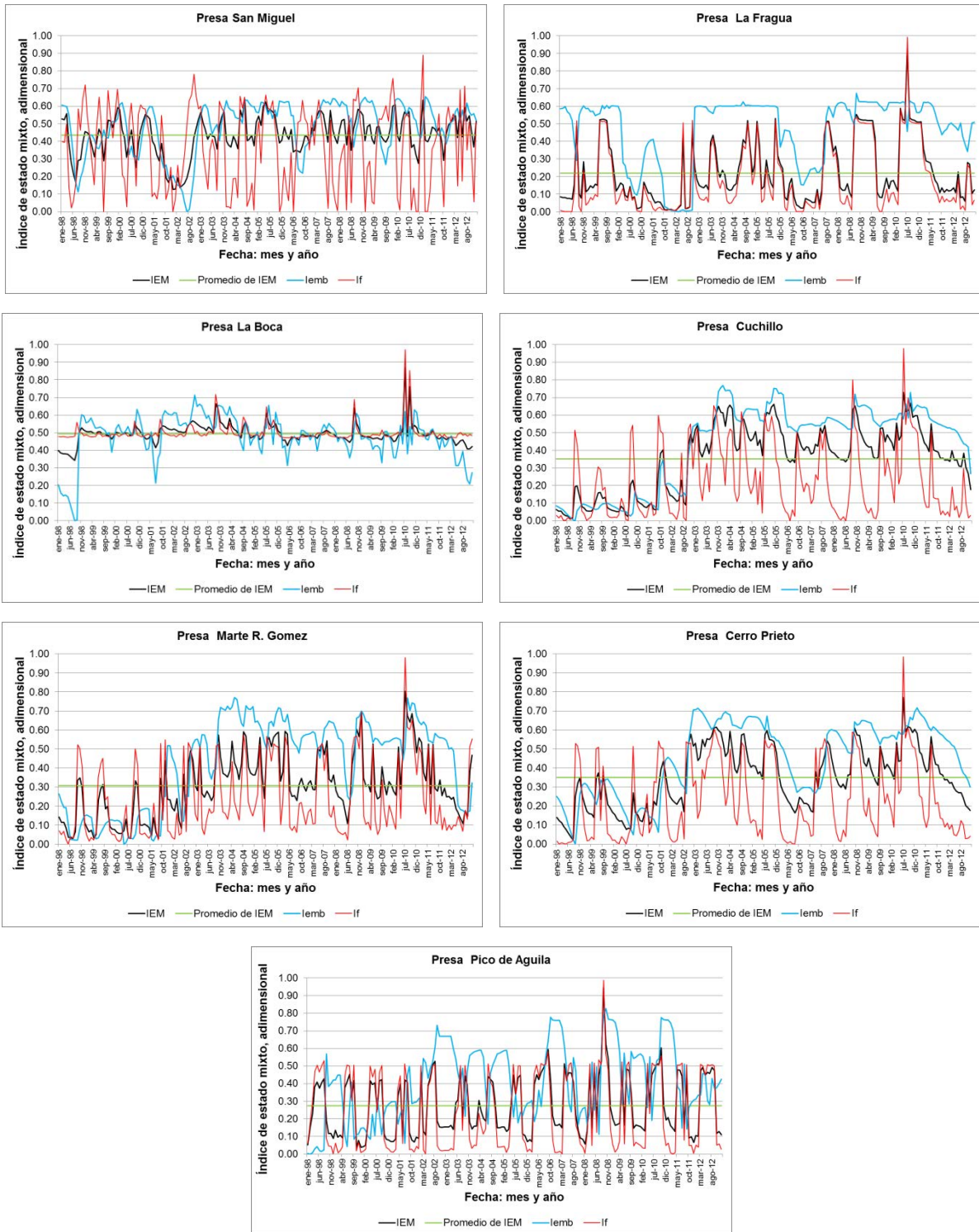
El índice de escurrimiento,  $I_f$ , es un índice de estado que se calcula, teniendo en cuenta las aportaciones mensuales al embalse. En cuanto al índice de embalse,  $I_{emb}$ , es un índice de estado que se calcula teniendo en cuenta el nivel del embalse al inicio de cada mes.

De esta forma, para un sistema hidráulico-hidrológico de uso del agua, donde la fuente de suministro es un embalse o sistema de embalses alimentados por corrientes superficiales, la determinación para cada uno de los embalses del  $I_{EM}$ , aportará elementos comparables y dimensionalmente homogéneos, que ayudarán al análisis global del sistema y a la planeación de los volúmenes a asignar para los diversos usos demandantes, en función de la situación actual de esas fuentes de suministro, que a su vez reflejarán tanto el acontecer natural, dado por las lluvias y el escurrimiento, como los resultados del manejo y gestión inmediatamente previas, dado por los volúmenes disponibles.

En el caso de la región del CC Río Bravo, existen 13 sistemas que dependen de los escurrimientos y de los volúmenes almacenados para abastecer de agua a todos los usuarios, En las siguientes gráficas se pueden observar los Índices de Estado, en el periodo de 1999 al 2012 de 13 presas del CC Río Bravo, en donde se puede observar que en las presas San Gabriel, La Boquilla y Venustiano Carranza el *Iem*, en el periodo de marzo del 2007 a mayo de 2012, se mantuvo en un nivel de situación estable, mientras que en las demás el *Iem* oscila entre los niveles desde situación estable hasta nivel de emergencia, a excepción de la presa la Boca que su *Iem* se mantiene durante todo el periodo entre una situación estable y situación de prealerta (Figura 5.3).

Figura 5.3 Gráficas del Índice de Estado de presas de almacenamiento





Fuente: CONAGUA, 2013. OC Rio Bravo

Las gráficas anteriores nos indican que los sistemas de almacenamiento de presas pueden llegar a ser muy vulnerables a la sequía si no se toman medidas preventivas para disminuir la demanda y controlar la oferta, ya que como se puede observar los  $I_f$  de las aportaciones en la mayoría de los casos se encuentra oscilando, en casi todo el periodo por debajo de 0.5, lo que indica que se

encuentra en algún estado de sequía. En el decreto del jueves 22 de noviembre de 2012 (DOF, 2012), se establecen las propuestas de índices a utilizar, que son, básicamente, el SPI y el SDI, pero el mismo decreto deja abierta la posibilidad de usar otros índices que la CONAGUA juzgue convenientes; éste puede ser el caso del índice estado mixto, ya que el él se conjugan las condiciones naturales (el escurrimiento), y las que derivan de la operación de los embalses.

### 5.1.3. Metas

Es necesario plantear metas para cada una fase de la sequía, metas que se alcanzarán llevando a cabo acciones enfocadas principalmente para reducir la demanda en todos los sectores, reduciendo así el déficit de abastecimiento hasta lograr un equilibrio entre la demanda y la oferta.

En la Tabla 5.5 se muestran algunas las acciones que se proponen disminuir los efectos de la sequía en cada fase.

**Tabla 5.5** Acciones y metas para cada fase de la sequía

Fase	Acciones	Meta
D0 Anormalmente seco	Los usuarios deben moderar su consumo de agua y restringir los usos no prioritarios voluntariamente. Los grandes usuarios deben revisar sus planes de contingencia.	Reducir la demanda un 10%
D1 Moderada	Los usuarios comerciales e industriales instrumentan sus programas de acción, destacando entre ellos el reúso y/o recirculación del agua para sus procesos. Todos los usuarios se sujetan a las restricciones y prohibiciones.	Reducir la demanda Del 10 al 15% (10 a 20%)
D2 Severa	Los usuarios son conminados a apegarse totalmente a las restricciones y racionamientos del programa de emergencia. La vigilancia entre sectores y usuarios es continua para evitar desperdicios y conflictos, tomas clandestinas y usos no autorizados. Los grandes usuarios operan de acuerdo con sus programas de contingencia y se sujetan sólo a los volúmenes autorizados.	Reducir la demanda Del 15 al 25% (20 a 35%)
D3 Extraordinaria	Todas las restricciones y racionamientos alcanzan su máxima intensidad; las dotaciones son mínimas y acordes con los esquemas de prioridad, exclusivamente para los usos más elementales, sin excepción. Los tandeos son rigurosamente observados. La vigilancia es extrema y continua sobre el funcionamiento de los sistemas de conducción, distribución y medición; cualquier anomalía se atiende de inmediato. Todos los usuarios se ajustan a su dotación y se resuelven los conflictos entre ellos. Las contingencias ambientales se atienden de acuerdo con los ordenamientos de ley y entran en función los programas de emergencia apoyados por todos los niveles de gobierno. La campaña de información, seguimiento y educación alcanza su mayor intensidad y es permanente.	Reducir la demanda Del 25 al 40% (35 a 50%)
D4 Excepcional	El agua disponible se asigna únicamente para los usos más prioritarios y en cantidades muy limitadas. La asistencia social y los programas de emergencia son constantes con el apoyo de las	Reducir la demanda un 40% o más (50% o más)

Fase	Acciones	Meta
	autoridades de todos los niveles. El agua se distribuye con el máximo de precaución para evitar pérdidas y conflictos. Es una etapa de espera hasta que las condiciones mejoren.	

NOTA: los valores entre paréntesis, en esta tabla, indican que para cada subregión o sistema de aprovechamiento, se deben definir estos valores, de acuerdo con sus características de oferta, demanda y vulnerabilidad.

### Comité de Evaluación de Riesgo

Los impactos de la sequía afectan a muchos sectores y a todas las áreas de responsabilidad de las dependencias de gobierno (Wilhite, 1991).

Los impactos son el resultado de la exposición al riesgo de sequía (es decir, la probabilidad de ocurrencia) y una combinación de factores económicos, ambientales y sociales. Por lo tanto, para reducir la vulnerabilidad ante la sequía, es esencial identificar los impactos relevantes y evaluar sus causas subyacentes.

La información sobre los impactos de la sequía y sus causas es fundamental para reducir el riesgo antes de que ocurra, y de respuesta adecuada durante la duración. Los miembros del Comité de Evaluación de Riesgo deben representar a los sectores económicos, grupos sociales y ecosistemas en riesgo por sequía.

El enfoque más efectivo a seguir para la determinación de la vulnerabilidad e impactos de la sequía consiste en crear una serie de grupos de trabajo bajo los auspicios del GSE. La responsabilidad del GSE y grupos de trabajo es evaluar a los sectores, poblaciones y ecosistemas en riesgo, e identificar las medidas de mitigación apropiadas y razonables para hacer frente a los mismos. Los grupos de trabajo se compondrán de especialistas técnicos que representan cada uno de los sectores, grupos o ecosistemas en riesgo. El presidente o responsable de cada grupo de trabajo, como miembro del GSE, informaría directamente a él. La responsabilidad del GSE es dirigir las actividades de cada uno de los grupos de trabajo y verificar el cumplimiento de las mismas respecto a las acciones de mitigación. El número de grupos de trabajo dentro del GSE puede variar considerablemente, reflejando los sectores más importantes impactados.

Por ello se requiere disponer de una metodología para evaluar y reducir los riesgos asociados con la sequía, centrando su enfoque en identificar y asignar prioridades a los impactos, determinar sus causas y elegir las acciones para abordar las causas subyacentes (CONAGUA, 2012c). Esta metodología puede ser empleada por cada uno de los grupos de trabajo. El esfuerzo requiere de un análisis interdisciplinario de los impactos y opciones de gestión disponibles.

La elección de acciones específicas para enfrentar las causas subyacentes de los impactos de la sequía dependerá de los recursos económicos disponibles y relacionados con valores sociales. Las preocupaciones típicas se asocian con costos y viabilidad técnica, eficacia, equidad y perspectivas culturales.

Este proceso tiene el potencial de conducir a la identificación de actividades eficaces de reducción de riesgo de sequía, apropiadas y que permitan reducir el impacto a largo plazo, en lugar de respuestas *ad hoc* o acciones de mitigación no comprobadas que efectivamente no pueden reducir el impacto de futuras sequías.

### **Comité de Respuesta y Mitigación**

Este subgrupo de trabajo, si no existe en el CCRB, debería evaluarse la pertinencia de formarlo, para atender explícitamente lo concerniente a dimensionar y evaluar la respuesta esperada de las medidas que se apliquen para mitigar los efectos del fenómeno; en todo caso, las acciones de respuesta y mitigación podrían quedar bajo la responsabilidad del grupo de trabajo –el GSE– de la sequía o podrían ser asignadas a un comité independiente. El subgrupo de trabajo, en colaboración con el GSE y el Comité de Evaluación de Riesgo, debe tener el conocimiento y la experiencia para entender los procesos de toma de decisiones relacionadas con la sequía en todos los niveles del gobierno, análisis de riesgos (aspectos económicos, ambientales y sociales) y técnicas de mitigación.

El GSE, tal como se definió en un principio, se compone de altos mandos de distintas dependencias gubernamentales y, posiblemente, representantes de organizaciones no gubernamentales o de usuarios. Por lo tanto, están en una posición y capacidad adecuadas para recomendar o implementar acciones de mitigación, solicitar asistencia a través de varios programas o recomendar políticas a los órganos legislativos y a las máximas autoridades ejecutivas.

Las acciones de mitigación y respuesta deben ser determinadas para cada uno de los sectores de impacto principales identificados por el Comité de Evaluación de Riesgo. Wilhite (1997b) ha completado una evaluación de las tecnologías de mitigación de sequías implementada por los estados en los Estados Unidos en respuesta a las condiciones de sequía durante la década de 1980 y principios de los noventa. Sin embargo, la transferencia de estas tecnologías a situaciones específicas en otros lugares debe ser analizada, probada y evaluada.

### **5.2. Declaración de la emergencia por sequía y escenarios factibles**

Unas de las medidas más importantes que se deben tomar para prevenir o mitigar los efectos de la sequía en todos los sectores, es el monitoreo y declaración de la sequía de forma temprana, lo que permitirá a los gobiernos regionales, estatales, locales, así como a la comunidad en general, planear y ejecutar, con tiempo suficiente, acciones para confrontar los posibles impactos de la sequía.

Debido a que la sequía no es un fenómeno que se pueda pronosticar, es necesario para el monitoreo que, a partir de la información meteorológica existente y analizada con base en los índices mencionados anteriormente, para definir en qué fase de la sequía se está e interpretar si continuará en la misma fase, se intensificará o se suavizará. Adicionalmente, se cuenta con el Monitor de Sequía de América del Norte, emitido por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 2013), el cual informa de manera gráfica la intensidad espacial de la sequía en el mes anterior; esta información está con base en el SPI (Figura 5.4), entre otros índices.

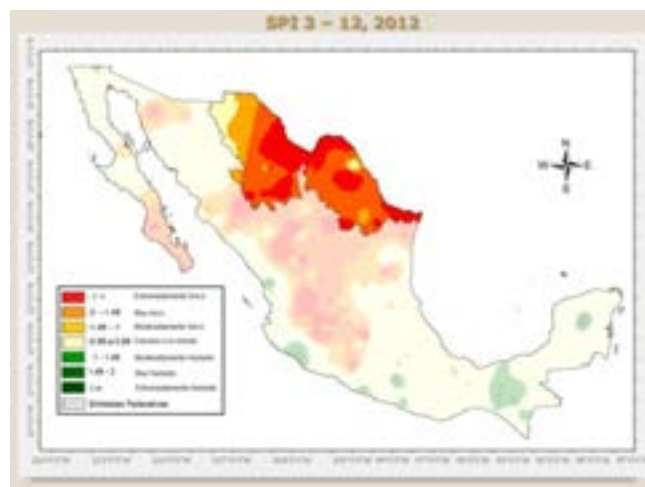
Figura 5.4 Sitio WEB del Monitor de Sequía



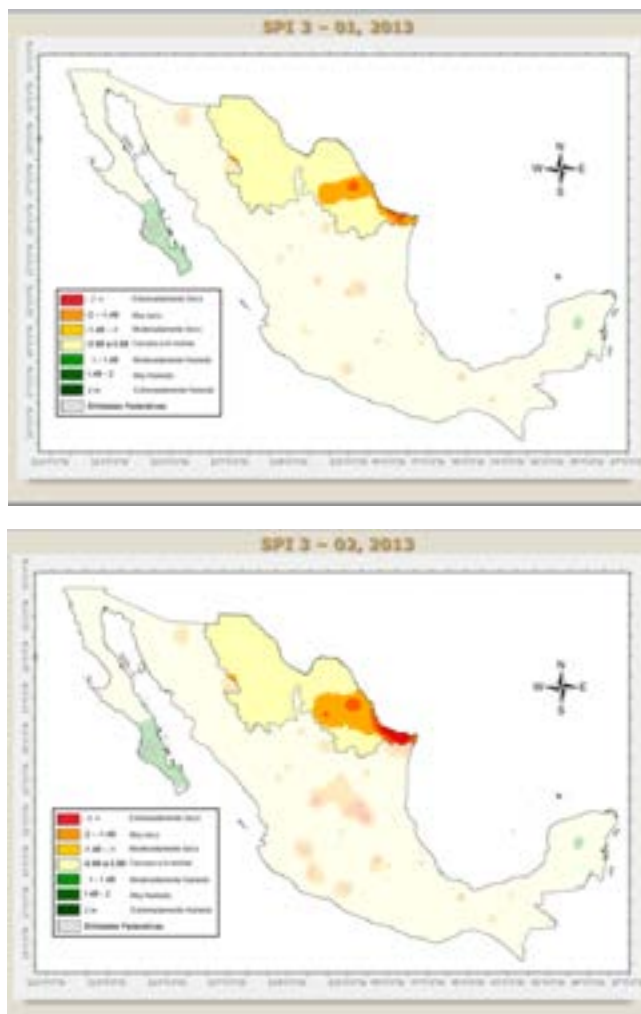
Fuente: SMN, 2013. Monitor de Sequía de América del Norte, Servicio Meteorológico Nacional. [http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com\\_content&view=article&id=236&Itemid=74](http://smn.cna.gob.mx/index.php?option=com_content&view=article&id=236&Itemid=74)

Un factor importante es que, identificados los lugares que se encuentran en sequía y en qué fase, las autoridades encargadas de monitorearla realicen una campaña pública para informar a los todos los usuarios de todos los sectores cual es la situación actual, y que deben de estar preparados para llevar a cabo las medidas que sean necesarias para mitigar los impactos. Del mismo modo, los gobiernos deberán informar cuales son las medidas que se implementarán de acuerdo con la evolución del fenómeno (Figura 5.5).

Figura 5.5 Comportamiento del SPI-3 en el CC Río Bravo







Para dicha campaña pública, es conveniente formular un protocolo para difundir la información a todos los niveles de la población, en donde se explique la status de la situación y lo necesario que se debe llevar a cabo para disminuir los impactos de la sequía. La importancia de dicha campaña recae en concientizar a la gente de los potenciales impactos, y que es una labor en conjunto de gobiernos y usuarios para poder afrontarla de la mejor manera.

Las regiones hidrológicas que se encuentran dentro del área del Consejo de Cuenca Río Bravo (24 Bravo-Conchos, 34 Cuencas Cerradas y 35 Mapimí) presentan superficies afectadas por sequías catalogadas como “extraordinarias”. La apreciación social en los foros realizados por el OCRB en relación con este tema se sintetizan en algunos estudios de la región VI, que identifican a la región con una alta vulnerabilidad a las sequías; no obstante, el tratamiento de estas subregiones puede variar sensiblemente, debido a sus propias características y a las del evento (Aparicio et al., 2009).

Conflictos entre individuos, poblaciones, sectores, gobiernos e incluso países, que compiten por el agua son típicos de la sequía. Los impactos de la sequía pueden también ser muy extensos, tanto regionalmente como en la variedad de sectores productivos afectados. Sus daños, potencialmente en el sector primario, la agricultura, superan con mucho los de todos los demás fenómenos naturales juntos.

Aquí vale recalcar el factor, ya mencionado, que significa el Tratado de 1944, que impone la entrega de agua de México a los Estados Unidos de América; estos volúmenes, como se ha visto en la realidad, hay periodos en que es materialmente imposible entregarlos para cumplir con el Tratado, y de ello han derivado múltiples conflictos y reclamos, que en las etapas críticas han polarizado las opiniones y posturas, exacerbando la gravedad de la situación y, desafortunadamente, sin soluciones convincentes, por la simple razón de que no se tiene el agua para dar cumplimiento.

Para hacer la Declaratoria de Emergencia por Sequía, la CONAGUA debe recopilar, analizar y ordenar la información base, que dará sustento al proceso. En ello debe destacarse, además de la severidad del fenómeno natural, los impactos en los diversos sectores, tanto económico como social y ambiental, y los riesgos y consecuencias de no atender debidamente esos factores de riesgo e inestabilidad (DOF, 2012). En especial, la ayuda económica necesaria para mantener las condiciones mínimas de asalariados y jornaleros del campo, así como a los pequeños productores y ganaderos; en estos casos, los programas de empleo temporal son opciones adecuadas para canalizar recursos que palien las condiciones de falta de ingreso; en casos más severos, la repartición de despensas familiares a las familias más desfavorecidas también ayudan a mantener el control y evitar conflictos y problemas como la migración, delincuencia y pobreza extrema.

Por ende, los objetivos de la respuesta social y gubernamental a la presencia de la sequía, son proporcionar las condiciones y recursos que permitan amortiguar los efectos negativos, mientras el fenómeno pasa.

FONDEN, CADENA y otros programas semejantes, diseñados para situaciones como estas, deben estar disponibles, bajo la normatividad vigente, para apoyar las declaraciones de emergencia, y aportar los recursos económicos que permitan superar la contingencia.