



# EVALUACION DE LA VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO DE PRESAS DE GENERACIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA O ALMACENAMIENTO DE AGUA

## RECOMENDACIONES



**MEDIO AMBIENTE**  
SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS NATURALES



**INECC**  
INSTITUTO NACIONAL  
DE ECOLOGÍA Y  
CAMBIO CLIMÁTICO

## INSTITUTO NACIONAL DE ECOLOGÍA Y CAMBIO CLIMÁTICO

**M. en C. Daniel Iura González Terrazas**

Director de Servicios Ambientales Hidrológicos y Adaptación al Cambio Climático con Enfoque de Cuenca

**M. en C. Yusif Salib Nava Assad**

Subdirector de Variabilidad Climática y Cambio Climático

**M. en C. Anais Vermonden Thibodeau**

Subdirectora de Análisis de la Oferta de Servicios Ambientales Hidrológicos y Adaptación al Cambio Climático

**Dra. Fanny López Díaz**

Jefa de Departamento de Vulnerabilidad Socioambiental en Asentamientos Humanos

**M. en Geo. Fabiola Gress Carrasco**

Jefa de Departamento de Análisis de Recurso Hídrico ante la Variabilidad Climática

**Lic. en Geo. Marcia Rojas Barajas**

Profesional Ejecutivo

## CENTRO MARIO MOLINA

**Lic. en Biol. Adolfo Lara Vázquez**

Líder de proyecto en Adaptación al Cambio Climático

**Lic. en Econ. Julieta Leo Lozano**

Líder de proyecto en Desarrollo Urbano

**Lic. en Geoinformática Nancy Hernández Valdez**

Especialista en Geoinformática

**Lic. en Biol. Agustín de la Rosa Segura**

Especialista en Urbanismo y Sistemas de Información Geográfica

**Mtro. Leo Castañeda Robles**

Consultor en Estudios Hidrológicos

**Imagen de portada: EFE/Lourdes Cruz**

**Citar este reporte como:**

**Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC). 2021. González Terrazas D. I., Nava Assad, Y. S., Vermonden Thibodeau A., López Díaz F., Gress Carrasco F., Rojas Barajas M., Evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de presas de generación de energía eléctrica o almacenamiento de agua. Recomendaciones. pp. 46.**

Agradecemos la aportación al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) para la realización de este proyecto.



**En el desarrollo del presente trabajo elaborado por el Centro Mario Molina se contó con la asesoría y acompañamiento permanente de la Coordinación General de Adaptación al Cambio Climático y Ecología del Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC), para solventar la consistencia metodológica de los índices propuestos con el Atlas Nacional de Vulnerabilidad ante el Cambio Climático.**

**D. R. © Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático. Octubre 2021.  
Boulevard Adolfo Ruíz Cortines No. 4209 Col. Jardines en la Montaña,  
Alcaldía Tlalpan, Ciudad de México C.P. 14210. <https://www.gob.mx/inecc>**

## ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>4</b>
<b>2. VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA INFRAESTRUCTURA DE PRESAS ANTE ESTRÉS HÍDRICO</b>	<b>8</b>
<b>2.1. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y RESULTADOS</b>	<b>8</b>
<b>2.1.1. RECOMENDACIONES</b>	<b>24</b>
<b>3. VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA INFRAESTRUCTURA DE PRESAS ANTE INUNDACIONES</b>	<b>26</b>
<b>3.1. EVALUACIÓN DE LA VULNERABILIDAD Y RESULTADOS</b>	<b>26</b>
<b>3.2. RECOMENDACIONES</b>	<b>43</b>

## 1. INTRODUCCIÓN

El Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático (ANVCC) desarrollado por el Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático (INECC) es una herramienta que permite conocer la vulnerabilidad territorial actual y futura, relacionada con el clima actual y el proyectado por los escenarios de cambio climático, respectivamente, para contribuir en la toma de decisiones.

En correspondencia con lo anterior, el INECC, bajo el enfoque del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático (IPCC por sus siglas en inglés, 2007), define a los componentes de la vulnerabilidad de la siguiente manera (INECC, 2019):

- **Exposición:** es el carácter, magnitud y velocidad de cambio y variación del clima que afecta a un sistema en condiciones actuales y con cambio climático.
- **Sensibilidad:** es el grado en que un sistema resulta afectado por la variabilidad o el cambio climático debido a las características que lo definen.
- **Capacidad adaptativa:** se refiere a los recursos, instrumentos, capital humano e institucional que permiten generar procesos de adaptación y reducción de la vulnerabilidad.

Con base en el IPCC (2007), la vulnerabilidad de un sistema se define por la siguiente ecuación:

$$V = E + S - CA$$

donde: V es la vulnerabilidad; E, la exposición; S, la sensibilidad; y, CA la capacidad adaptativa.

Este proyecto desarrolló una metodología para evaluar la vulnerabilidad actual y futura al cambio climático de la infraestructura de presas de generación de energía eléctrica o almacenamiento de agua, ante estrés hídrico e inundaciones, a través de la integración de indicadores que analizan factores territoriales y operativos; ampliando la evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de México.

Como parte de la infraestructura hidráulica, las presas son de gran relevancia debido a los distintos aprovechamientos del agua almacenada en ellas. Las presas facilitan una mejor distribución del agua captada de las precipitaciones, para satisfacer las demandas y necesidades de algunas actividades humanas, como las actividades agropecuarias, el abastecimiento de agua potable entre la población, y la generación de energía; además, permiten el control de avenidas y con ello la protección de

otras infraestructuras y equipamientos, promueven la acuicultura y la pesca, así como la generación de ambientes recreativos (Bautista, 2016).

La Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) define a una presa como *“una obra que sirve para captar, almacenar y controlar agua de una cuenca natural y que consta de una cortina y un vertedero de demasías”* (CONAGUA, 2018, p. 50).

Por su parte, el Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) considera tres funcionalidades principales de las presas: almacenamiento de agua, control de avenidas y generación de energía eléctrica (presas hidroeléctricas) (CENAPRED, 2019).

El almacenamiento de agua es la principal funcionalidad de los represamientos en nuestro país (Pérez, Peral y Pérez, 2017). El régimen de lluvias que se presenta en el país, aunado a la presencia de ciclones tropicales, sistemas frontales y el monzón, generan la cantidad de agua necesaria para almacenar el recurso hídrico en este tipo de infraestructura. De este modo, el 80% del agua superficial en México se almacena en 180 presas distribuidas a lo largo del territorio nacional (CONAGUA, 2018). La importancia de las presas de almacenamiento de agua, radica en su aportación al suministro de agua para actividades económicas y uso público, en particular, porque el 10% del agua almacenada en todas las presas del país, se destina de forma exclusiva a usos agrícolas, el 1%<sup>1</sup> se asigna únicamente para el consumo humano, mientras que el 24% se utiliza en la generación de energía eléctrica (CONAGUA, 2020).

En relación a su función de generación de energía eléctrica, la Secretaría de Energía (SENER, 2017) indica que en 2017 la energía producida en presas hidroeléctricas ascendió a 30,077 GWh, cifra que representa el 12% del total de la generación bruta de energía del país, de acuerdo a la Comisión Federal de Electricidad (CFE, 2019); y el 79% de la energía proveniente de fuentes limpias<sup>2</sup> (SENER, 2017). En México, las principales presas hidroeléctricas son Chicoasén y Malpaso, localizadas en Chiapas, e Infiernillo en Michoacán; que aportan el 34% del total de la generación bruta de energía hidroeléctrica del país, con más de 10,900 GWh en 2017 (SENER, 2018).

La ubicación de las presas está definida por diversos factores, entre los que destacan el régimen hidrológico, la topografía y la geología. De acuerdo a estas características, las presas conllevan un diseño constructivo particular para cumplir su propósito o función (Rosengaus, 2010; Téllez, 2010). Sin embargo, los principales factores climáticos (temperatura y precipitación)

<sup>1</sup> El cálculo emplea el total del volumen de presas para presas en cualquier uso y el volumen de agua exclusivamente para consumo humano, riego y generación de electricidad.

<sup>2</sup> La estimación del total de energía renovable incluye las siguientes fuentes: geotermoeléctrica, eólica, hidroeléctrica y fotovoltaica.

presentan una dinámica, que bajo condiciones de cambio climático pueden alterar la operatividad de las presas. Particularmente, la CFE (2018) señala que algunas de sus infraestructuras, como las centrales hidroeléctricas, involucran cierta dependencia de las condiciones hidrológicas, ya que alrededor del 12% de la capacidad de generación total proviene de fuente hidroeléctrica (CFE, 2019); esta capacidad depende de las condiciones hidrológicas y la cantidad de lluvia que se presenta en el territorio. Por ello, para la CFE (2018) si algún factor o condición hidrológica no es favorable, los resultados de las operaciones pueden verse afectadas.

Un ejemplo de lo anterior, son los bajos niveles de captura de agua reportados por algunas de las presas de almacenamiento en el país. En febrero de 2020, en San Luis Potosí los niveles de las presas se encontraban en promedio por abajo del 32% de su capacidad (De la Rosa, 2020); en el Estado de México, las presas que integran el Sistema Cutzamala (Valle de Bravo, Villa Victoria y el Bosque) registraron niveles por debajo del 30% de su capacidad en junio de 2020 (Ríos, 2020); y en Chihuahua, 10 presas monitoreadas reportaron, en agosto de 2020, niveles de captación de 42%, que representan los registros más bajos en los últimos tres años (El Diario de Chihuahua, 2020).

En contraste, el exceso de agua generado por la temporada de lluvias o presencia de huracanes puede provocar el desbordamiento de presas; por ejemplo, en junio de 2018, dos presas desbordaron en Guanajuato debido a la presencia del huracán Bud (Expansión, 2018).

Por lo tanto, ambos fenómenos, incremento o disminución de la cantidad de agua almacenada, tienen repercusiones importantes en las presas, cuando esta variabilidad rebasa los umbrales considerados normales para el desarrollo de las actividades económicas, su uso en la población y en el entorno natural de las zonas de cobertura; esta situación podría ser más extrema como resultado del cambio climático.

A las condiciones climáticas que determinan la operatividad de las presas, deben añadirse otros factores que influyen en la relevancia de estas infraestructuras; entre ellos, se pueden citar la accidentada orografía del país, que ocasiona que México presente una de las mayores disparidades y divergencias en el volumen de agua disponible per cápita en el mundo; así como el incremento de la población en zonas urbanas, y la frecuente migración en búsqueda de oportunidades hacia las ciudades, que incrementan el grado de presión sobre el recurso. Lo anterior, ha ocasionado que con mayor frecuencia el agua deje de ser sólo un recurso natural para transformarse en un recurso político, por lo que la gobernanza del agua y de las infraestructuras que la proveen o gestionan, cobra mayor relevancia. De hecho, los proyectos de construcción de presas y la forma en cómo se gestiona el agua que almacenan o utilizan, están catalogados entre



los conflictos más intratables por el agua en México, ya sea de presas termoeléctricas o de distribución del líquido (Pacheco Vega, 2014).

Con base en lo anterior, se evaluó la vulnerabilidad al cambio climático de las presas cuya funcionalidad es el almacenamiento de agua y la generación de energía eléctrica.

La Ley General de Cambio Climático (LGCC), publicada el 6 de junio de 2012 y con última reforma el 13 de julio de 2018, define a la vulnerabilidad como:

Nivel a que un sistema es susceptible, o no es capaz de soportar los efectos adversos del Cambio Climático, incluida la variabilidad climática y los fenómenos extremos. La vulnerabilidad está en función del carácter, magnitud y velocidad de la variación climática a la que se encuentra expuesto un sistema, su sensibilidad, y su capacidad de adaptación (LGCC, 2012, p. 5).

Las recomendaciones presentadas en este documento son resultado de la aplicación de la metodología y asesoría del INECC, para integrar al ANVCC las vulnerabilidades relacionadas a la infraestructura de presas de generación de energía o almacenamiento de agua en México.

Para su desarrollo se consideraron los siguientes elementos de análisis:

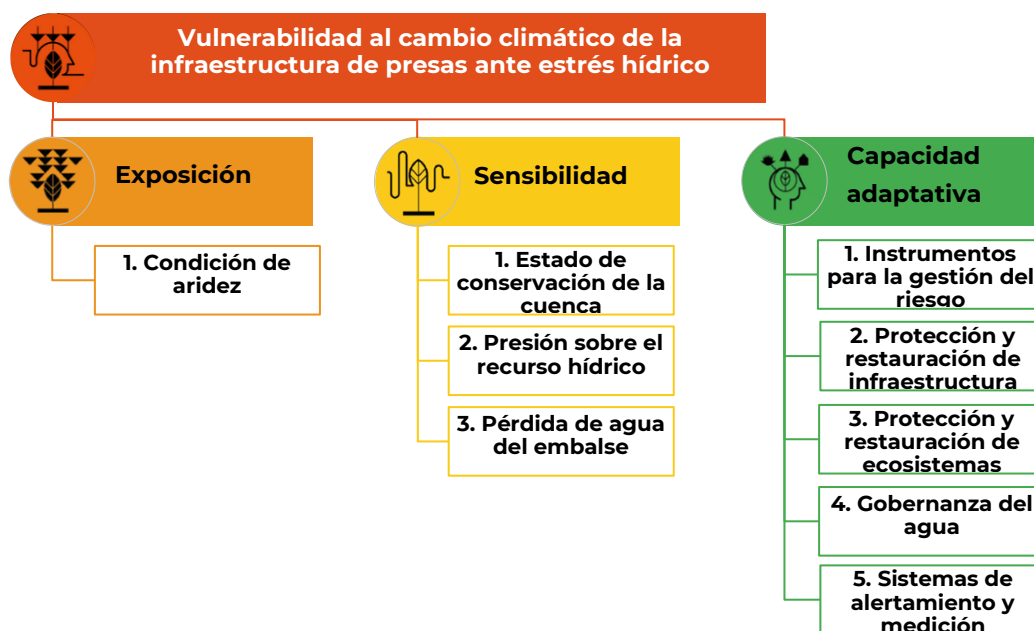
1. Se seleccionaron 207 presas, que son consideradas como “principales” y que se encuentran en el Sistema Nacional de Monitoreo de Presas de la CONAGUA (2020a), ya que representan el 80% de la capacidad de almacenamiento nacional (CONAGUA, 2012). Asimismo, la cantidad de agua que se almacena en los represamientos está condicionada, en su mayoría, a los procesos generados dentro de cada cuenca de aporte. Por lo tanto, se considera como unidad territorial de análisis a la **cuenca de aporte** asociada a cada presa.
2. Se consideró como elementos de evaluación de amenazas climáticas para la infraestructura de presas el aumento de la temperatura, la disminución de la precipitación y el aumento de la precipitación. Por tanto, se evaluaron tanto la vulnerabilidad de las presas ante estrés hídrico como la vulnerabilidad de las presas ante inundaciones, debido a que el aumento de la temperatura y la disminución de la precipitación podrían influir en la presencia de estrés hídrico en las zonas de captación de agua de las presas; además, el aumento de la precipitación podría desencadenar eventos de inundación o fallas en la infraestructura de presas.



## 2. VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA INFRAESTRUCTURA DE PRESAS ANTE ESTRÉS HÍDRICO

### 2.1. Evaluación de la vulnerabilidad y resultados

Los principales efectos causados en el territorio debido a la presencia de estrés hídrico, por factores climáticos como la temperatura ambiental, la precipitación, la aridez, la evapotranspiración o la estacionalidad de la lluvia, que pueden ser exacerbados por la presencia de cambio climático, se ven reflejados en la calidad y disponibilidad del agua, la explotación subterránea y las modificaciones en el consumo y demanda del agua (Troyo et al., 2014). Estos impactos deben modificar la visión y los criterios de planeación operativa de la infraestructura hidráulica; dado que, si bien es cierto que es difícil predecir años o periodos de escasez o abundancia de agua, es necesario aminorar los impactos y disminuir la vulnerabilidad de los distintos usuarios de las presas, ante eventos extremos y efectos del cambio climático. El elevado déficit hídrico en cada periodo de sequía, y la frecuencia con que éstos se presentan, son factores limitantes que requieren atención, tanto de los administradores y operadores del agua como de los usuarios (Domínguez, 2019; Ortega-Gaucin, 2012).

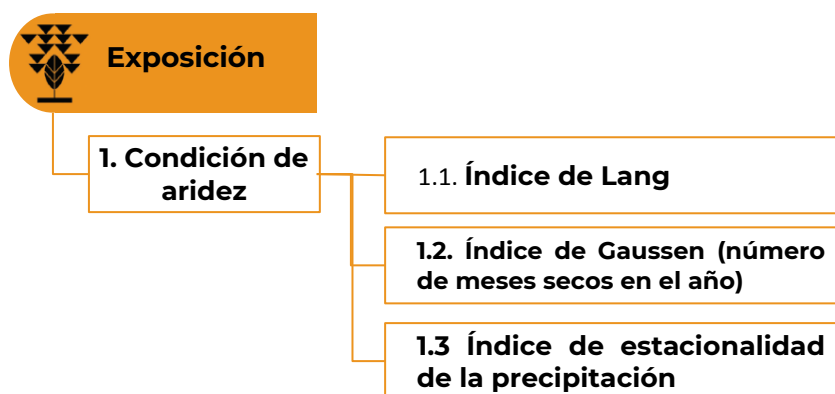


**Figura 1. Criterios de evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de la infraestructura de presas ante estrés hídrico**

Fuente: Elaboración propia, formato tomado de INECC (2019).

Se definieron nueve criterios para evaluar la vulnerabilidad al cambio climático de la infraestructura de presas ante estrés hídrico; de los cuales, uno corresponde al componente de exposición, tres al componente de sensibilidad y cinco al componente de capacidad adaptativa (Figura 1).

En el caso de la amenaza climática de disminución de precipitación, que podría derivar en estrés hídrico, se definió un criterio de evaluación de exposición vinculado a la condición de aridez, así como tres indicadores para su evaluación: el índice de Lang, el índice de Gaussen que representa el número de meses secos en el año, y el índice de estacionalidad de la precipitación (Figura 2). Los principales resultados indican que la mayor exposición se concentran en el sureste y norte del país, principalmente en las presas ubicadas en los estados de Chihuahua, Coahuila, Sonora, Michoacán y Guerrero; por otro lado, la menor exposición se ubica en las presas del estado de Sinaloa y centro del país. Los resultados de los escenarios de cambio climático indican las mismas tendencias, acentuando la mayor exposición en las regiones sur y norte del país.



**Figura 2. Criterios de evaluación de la exposición al cambio climático de la infraestructura de presas ante estrés hídrico**

Elaboración propia, formato tomado de INECC (2019).

Para el componente de sensibilidad al cambio climático de la infraestructura de presas ante estrés hídrico, se definieron tres criterios de evaluación vinculados al comportamiento hidrológico de la cuenca de aporte, y a la susceptibilidad de la infraestructura de presas ante el estrés hídrico. El primer criterio está referido al estado de conservación de la cuenca y se constituye de dos variables; el segundo responde a la presión sobre el recurso hídrico y está compuesto por tres variables; en tanto que el tercero, se asocia a la pérdida de agua del embalse y lo integran dos variables. En la Figura 3 se presenta el desglose de los tres criterios y las nueve variables de análisis de sensibilidad al cambio climático de presas ante estrés hídrico.

Los resultados obtenidos indican que la mayor sensibilidad se presenta en las presas ubicadas en los estados de Sonora y Sinaloa, así como en el centro del país; mientras que la menor sensibilidad se distribuye en el norte, sur y región Bajío.

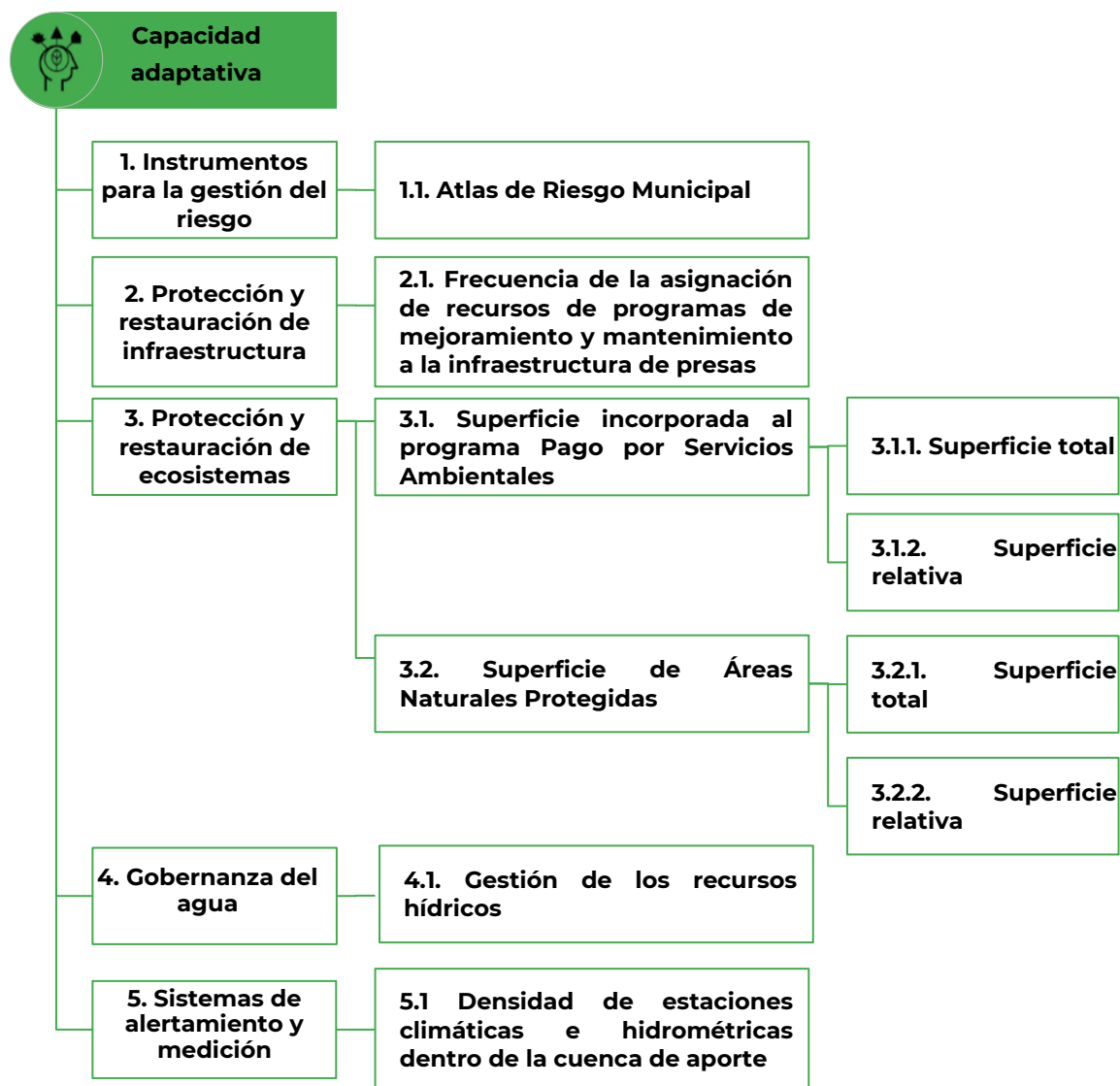


**Figura 3. Criterios de evaluación de la sensibilidad al cambio climático de la infraestructura de presas ante estrés hídrico**

Elaboración propia, formato tomado de INECC (2019).

Para evaluar la capacidad adaptativa al cambio climático de la infraestructura de presas ante estrés hídrico, se identificaron cinco criterios y ocho variables de evaluación vinculados a instrumentos de gestión, planeación y monitoreo de las presas (Figura 4).

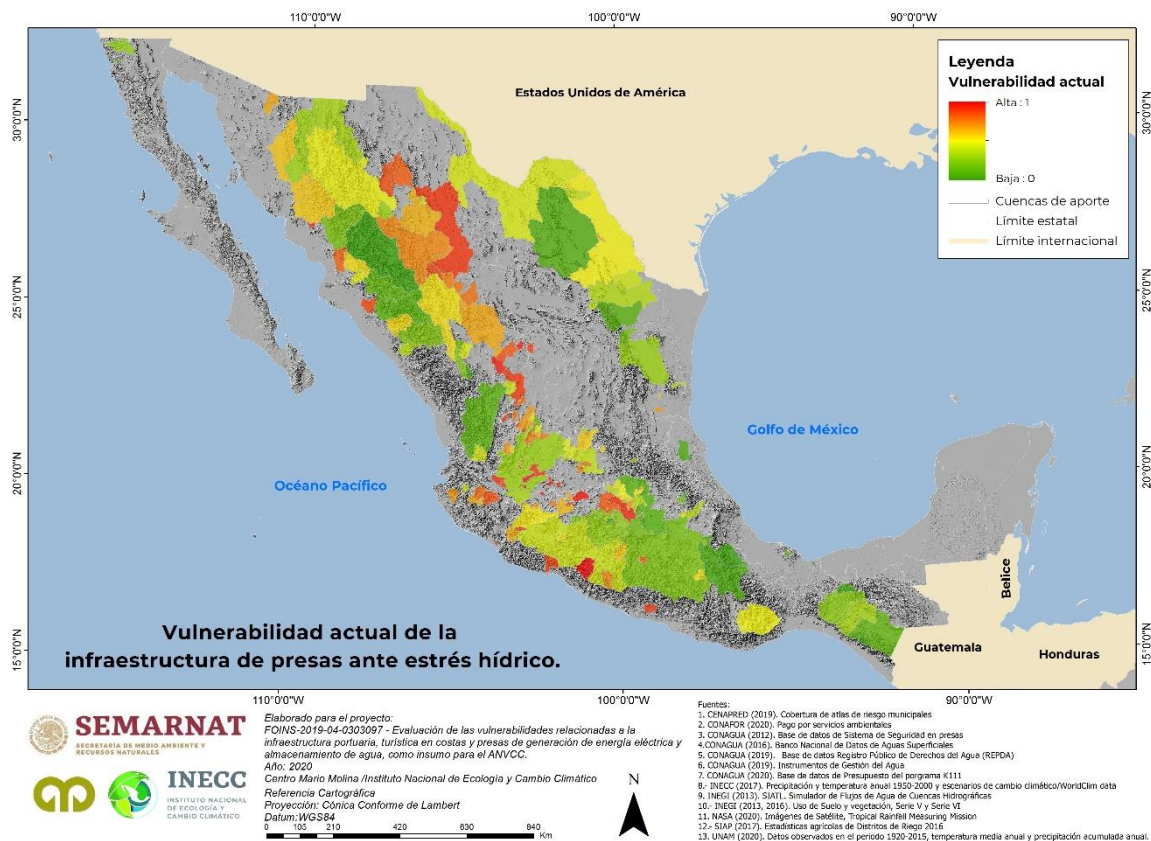
Los resultados obtenidos para este componente, indican que la menor capacidad adaptativa se presenta en algunas presas del estado de Nuevo León y Coahuila; se observa que la mayoría de las persas tienen una capacidad adaptativa aceptable.



**Figura 4. Criterios de evaluación de la capacidad adaptativa al cambio climático de la infraestructura de presas ante estrés hídrico**

Fuente: Elaboración propia, formato tomado de INECC (2019).

La integración de los diferentes componentes de vulnerabilidad (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa), permite concluir que las presas con alta vulnerabilidad actual al cambio climático ante estrés hídrico se localizan principalmente en el estado de Chihuahua y algunas en el estado de Michoacán; mientras que las de menor vulnerabilidad se localizan en los estados de Sinaloa y Oaxaca (Figura 5).



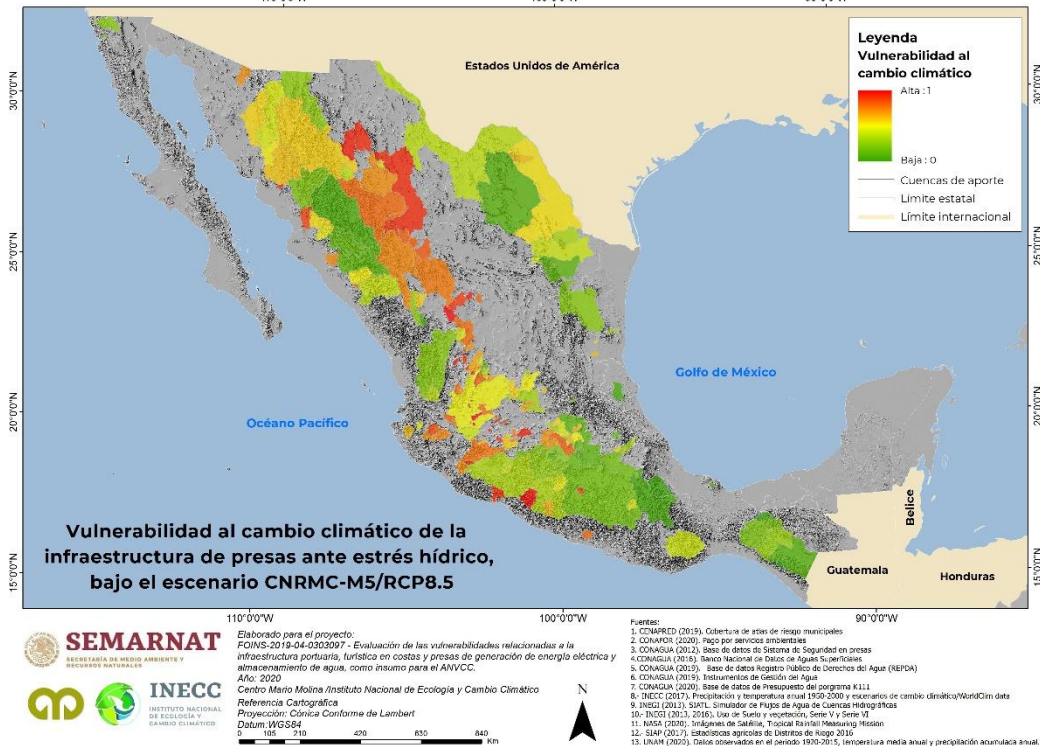
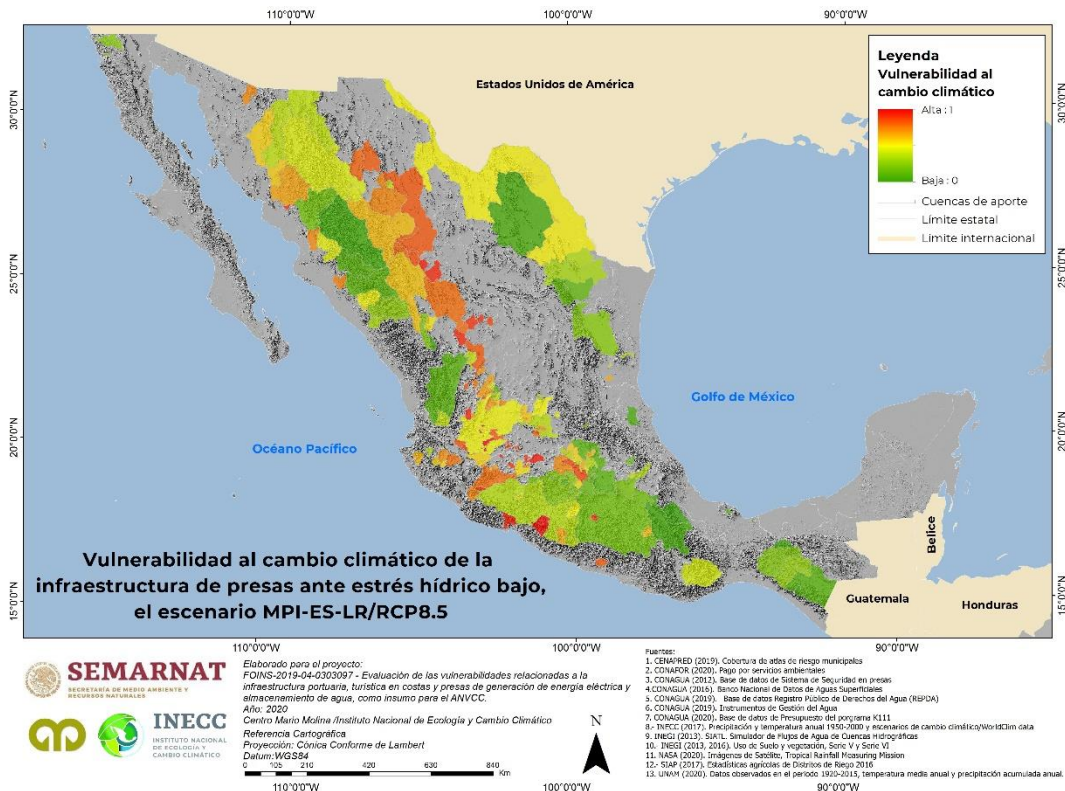
**Figura 5. Vulnerabilidad actual al cambio climático de la infraestructura de presas ante estrés hídrico**

Fuente: Elaboración propia.

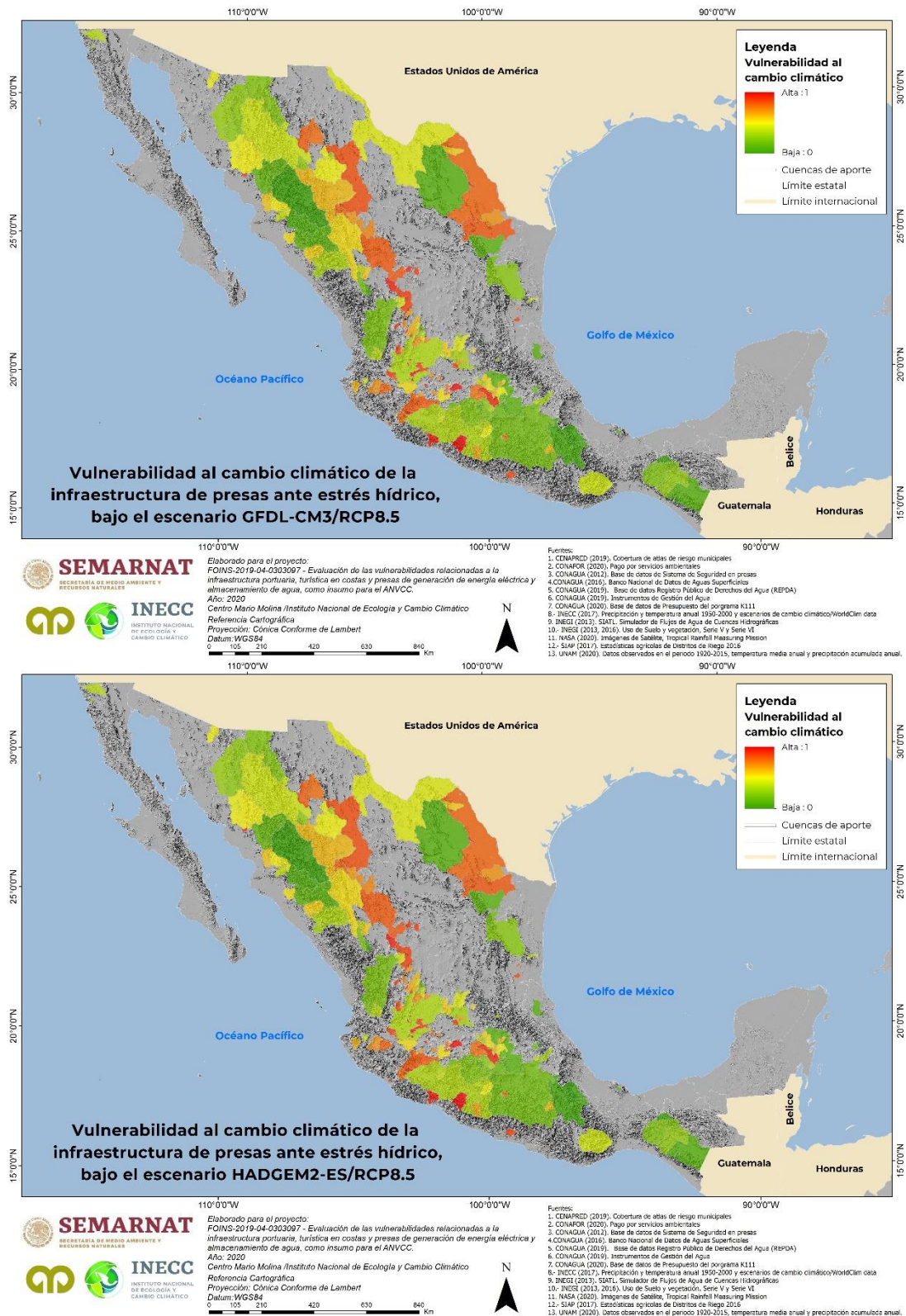
De la misma forma, se realizó el cálculo de la vulnerabilidad para los escenarios de cambio climático de la infraestructura de presas ante estrés hídrico, tal como se muestra en los mapas de la Figura 6, donde se observan tendencias similares a las reportadas en la evaluación de la vulnerabilidad actual.



# Evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de presas de generación de energía eléctrica o almacenamiento de agua. Recomendaciones. 2020-2021



Evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de presas de generación de energía eléctrica o almacenamiento de agua. Recomendaciones.  
2020-2021



**Figura 6. Vulnerabilidad futura al cambio climático de la infraestructura de presas ante estrés hídrico**

Fuente: Elaboración propia.



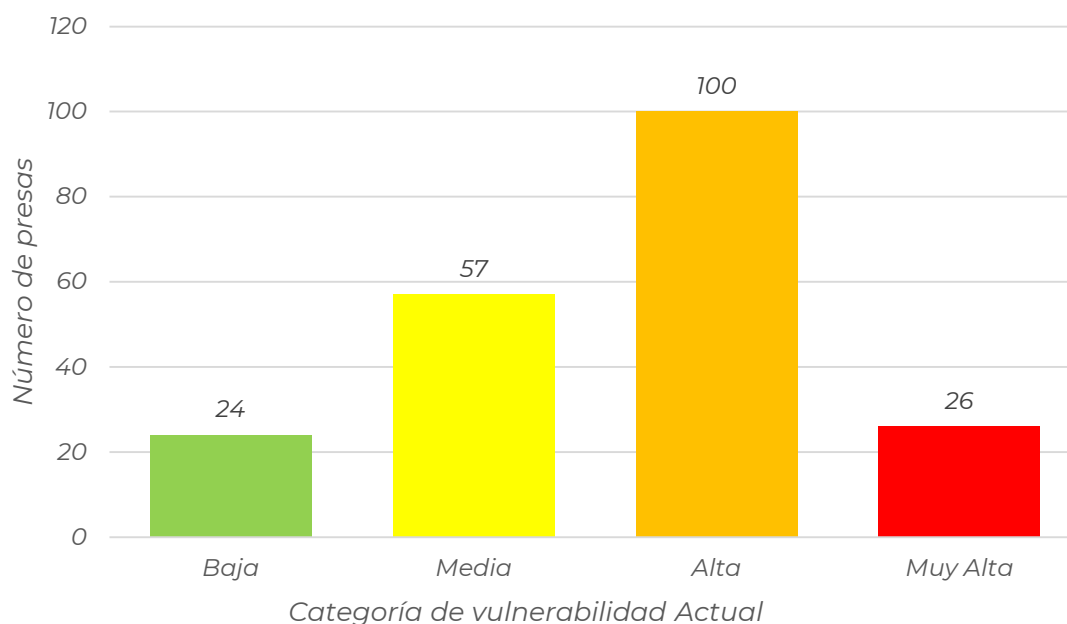
A partir de los valores de vulnerabilidad actual y futura obtenidos y normalizados en el rango de 0 a 1, se definieron cuatro categorías de vulnerabilidad mediante una clasificación de intervalos iguales que se presentan en la Tabla 1.

**Tabla 1. Clasificación de categorías cualitativas y cuantitativas de la vulnerabilidad al cambio climático de la infraestructura de presas ante estrés hídrico**

Rango de valores	Categoría de vulnerabilidad
0 - 0.25	Baja
0.25 - 0.50	Media
0.50 - 0.75	Alta
> 0.75	Muy alta

Fuente: Elaboración propia.

La distribución de las presas en las categorías de vulnerabilidad tiene mayor frecuencia en la categoría “Muy alta” (26 presas, 13%), seguida de las presas que se ubican en la categoría “Alta” (100 presas, 48%), y la categoría “Media” con 57 presas (27%), categorías que representan el 75% del total de las presas evaluadas; mientras que la categoría “Baja” representa el 12% (24 presas), tal como se muestra en la Figura 7.



**Figura 7. Distribución de las presas por categoría de vulnerabilidad actual al cambio climático ante estrés hídrico**

Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 2 detalla la distribución de las presas por su nivel de vulnerabilidad actual y futura al cambio climático ante estrés hídrico.

Tabla 2. Vulnerabilidad actual y futura al cambio climático de la infraestructura de presas ante estrés hídrico

No	Nombre	Estado	Vulnerabilidad Actual	Vulnerabilidad Escenario CNRMC-M5	Vulnerabilidad Escenario GFDL-CM3	Vulnerabilidad Escenario HADGEM2-ES	Vulnerabilidad Escenario MPI-ESM-LR
1	Abelardo L. Rodríguez	Aguascalientes	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
2	Abelardo L. Rodríguez	Baja California	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
3	Abelardo Rodríguez Luján	Sonora	Media	Media	Alta	Media	Media
4	Abraham González	Chihuahua	Alta	Alta	Media	Alta	Alta
5	Achimec	Jalisco	Media	Alta	Media	Alta	Alta
6	Adolfo López Mateos	Sinaloa	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Alta
7	Adolfo Ruíz Cortines	Sonora	Baja	Media	Media	Media	Media
8	Agostitlán	Michoacán	Media	Media	Media	Media	Media
9	Agua Caliente	Sonora	Media	Media	Media	Media	Media
10	Aguamilpa Solidaridad	Nayarit	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
11	Andrés Figueroa	Guerrero	Baja	Media	Media	Media	Media
12	Aristeo Mercado	Michoacán	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
13	Basilio Vadillo	Jalisco	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
14	Caboraca	Durango	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
15	Cajón de Peña	Jalisco	Media	Alta	Alta	Media	Media
16	Canseco	Veracruz	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
17	Cañada del Lobo	San Luis Potosí	Media	Media	Media	Media	Media
18	Chihuahua	Chihuahua	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
19	Chila	Jalisco	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
20	Cincuenta Aniversario	Aguascalientes	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
21	Constitución de 1917	Querétaro	Media	Media	Media	Media	Media
22	Constitución de Apatzingán	Jalisco	Media	Media	Media	Media	Media
23	Copándaro	Michoacán	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
24	Corrinchis	Jalisco	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
25	Coíntzio	Michoacán	Media	Alta	Alta	Media	Media

Evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de presas de generación de energía eléctrica o almacenamiento de agua. Recomendaciones.  
2020-2021

No	Nombre	Estado	Vulnerabilidad Actual	Vulnerabilidad Escenario CNRMC-M5	Vulnerabilidad Escenario GFDL-CM3	Vulnerabilidad Escenario HADGEM2-ES	Vulnerabilidad Escenario MPI-ESM-LR
26	Cuauhtémoc	Sonora	Media	Media	Media	Media	Media
27	Cuchillo Solidaridad	Nuevo León	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
28	Cuquío	Jalisco	Baja	Media	Media	Baja	Media
29	Danxhó	México	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
30	De Gonzalo	Michoacán	Media	Alta	Alta	Media	Alta
31	Derivadora Las Blancas	Tamaulipas	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
32	Derivadora Pabellón	Aguascalientes	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
33	Doctor Belisario Domínguez	Chiapas	Media	Media	Media	Baja	Media
34	El Batán	Querétaro	Media	Media	Media	Baja	Media
35	El Bosque	Michoacán	Media	Alta	Alta	Alta	Media
36	El Carrizo	Baja California	Baja	Baja	Media	Baja	Media
37	El Cazadero	Zacatecas	Media	Media	Media	Media	Media
38	El Centenario	Coahuila	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
39	El Centenario	Querétaro	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
40	El Chique	Zacatecas	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
41	El Cuarenta	Jalisco	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Alta
42	El Estribón	Jalisco	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
43	El Gallo	Guerrero	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
44	El Molino	México	Media	Media	Media	Media	Media
45	El Moralillo	Veracruz	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
46	El Niágara	Aguascalientes	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
47	El Palote	Guanajuato	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
48	El Potosino	San Luis Potosí	Media	Media	Media	Media	Media
49	El Rejón	Chihuahua	Media	Media	Media	Media	Media
50	El Rodeo	Morelos	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
51	El Salto	Jalisco	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
52	El Tigre	Durango	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta

Evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de presas de generación de energía eléctrica o almacenamiento de agua. Recomendaciones.  
2020-2021

No	Nombre	Estado	Vulnerabilidad Actual	Vulnerabilidad Escenario CNRMC-M5	Vulnerabilidad Escenario GFDL-CM3	Vulnerabilidad Escenario HADGEM2-ES	Vulnerabilidad Escenario MPI-ESM-LR
53	El Tintero	Chihuahua	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
54	Emilio López Zamora	Baja California	Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
55	Endhó	Hidalgo	Media	Media	Media	Media	Media
56	Estudiante Ramiro Caballero Dorantes	Tamaulipas	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
57	Francisco I. Madero	Chihuahua	Alta	Alta	Muy Alta	Alta	Alta
58	Francisco José Trinidad Fabela	México	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
59	Francisco Villa	Durango	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
60	Francisco Zarco	Durango	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
61	Gobernador Leobardo Reynoso	Zacatecas	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
62	Gonzalo N. Santos	San Luis Potosí	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
63	Guaracha	Michoacán	Media	Media	Media	Media	Media
64	Gustavo Díaz Ordaz	Sinaloa	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
65	Huapango	México	Media	Media	Baja	Baja	Media
66	Hurtado	Jalisco	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
67	Ignacio Allende	Guanajuato	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta
68	Ignacio R. Alatorre	Sonora	Media	Media	Media	Media	Alta
69	Ignacio Ramírez	México	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
70	Independencia Nacional	Zacatecas	Media	Media	Alta	Media	Alta
71	Infiernillo	Michoacán	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
73	Ing. Aurelio Benassini Vizcaíno	Sinaloa	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
74	Ing. Benjamín Ortega Cantero	Durango	Media	Alta	Media	Alta	Media
75	Ing. Carlos Ramírez Ulloa	Guerrero	Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
76	Ing. Elías González Chávez	Jalisco	Media	Media	Media	Media	Media
77	Ing. Fernando Hiriart Balderrama	Hidalgo	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
78	Ing. Guillermo Blake Aguilar	Sinaloa	Baja	Media	Media	Baja	Media

Evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de presas de generación de energía eléctrica o almacenamiento de agua. Recomendaciones.  
2020-2021

No	Nombre	Estado	Vulnerabilidad Actual	Vulnerabilidad Escenario CNRMC-M5	Vulnerabilidad Escenario GFDL-CM3	Vulnerabilidad Escenario HADGEM2-ES	Vulnerabilidad Escenario MPI-ESM-LR
79	Ing. Guillermo Lugo Sanabria	Jalisco	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
80	Ing. Julián Adame Alatorre	Zacatecas	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Muy Alta
81	Ing. Luis L. León	Chihuahua	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
82	Ing. Rodolfo Félix Valdés	Sonora	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
83	Ing. Santiago Camarena	Jalisco	Media	Alta	Media	Alta	Alta
84	Internacional Falcón	Tamaulipas	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
85	Internacional La Amistad	Coahuila	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
86	Jalpan	Querétaro	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
87	Jaripo	Michoacán	Media	Media	Alta	Media	Media
88	Javier Rojo Gómez	Hidalgo	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
89	Jocoque	Aguascalientes	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
90	Josefa Ortiz de Domínguez	Sinaloa	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
91	José Antonio Alzate	México	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Alta
92	José López Portillo	Nuevo León	Media	Media	Media	Media	Media
93	José López Portillo	Sinaloa	Media	Media	Media	Media	Media
94	José María Morelos y Pavón	Michoacán	Media	Alta	Alta	Media	Media
95	José María Morelos	Zacatecas	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
96	Juan Guerrero Alcocer	Sinaloa	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
97	Juan Sabines	Chiapas	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
98	La Boquilla	Chihuahua	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
99	La Calera	Guerrero	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Alta
100	La Cangrejera	Veracruz	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
101	La Codorniz	Aguascalientes	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
102	La Colonia	Jalisco	Media	Media	Media	Media	Media
103	La Concepción	México	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
104	La Esperanza	Hidalgo	Media	Media	Media	Media	Media
105	La Fragua	Coahuila	Media	Media	Media	Media	Media

Evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de presas de generación de energía eléctrica o almacenamiento de agua. Recomendaciones.  
2020-2021

No	Nombre	Estado	Vulnerabilidad Actual	Vulnerabilidad Escenario CNRMC-M5	Vulnerabilidad Escenario GFDL-CM3	Vulnerabilidad Escenario HADGEM2-ES	Vulnerabilidad Escenario MPI-ESM-LR
106	La Golondrina	Guanajuato	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
107	La Laguna	Hidalgo	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Muy Alta
108	La Llave	Querétaro	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
109	La Muñeca	San Luis Potosí	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
110	La Purísima	Guanajuato	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
111	La Red	Jalisco	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
112	La Sauceda	Jalisco	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
113	La Soledad	Guanajuato	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
114	La Soledad	Puebla	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
115	La Venta	Querétaro	Media	Media	Media	Media	Media
116	Lago de Chapala	Jalisco	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta
117	Laguna de Amela	Colima	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
118	Laguna de Tuxpan	Guerrero	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
119	Laguna de Yuriria	Guanajuato	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
120	Laguna del Fresno	Michoacán	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
121	Las Auras	Baja California	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
122	Las Lajas	Chihuahua	Media	Media	Alta	Media	Media
123	Leonardo Rodríguez Alcaine	Nayarit	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Muy Alta
124	Lic. Emilio Portes Gil	Tamaulipas	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
125	Lic. Eustaquio Buelna	Sinaloa	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
126	Los Moraleños	Zacatecas	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
127	Los Naranjos	Durango	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Alta
128	Los Olivos	Michoacán	Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
129	Los Reyes	Hidalgo	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
130	Los Ángeles	Michoacán	Media	Media	Media	Media	Media
131	Luis Donald Colosio	Sinaloa	Alta	Alta	Alta	Alta	Muy Alta
132	Lázaro Cárdenas	Durango	Baja	Media	Baja	Media	Baja

Evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de presas de generación de energía eléctrica o almacenamiento de agua. Recomendaciones.  
2020-2021

No	Nombre	Estado	Vulnerabilidad Actual	Vulnerabilidad Escenario CNRMC-M5	Vulnerabilidad Escenario GFDL-CM3	Vulnerabilidad Escenario HADGEM2-ES	Vulnerabilidad Escenario MPI-ESM-LR
133	Lázaro Cárdenas	Sonora	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
134	Madín	México	Media	Media	Media	Media	Alta
135	Malpaís	Michoacán	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
136	Manuel Felgueres	Zacatecas	Media	Media	Media	Media	Media
137	Manuel M. Dieguez	Jalisco	Media	Alta	Alta	Media	Alta
138	Manuel Moreno Torres	Chiapas	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
139	Manuel Ávila Camacho	Puebla	Media	Media	Media	Media	Media
140	Mariano Abasolo	Guanajuato	Media	Media	Media	Media	Media
141	Marte Rodolfo Gómez	Tamaulipas	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Muy Alta
142	Media Luna	Aguascalientes	Media	Alta	Alta	Alta	Media
143	Melchor Ocampo	Michoacán	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Alta
144	Miguel Alemán	Zacatecas	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
145	Miguel Hidalgo	Sinaloa	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
146	Miguel de la Madrid Hurtado	Oaxaca	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
147	Necaxa	Puebla	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
148	Nexapa	Puebla	Media	Media	Media	Media	Media
149	Nezahualcóyotl	Chiapas	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
150	Palomas	Zacatecas	Media	Media	Media	Media	Media
151	Paso de Piedras	Veracruz	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
152	Pedro José Méndez	Tamaulipas	Baja	Baja	Media	Baja	Baja
153	Peña del Águila	Durango	Media	Media	Media	Media	Media
154	Peñuelitas	Guanajuato	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
155	Pico del Águila	Chihuahua	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
156	Piedras Azules	Chihuahua	Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
157	Plutarco Elías Calles	Aguascalientes	Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
158	Plutarco Elías Calles	Sonora	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
159	Presidente Alemán	Oaxaca	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta



Evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de presas de generación de energía eléctrica o almacenamiento de agua. Recomendaciones.  
2020-2021

No	Nombre	Estado	Vulnerabilidad Actual	Vulnerabilidad Escenario CNRMC-M5	Vulnerabilidad Escenario GFDL-CM3	Vulnerabilidad Escenario HADGEM2-ES	Vulnerabilidad Escenario MPI-ESM-LR
160	Presidente Benito Juárez	Oaxaca	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
161	Presidente Guadalupe Victoria	Durango	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
162	Pucuto	Michoacán	Media	Media	Media	Media	Media
164	Ramón Corona Madrigal General	Jalisco	Baja	Baja	Baja	Media	Media
165	Ramón López Velarde	Zacatecas	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
166	República Española	Tamaulipas	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
167	Requena	Hidalgo	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
168	Revolución Mexicana	Guerrero	Baja	Media	Media	Baja	Media
169	Rodrigo Gómez	Nuevo León	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
170	Sabaneta	Michoacán	Media	Media	Media	Media	Media
171	Salinillas	Nuevo León	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
172	San Andrés Tepetitlán	México	Alta	Alta	Muy Alta	Alta	Alta
173	San Gabriel	Durango	Media	Media	Media	Media	Media
174	San Ildefonso	Querétaro	Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
175	San José Atlanga	Tlaxcala	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
176	San José	San Luis Potosí	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
177	San Juanico	Michoacán	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
178	San Miguel	Coahuila	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
179	San Rafael	Nayarit	Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta
180	Sanalona	Sinaloa	Media	Media	Media	Baja	Media
181	Santa Elena	Durango	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
182	Santa Rosa	Zacatecas	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
183	Santiago Bayacora	Durango	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
184	Santiago	Zacatecas	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
185	Sierra de Guadalupe	México	Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Alta
186	Solidaridad	Jalisco	Media	Media	Media	Baja	Media

Evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de presas de generación de energía eléctrica o almacenamiento de agua. Recomendaciones.  
2020-2021

No	Nombre	Estado	Vulnerabilidad Actual	Vulnerabilidad Escenario CNRMC-M5	Vulnerabilidad Escenario GFDL-CM3	Vulnerabilidad Escenario HADGEM2-ES	Vulnerabilidad Escenario MPI-ESM-LR
187	Solís	Guanajuato	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
188	Tacotán	Jalisco	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
190	Taxhimay	México	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Alta
191	Tenango	Puebla	Baja	Media	Media	Media	Media
192	Tenasco	Jalisco	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
193	Tepuxtepec	Michoacán	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
194	Tercer Mundo	Michoacán	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
195	Urepetiro	Michoacán	Media	Media	Media	Media	Media
196	Valentín Gama	San Luis Potosí	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Muy Alta
197	Valerio Trujano	Guerrero	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
198	Valle de Bravo	México	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Muy Alta
199	Venustiano Carranza	Coahuila	Media	Media	Media	Media	Media
200	Vicente Aguirre	Hidalgo	Baja	Media	Media	Baja	Baja
201	Vicente C. Villaseñor	Jalisco	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
202	Vicente Guerrero	Guerrero	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
203	Vicente Guerrero	Tamaulipas	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
204	Villa Hidalgo	Durango	Media	Media	Media	Media	Media
205	Villa Victoria	México	Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta	Muy Alta
206	Yosocuta	Oaxaca	Media	Media	Media	Media	Media
207	Zicuirán	Michoacán	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
208	Álvaro Obregón	Sonora	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
209	Ángel Albino Corzo	Chiapas	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
210	Ñadó	México	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja

Fuente: Elaboración propia.

## 2.2. Recomendaciones

De acuerdo a la definición establecida en la Ley General de Cambio Climático (LGCC), publicada el 6 de junio de 2012 y con última reforma el 13 de julio de 2018 (LGCC, 2012), las medidas de adaptación son aquellas enfocadas a reducir la vulnerabilidad, aumentar la resiliencia de los sistemas ambientales, sociales y productivos, así como fortalecer las capacidades de adaptación de diferentes sectores de la sociedad.

En este sentido, las recomendaciones se basan en las variables de capacidad adaptativa (Figura 4), y se efectúan cuando la evaluación obtenida para la unidad de agregación de análisis territorial (cuenca de aporte de la presa) arroja un puntaje menor al valor promedio de todas cuencas.

**Recomendaciones para el fortalecimiento de la capacidad adaptativa de la infraestructura de presas ante estrés hídrico:**

### Criterio 1. Instrumentos para la gestión del riesgo

#### Variable 1.1. Atlas de Riesgo Municipal

**Recomendación 1.** Incluir en el Atlas de Riesgo Municipal donde se localiza el embalse, el análisis de riesgo asociado a sequía para las presas

**Recomendación 2.** Promover sistemas de alerta temprana ante la posible presencia de sequías que pongan en riesgo el agua almacenada en el embalse.

### Criterio 2. Protección y restauración de infraestructura

#### Variable 2.1. Frecuencia de la asignación de recursos de programas de mejoramiento y mantenimiento a la infraestructura de presas

**Recomendación 3.** Crear incentivos para que los gobiernos estatales y locales y el sector privado inviertan en mantenimiento y mejoren la eficiencia y el rendimiento de la infraestructura de distribución y uso del agua.

**Recomendación 4.** Realizar mantenimiento operativo y estructural de las presas de manera periódica.

### Criterio 3. Protección y restauración de ecosistemas

#### Variable 3.1. Superficie incorporada al programa Pago por Servicios Ambientales

**Recomendación 5.** Incrementar la superficie de áreas de vegetación en la cuenca de aporte registradas en el programa de Pago por Servicios Ambientales

**Recomendación 6.** Promover el programa de Pago por Servicios Ambientales difundiendo los beneficios ambientales y sociales que se establecen en los lineamientos del programa.

#### **Variable 3.2. Superficie de Áreas Naturales Protegidas**

**Recomendación 7.** Promover la conservación de la vegetación natural cuenca arriba y cuenca abajo del embalse.

**Recomendación 8.** Promover la conservación natural identificando zonas de conservación que puedan ser Áreas Naturales Protegida

### **Criterio 4. Gobernanza del agua**

#### **Variable 4.1. Gestión de los recursos hídricos**

**Recomendación 9.** Promover el manejo de recursos hidráulicos integrados.

**Recomendación 10.** Identificar o conformar grupos de trabajo como los Comités o Consejos de Cuenca para la gestión ante los eventos de sequía.

**Recomendación 11.** Fomentar la colaboración intermunicipal para la conservación de las partes altas de la cuenca.

**Recomendación 12.** Implementar medidas de captación y conservación del agua como medios para promover el uso adecuado del recurso hídrico en las actividades agrícolas, tanto para las áreas de temporal como para los distritos de riego.

**Recomendación 13.** Desarrollar programas de acción ante una disminución drástica del agua almacenada en el embalse de la presa derivada de eventos climáticos severos, tanto para el sector gubernamental como para la sociedad civil, de tal forma que se establezcan sistemas de comunicación, planes de recuperación económica, ambiental y social.

### **Criterio 5. Sistemas de alertamiento y medición**

#### **Variable 5.1 Densidad de estaciones climáticas e hidrométricas dentro de la cuenca de aporte**

**Recomendación 14.** Incrementar el número de estaciones climáticas e hidrométricas para incentivar el monitoreo de variables climáticas.

**Recomendación 15.** Dar mantenimiento a las estaciones climáticas e hidrométricas para mejorar la calidad de los datos disponibles.

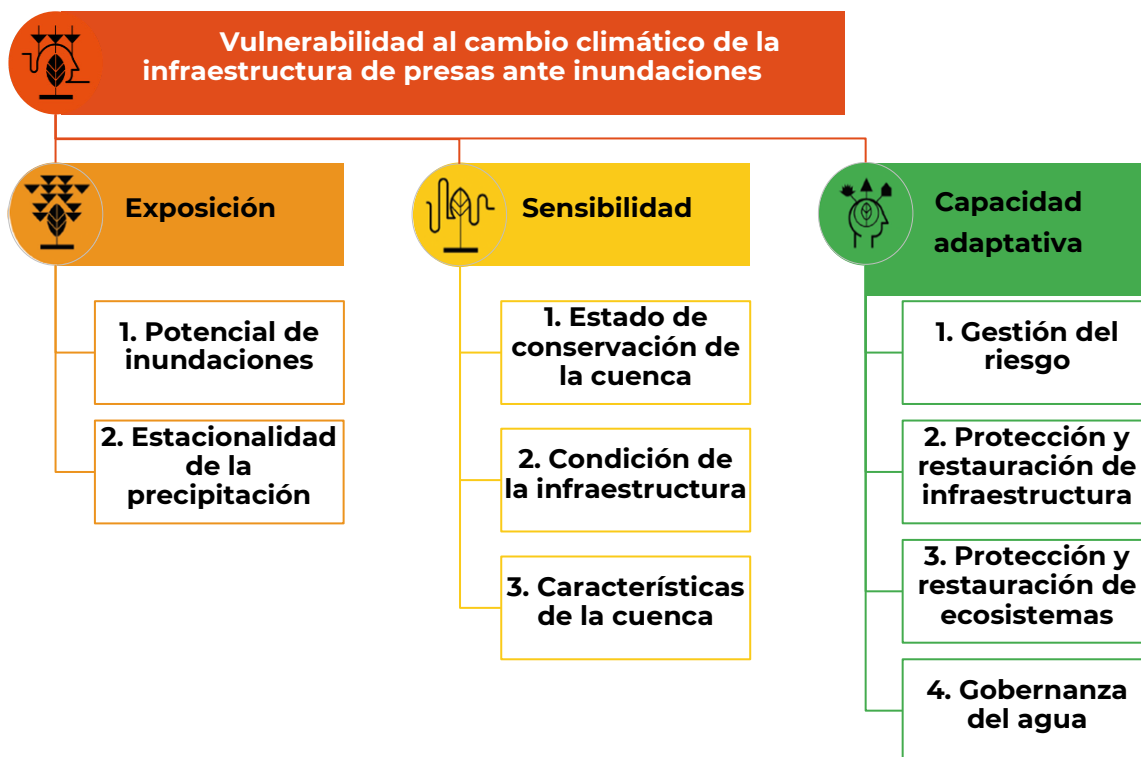
### 3. VULNERABILIDAD AL CAMBIO CLIMÁTICO DE LA INFRAESTRUCTURA DE PRESAS ANTE INUNDACIONES

#### 3.1. Evaluación de la vulnerabilidad y resultados

Las inundaciones ocurren sobre el territorio de forma inherente, de acuerdo con sus características; no obstante, los asentamientos humanos o las actividades antropogénicas, al ubicarse en zonas donde las inundaciones ocurren, pueden presentar daños y pérdidas (Rodríguez-Vázquez, 2012).

En algunos casos, las presas sirven como reguladores de los escurrimientos y avenidas extraordinarias, ya que disminuyen los gastos máximos; sin embargo, cuando los embalses rebasan su capacidad y las obras destinadas para su protección son insuficientes, se pueden presentar fallas en la infraestructura y generar una inundación (CENAPRED, 2019). Por ejemplo, en el año de 1973, la falla de la presa El Conejo (Guanajuato) y algunas otras represas pequeñas provocaron una inundación en la zona del Bajío; en el año 2003, la falta de mantenimiento, debido a la conclusión de la vida útil de la infraestructura, propició la falla de la presa Dolores en San Luis Potosí y la presa El Capulín en Zacatecas (CENAPRED, 2019).

El CENAPRED (2019) menciona que en el caso del desbordamiento de presas, particularmente las que están construidas de materiales sueltos (tierra y roca), los daños provocados serían mayores a los ocasionados sin la existencia del represamiento, debido al volumen de agua almacenado en el embalse que al ser descargado de manera súbita generaría grandes fuerzas de arrastre y superaría la capacidad del cauce (CENAPRED, 2019); por tanto, es importante evaluar la vulnerabilidad de las presas ante una inundación derivada por falla.



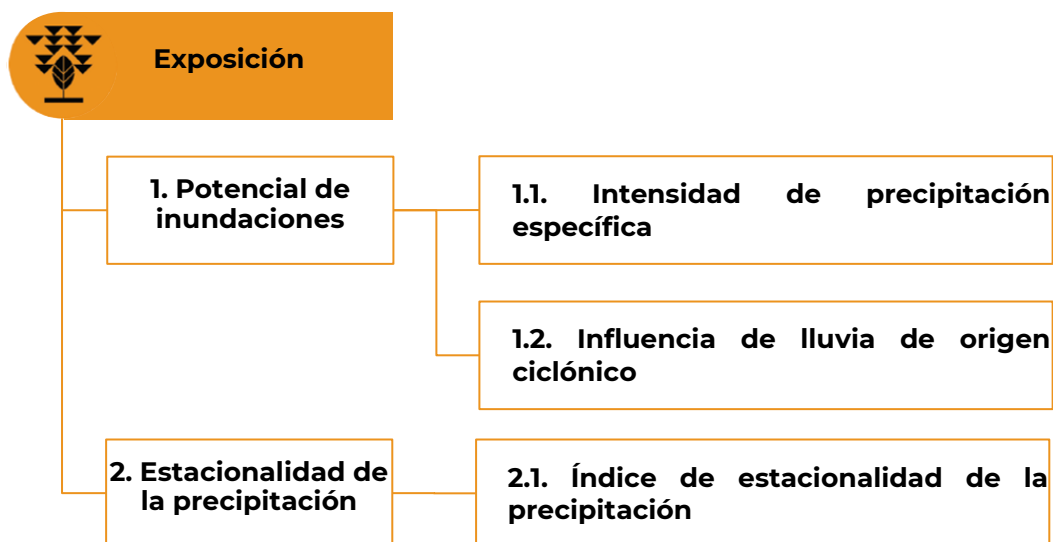
**Figura 8. Criterios de evaluación de la vulnerabilidad al cambio climático de la infraestructura de presas ante inundaciones**

Fuente: Elaboración propia, formato tomado de INECC (2019).

Se definieron nueve criterios para evaluar la vulnerabilidad de la infraestructura de presas ante inundaciones; de los cuales, dos corresponden al componente de exposición, tres al componente de sensibilidad y cuatro al componente de capacidad adaptativa (Figura 8).

En el caso de la amenaza climática de incremento de precipitación, que podría derivar en inundaciones, se definieron dos criterios de evaluación de exposición; uno vinculado al potencial del territorio a inundaciones y otro a la distribución de la precipitación en el año. A su vez, los indicadores que corresponden al potencial de inundaciones son la intensidad de precipitación específica y la influencia de la lluvia de origen ciclónico. Así, el componente de exposición está constituido por tres indicadores, como se muestra en la Figura 9.

Específicamente para el escenario base, se observa que la mayor exposición se concentra en el sur del país, en las costas del Pacífico, en los estados de Michoacán y Guerrero, así como en Nayarit y Jalisco. En los escenarios futuros, se observan las mismas tendencias, exacerbándose hacia el noreste y suroeste del país.



**Figura 9. Criterios de evaluación de la exposición al cambio climático de la infraestructura de presas ante inundaciones**

Fuente: Elaboración propia, formato tomado de INECC (2019).

En el caso de la sensibilidad al cambio climático de la infraestructura de presas ante inundaciones, se definieron tres criterios de evaluación vinculados al comportamiento hidrológico de la cuenca de aporte, a la susceptibilidad de la infraestructura ante un desbordamiento por lluvias y a la presión sobre el recurso hídrico. El primer criterio está referido al estado de la conservación de la cuenca y se constituye por dos indicadores; el segundo responde a la condición física de la estructura de la presa (cortina) y lo integran dos indicadores; en tanto que el tercero, se asocia a la presión sobre el recurso hídrico y está compuesto por tres indicadores; tal como se observa en la Figura 10.

Los resultados del componente de sensibilidad indican que la mayor sensibilidad de las presas se presente en el noreste, en el municipio de Sonora; mientras que la menor sensibilidad se presenta en el norte y suroeste, en los estados de Coahuila, Guerrero y Oaxaca.



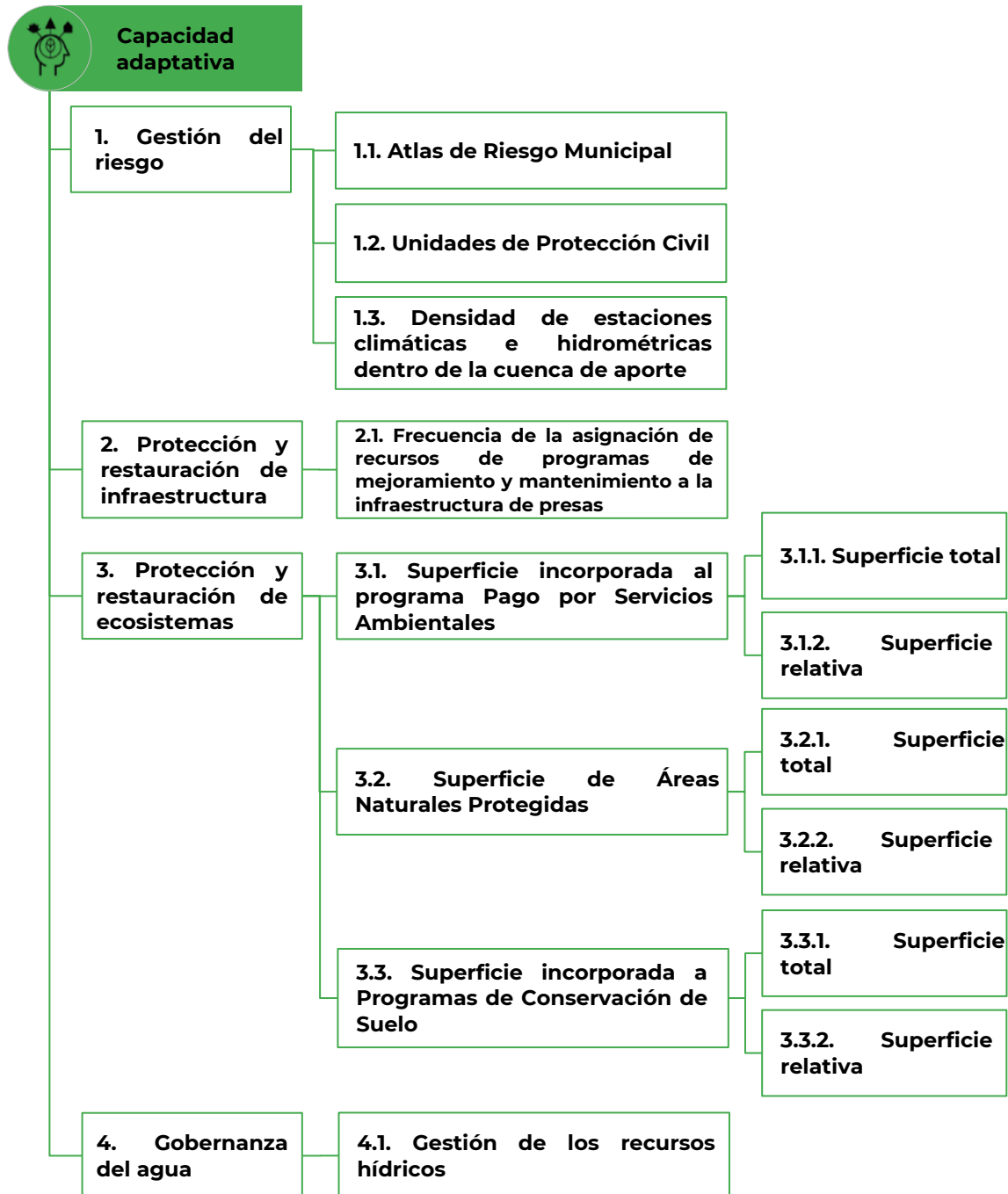


**Figura 10. Criterios de evaluación de la sensibilidad al cambio climático de la infraestructura de presas ante inundaciones**

Fuente: Elaboración propia, formato tomado de INECC (2019).

Para evaluar la capacidad adaptativa al cambio climático de la infraestructura de presas ante inundaciones, se identificaron seis criterios de evaluación y once indicadores vinculados a gestión y planeación, así como de monitoreo y operación de las presas. En la Figura 11 se presenta el desglose de los criterios definidos.

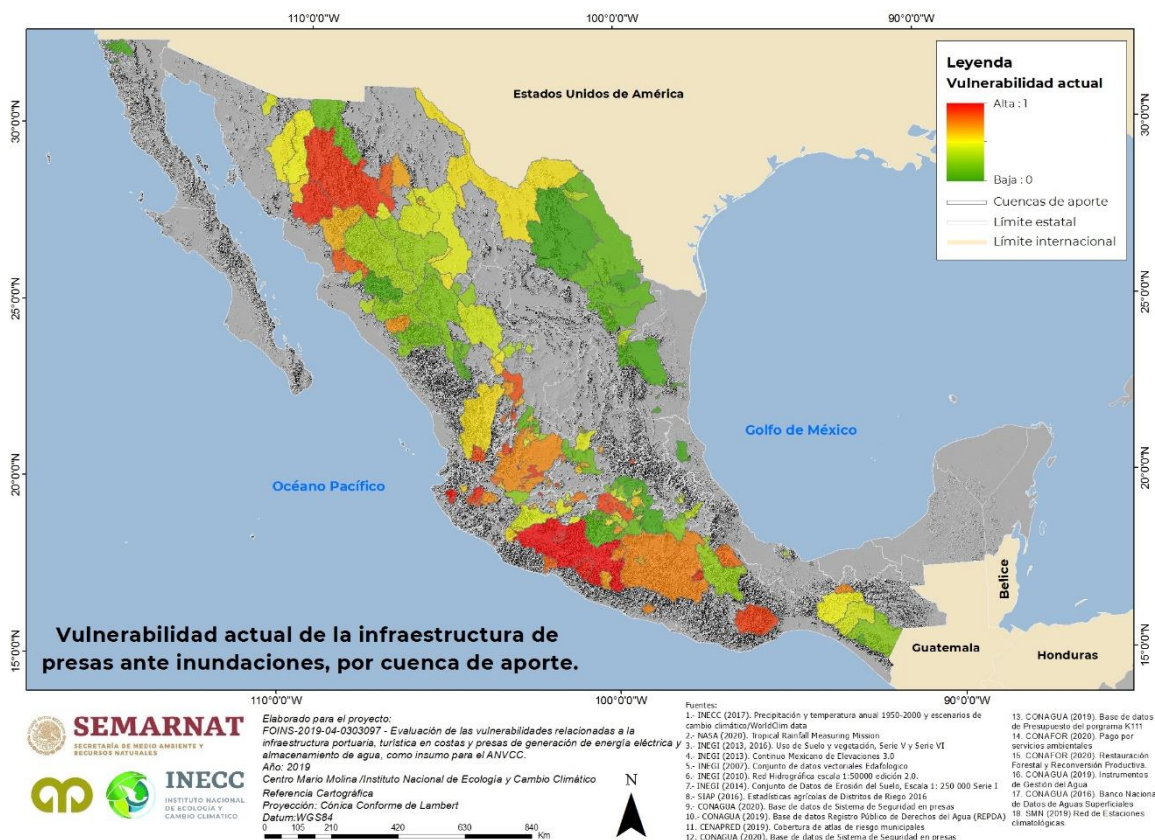
Los resultados del componente de capacidad adaptativa indican que la menor capacidad adaptativa de las presas se presenta al norte del país, mientras que se observa una tendencia de una buena capacidad adaptativa en la mayoría de las presas distribuidas en todo el país.



**Figura 11. Criterios de evaluación de la capacidad adaptativa al cambio climático de la infraestructura de presas ante inundaciones**

Fuente: Elaboración propia, formato tomado de INECC (2019).

La integración de los diferentes componentes de vulnerabilidad (exposición, sensibilidad y capacidad adaptativa), permite concluir que la mayor vulnerabilidad al cambio climático de las presas ante inundaciones se presenta en los estados de Michoacán, Sonora, Guerrero y la zona del Bajío; mientras que la menor vulnerabilidad se presenta en el norte del país, en los estados de Coahuila y Nuevo León (Figura 12).

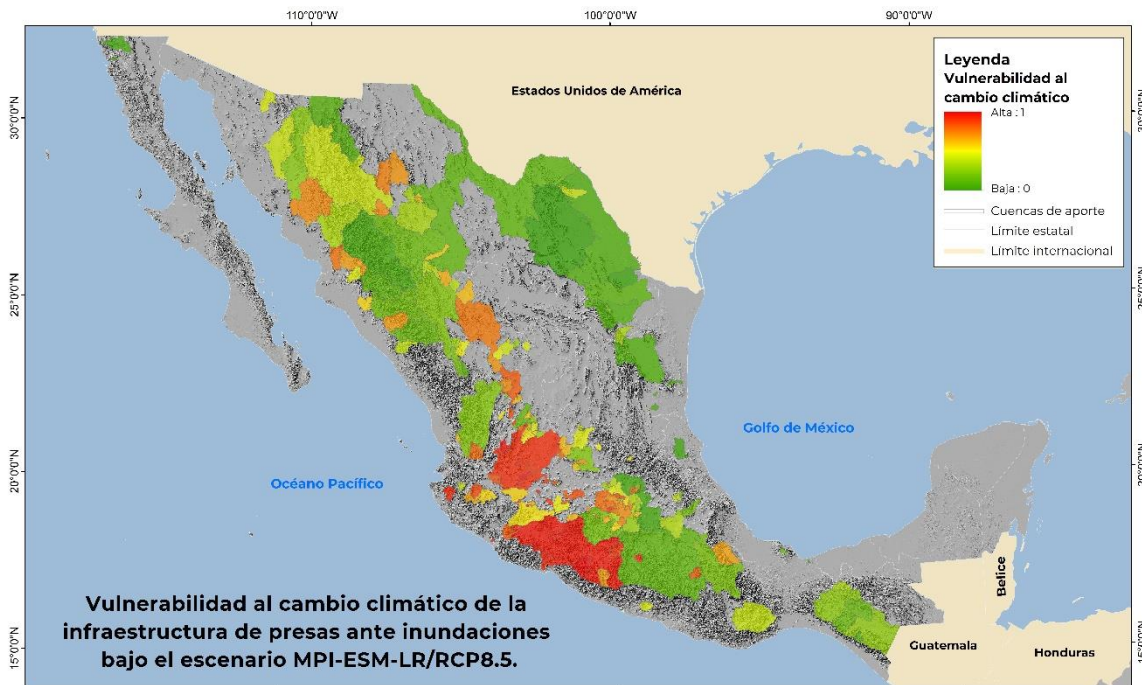


**Figura 12. Vulnerabilidad actual al cambio climático de la infraestructura de presas ante inundaciones**

Fuente: Elaboración propia.

Las vulnerabilidades futuras al cambio climático de la infraestructura de presas ante inundaciones indican una tendencia similar a la vulnerabilidad actual, y se presentan en los mapas de la Figura 13.

# Evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de presas de generación de energía eléctrica o almacenamiento de agua. Recomendaciones. 2020-2021



**SEMARNAT**  
 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y  
 RECURSOS NATURALES

**INECC**  
 INSTITUTO NACIONAL  
 DE ECOLOGÍA Y  
 CAMBIO CLIMÁTICO

Elaborado para el proyecto:  
 FOINS-2019-04-0303097 - Evaluación de las vulnerabilidades relacionadas a la  
 infraestructura portuaria, turística en costas y presas de generación de energía eléctrica y  
 almacenamiento de agua, como insumo para el ANVCC.

Año: 2020

Centro Mario Molina / Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Referencia Cartográfica

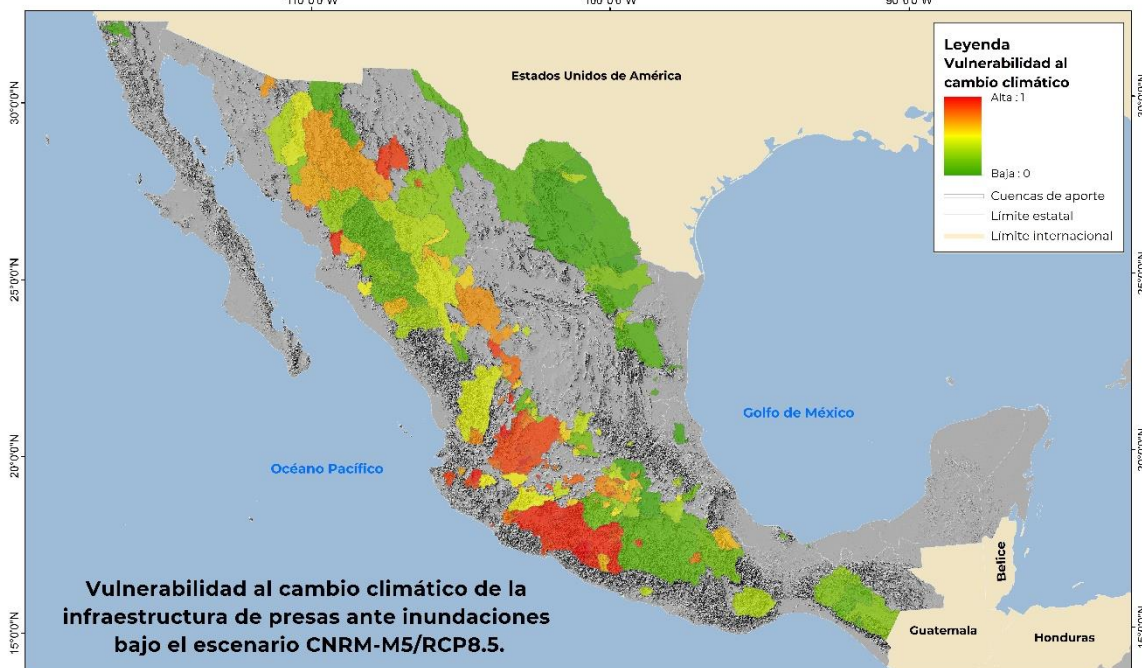
Proyección: Cónica Conforme de Lambert

Datum: WGS84

0 100 200 400 600 800 Km

Fuente:  
 1. CONAPRED (2020). Atlas Municipal de Riesgo  
 2. CONAFOR (2020). Programa Apoyos para el Desarrollo Forestal  
 Sustentable 2020. Áreas objetivas. Componente III.  
 3. CONAGUA (2016). Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales  
 4. CONAGUA (2019). Instrumentos de Gestión del Agua  
 5. CONAGUA (2020). Presupuesto del Programa R-1.1  
 6. CONAGUA (2012). Sistema de Seguridad de Presas  
 7. CONAGUA (2020). Información Estadística Climatológica  
 8. CONAFOR (2019a). Anexo Técnico Componente III.  
 Restauración Forestal y Reconversión Productiva.

9. CONANP (2020). Áreas Naturales Protegidas  
 10. INEGI (2010). Metodología  
 11. INEGI (2013, 2016). Uso de Suelo y vegetación.  
 Serie V y Serie VI  
 12. INEGI (2013a). Continuo de Elevaciones Mexicanas 3.0  
 13. INEGI (2014). Conjunto de Datos de Erosión del Suelo  
 14. NASA (2020). Imágenes de Satélite, Tropical Rainfall  
 Measuring Mission  
 15. NOAA (2018). Historical Hurricane Tracks  
 16. SMN (2019) Red de Estaciones climatológicas.



**SEMARNAT**  
 SECRETARÍA DE MEDIO AMBIENTE Y  
 RECURSOS NATURALES

**INECC**  
 INSTITUTO NACIONAL  
 DE ECOLOGÍA Y  
 CAMBIO CLIMÁTICO

Elaborado para el proyecto:  
 FOINS-2019-04-0303097 - Evaluación de las vulnerabilidades relacionadas a la  
 infraestructura portuaria, turística en costas y presas de generación de energía eléctrica y  
 almacenamiento de agua, como insumo para el ANVCC.

Año: 2020

Centro Mario Molina / Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático

Referencia Cartográfica

Proyección: Cónica Conforme de Lambert

Datum: WGS84

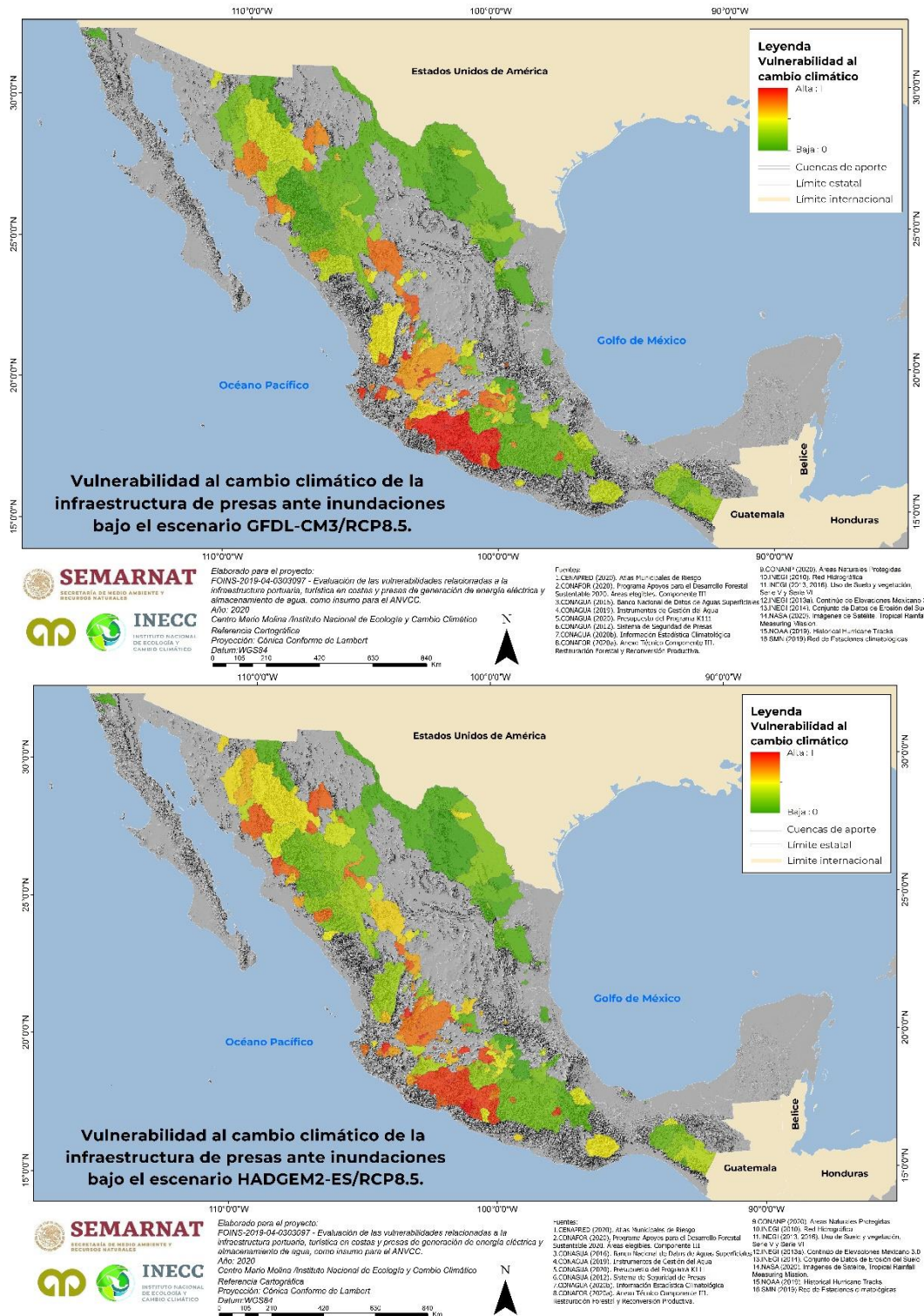
0 100 200 400 600 800 Km

Fuente:  
 1. CONAPRED (2020). Atlas Municipal de Riesgo  
 2. CONAFOR (2020). Programa Apoyos para el Desarrollo Forestal  
 Sustentable 2020. Áreas objetivas. Componente III.  
 3. CONAGUA (2016). Banco Nacional de Datos de Aguas Superficiales  
 4. CONAGUA (2019). Instrumentos de Gestión del Agua  
 5. CONAGUA (2020). Presupuesto del Programa R-1.1  
 6. CONAGUA (2012). Sistema de Seguridad de Presas  
 7. CONAGUA (2020). Información Estadística Climatológica  
 8. CONAFOR (2019a). Anexo Técnico Componente III.  
 Restauración Forestal y Reconversión Productiva.

9. CONANP (2020). Áreas Naturales Protegidas  
 10. INEGI (2010). Metodología  
 11. INEGI (2013, 2016). Uso de Suelo y vegetación.  
 Serie V y Serie VI  
 12. INEGI (2013a). Continuo de Elevaciones Mexicanas 3.0  
 13. INEGI (2014). Conjunto de Datos de Erosión del Suelo  
 14. NASA (2020). Imágenes de Satélite, Tropical Rainfall  
 Measuring Mission  
 15. NOAA (2018). Historical Hurricane Tracks  
 16. SMN (2019) Red de Estaciones climatológicas.



# Evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de presas de generación de energía eléctrica o almacenamiento de agua. Recomendaciones. 2020-2021



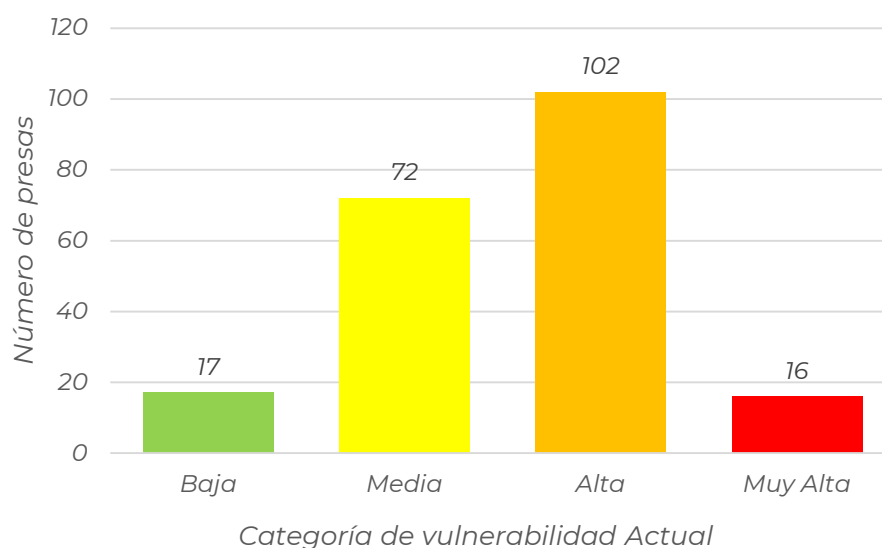
A partir de los valores de vulnerabilidad actual y futura obtenidos y normalizados en el rango de 0 a 1, se definieron cuatro categorías de vulnerabilidad mediante una clasificación de intervalos iguales que se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3. Clasificación de categorías cualitativas y cuantitativas de la vulnerabilidad al cambio climático de la infraestructura de presas ante inundaciones**

Rango de valores	Categoría de vulnerabilidad
0 - 0.25	Baja
0.25 - 0.50	Media
0.50 - 0.75	Alta
> 0.75	Muy alta

Fuente: Elaboración propia.

La distribución de las presas en las categorías de vulnerabilidad tiene mayor frecuencia en la categoría “Muy alta” (16 presas, 8%), seguida de las presas que se ubican en la categoría “Alta” (102 presas, 49%), que en conjunto representan el 57% del total de presas; en tanto que la categoría “Media” representa el 35% (72 presas) y la categoría “Baja” aplica para el 8% (17 presas), tal como se muestra en la Figura 14.



**Figura 14. Distribución de las presas por categoría de vulnerabilidad actual al cambio climático ante inundaciones**

Elaboración propia, formato tomado de INECC (2019).

La Tabla 4 detalla la distribución de las presas por su nivel de vulnerabilidad actual y futura al cambio climático ante inundaciones.

Tabla 4. Vulnerabilidad actual y futura al cambio climático de la infraestructura de presas ante inundaciones

No	Nombre	Estado	Vulnerabilidad Actual	Vulnerabilidad Escenario CNRMC-M5	Vulnerabilidad Escenario GFDL-CM3	Vulnerabilidad Escenario HADGEM2-ES	Vulnerabilidad Escenario MPI-ESM-LR
1	Abelardo L. Rodríguez	Aguascalientes	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
2	Abelardo L. Rodríguez	Baja California	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
3	Abelardo Rodríguez Luján	Sonora	Alta	Alta	Media	Alta	Alta
4	Abraham González	Chihuahua	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
5	Achimec	Jalisco	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Alta
6	Adolfo López Mateos	Sinaloa	Media	Media	Media	Media	Media
7	Adolfo Ruíz Cortines	Sonora	Media	Media	Media	Media	Media
8	Agostitlán	Michoacán	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
9	Agua Caliente	Sonora	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Alta
10	Aguamilpa Solidaridad	Nayarit	Media	Alta	Alta	Media	Media
11	Andrés Figueroa	Guerrero	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
12	Aristeo Mercado	Michoacán	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
13	Basilio Vadillo	Jalisco	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
14	Caboraca	Durango	Media	Alta	Alta	Media	Media
15	Cajón de Peña	Jalisco	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
16	Canseco	Veracruz	Media	Media	Media	Media	Media
17	Cañada del Lobo	San Luis Potosí	Media	Media	Media	Media	Media
18	Chihuahua	Chihuahua	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
19	Chila	Jalisco	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
20	Cincuenta Aniversario	Aguascalientes	Media	Media	Media	Media	Media
21	Constitución de 1917	Querétaro	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
22	Constitución de Apatzingán	Jalisco	Media	Alta	Alta	Media	Alta
23	Copándaro	Michoacán	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
24	Corrinchis	Jalisco	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
25	Coíntzio	Michoacán	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta



Evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de presas de generación de energía eléctrica o almacenamiento de agua. Recomendaciones.  
2020-2021

No	Nombre	Estado	Vulnerabilidad Actual	Vulnerabilidad Escenario CNRMC-M5	Vulnerabilidad Escenario GFDL-CM3	Vulnerabilidad Escenario HADGEM2-ES	Vulnerabilidad Escenario MPI-ESM-LR
26	Cuauhtémoc	Sonora	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
27	Cuchillo Solidaridad	Nuevo León	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
28	Cuquío	Jalisco	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
29	Danxhó	México	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
30	De Gonzalo	Michoacán	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Muy Alta
31	Derivadora Las Blancas	Tamaulipas	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
32	Derivadora Pabellón	Aguascalientes	Media	Media	Media	Media	Media
33	Doctor Belisario Domínguez	Chiapas	Media	Media	Media	Media	Media
34	El Batán	Querétaro	Media	Media	Media	Media	Media
35	El Bosque	Michoacán	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
36	El Carrizo	Baja California	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
37	El Cazadero	Zacatecas	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
38	El Centenario	Coahuila	Media	Media	Media	Media	Media
39	El Centenario	Querétaro	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
40	El Chique	Zacatecas	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Alta
41	El Cuarenta	Jalisco	Media	Alta	Alta	Media	Alta
42	El Estribón	Jalisco	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Muy Alta
43	El Gallo	Guerrero	Media	Media	Media	Media	Media
44	El Molino	México	Media	Alta	Alta	Media	Alta
45	El Moralillo	Veracruz	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
46	El Niágara	Aguascalientes	Media	Media	Media	Media	Media
47	El Palote	Guanajuato	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
48	El Potosino	San Luis Potosí	Media	Media	Media	Media	Media
49	El Rejón	Chihuahua	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
50	El Rodeo	Morelos	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
51	El Salto	Jalisco	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
52	El Tigre	Durango	Alta	Alta	Alta	Media	Alta

Evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de presas de generación de energía eléctrica o almacenamiento de agua. Recomendaciones.  
2020-2021

No	Nombre	Estado	Vulnerabilidad Actual	Vulnerabilidad Escenario CNRMC-M5	Vulnerabilidad Escenario GFDL-CM3	Vulnerabilidad Escenario HADGEM2-ES	Vulnerabilidad Escenario MPI-ESM-LR
53	El Tintero	Chihuahua	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Alta
54	Emilio López Zamora	Baja California	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
55	Endhó	Hidalgo	Media	Alta	Alta	Media	Media
56	Estudiante Ramiro Caballero Dorantes	Tamaulipas	Baja	Baja	Media	Baja	Baja
57	Francisco I. Madero	Chihuahua	Media	Media	Media	Media	Media
58	Francisco José Trinidad Fabela	México	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
59	Francisco Villa	Durango	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Alta
60	Francisco Zarco	Durango	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
61	Gobernador Leobardo Reynoso	Zacatecas	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
62	Gonzalo N. Santos	San Luis Potosí	Media	Media	Media	Media	Media
63	Guaracha	Michoacán	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
64	Gustavo Díaz Ordaz	Sinaloa	Media	Media	Media	Media	Media
65	Huapango	México	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
66	Hurtado	Jalisco	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
67	Ignacio Allende	Guanajuato	Media	Media	Media	Media	Media
68	Ignacio R. Alatorre	Sonora	Media	Media	Media	Media	Media
69	Ignacio Ramírez	México	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
70	Independencia Nacional	Zacatecas	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
71	Infiernillo	Michoacán	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
73	Ing. Aurelio Benassini Vizcaíno	Sinaloa	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
74	Ing. Benjamín Ortega Cantero	Durango	Media	Alta	Media	Media	Alta
75	Ing. Carlos Ramírez Ulloa	Guerrero	Media	Media	Media	Media	Media
76	Ing. Elías González Chávez	Jalisco	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
77	Ing. Fernando Hiriart Balderrama	Hidalgo	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
78	Ing. Guillermo Blake Aguilar	Sinaloa	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
79	Ing. Guillermo Lugo Sanabria	Jalisco	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
80	Ing. Julián Adame Alatorre	Zacatecas	Media	Media	Media	Media	Media

Evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de presas de generación de energía eléctrica o almacenamiento de agua. Recomendaciones.  
2020-2021

No	Nombre	Estado	Vulnerabilidad Actual	Vulnerabilidad Escenario CNRMC-M5	Vulnerabilidad Escenario GFDL-CM3	Vulnerabilidad Escenario HADGEM2-ES	Vulnerabilidad Escenario MPI-ESM-LR
81	Ing. Luis L. León	Chihuahua	Media	Media	Media	Media	Media
82	Ing. Rodolfo Félix Valdés	Sonora	Media	Alta	Media	Alta	Media
83	Ing. Santiago Camarena	Jalisco	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
84	Internacional Falcón	Tamaulipas	Baja	Baja	Media	Media	Baja
85	Internacional La Amistad	Coahuila	Media	Media	Media	Baja	Media
86	Jalpan	Querétaro	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
87	Jaripo	Michoacán	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
88	Javier Rojo Gómez	Hidalgo	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
89	Jocoque	Aguascalientes	Media	Media	Media	Media	Media
90	Josefa Ortiz de Domínguez	Sinaloa	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Alta
91	José Antonio Alzate	México	Media	Media	Media	Media	Media
92	José López Portillo	Nuevo León	Media	Media	Media	Media	Media
93	José López Portillo	Sinaloa	Media	Alta	Alta	Media	Media
94	José María Morelos y Pavón	Michoacán	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
95	José María Morelos	Zacatecas	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
96	Juan Guerrero Alcocer	Sinaloa	Media	Alta	Media	Media	Media
97	Juan Sabines	Chiapas	Media	Media	Media	Media	Media
98	La Boquilla	Chihuahua	Media	Alta	Media	Media	Media
99	La Calera	Guerrero	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
100	La Cangrejera	Veracruz	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
101	La Codorniz	Aguascalientes	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
102	La Colonia	Jalisco	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
103	La Concepción	México	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
104	La Esperanza	Hidalgo	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
105	La Fragua	Coahuila	Media	Alta	Alta	Alta	Alta
106	La Golondrina	Guanajuato	Media	Alta	Media	Media	Alta
107	La Laguna	Hidalgo	Media	Media	Media	Media	Media

Evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de presas de generación de energía eléctrica o almacenamiento de agua. Recomendaciones.  
2020-2021

No	Nombre	Estado	Vulnerabilidad Actual	Vulnerabilidad Escenario CNRMC-M5	Vulnerabilidad Escenario GFDL-CM3	Vulnerabilidad Escenario HADGEM2-ES	Vulnerabilidad Escenario MPI-ESM-LR
108	La Llave	Querétaro	Media	Media	Media	Media	Media
109	La Muñeca	San Luis Potosí	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
110	La Purísima	Guanajuato	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
111	La Red	Jalisco	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
112	La Saucedá	Jalisco	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
113	La Soledad	Guanajuato	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
114	La Soledad	Puebla	Media	Media	Media	Media	Media
115	La Venta	Querétaro	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
116	Lago de Chapala	Jalisco	Media	Alta	Alta	Media	Alta
117	Laguna de Amela	Colima	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
118	Laguna de Tuxpan	Guerrero	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
119	Laguna de Yuriria	Guanajuato	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
120	Laguna del Fresno	Michoacán	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
121	Las Auras	Baja California	Baja	Baja	Media	Baja	Baja
122	Las Lajas	Chihuahua	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Alta
123	Leonardo Rodríguez Alcaine	Nayarit	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
124	Lic. Emilio Portes Gil	Tamaulipas	Media	Media	Media	Media	Media
125	Lic. Eustaquio Buelna	Sinaloa	Alta	Alta	Media	Alta	Alta
126	Los Moraleños	Zacatecas	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
127	Los Naranjos	Durango	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
128	Los Olivos	Michoacán	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
129	Los Reyes	Hidalgo	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
130	Los Ángeles	Michoacán	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
131	Luis Donald Colosio	Sinaloa	Baja	Media	Baja	Media	Baja
132	Lázaro Cárdenas	Durango	Media	Alta	Media	Media	Media
133	Lázaro Cárdenas	Sonora	Media	Media	Media	Media	Media
134	Madín	México	Media	Media	Media	Baja	Media

Evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de presas de generación de energía eléctrica o almacenamiento de agua. Recomendaciones.  
2020-2021

No	Nombre	Estado	Vulnerabilidad Actual	Vulnerabilidad Escenario CNRMC-M5	Vulnerabilidad Escenario GFDL-CM3	Vulnerabilidad Escenario HADGEM2-ES	Vulnerabilidad Escenario MPI-ESM-LR
135	Malpaís	Michoacán	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
136	Manuel Felgueres	Zacatecas	Media	Media	Media	Media	Media
137	Manuel M. Dieguez	Jalisco	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Muy Alta
138	Manuel Moreno Torres	Chiapas	Media	Media	Media	Media	Media
139	Manuel Ávila Camacho	Puebla	Media	Media	Media	Media	Media
140	Mariano Abasolo	Guanajuato	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
141	Marte Rodolfo Gómez	Tamaulipas	Media	Media	Media	Media	Media
142	Media Luna	Aguascalientes	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
143	Melchor Ocampo	Michoacán	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
144	Miguel Alemán	Zacatecas	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
145	Miguel Hidalgo	Sinaloa	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
146	Miguel de la Madrid Hurtado	Oaxaca	Media	Media	Media	Media	Media
147	Necaxa	Puebla	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
148	Nexapa	Puebla	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
149	Nezahualcóyotl	Chiapas	Media	Media	Media	Media	Media
150	Palomas	Zacatecas	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
151	Paso de Piedras	Veracruz	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
152	Pedro José Méndez	Tamaulipas	Media	Media	Media	Media	Media
153	Peña del Águila	Durango	Media	Alta	Alta	Media	Alta
154	Peñuelitas	Guanajuato	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
155	Pico del Águila	Chihuahua	Media	Alta	Media	Alta	Alta
156	Piedras Azules	Chihuahua	Media	Alta	Media	Alta	Alta
157	Plutarco Elías Calles	Aguascalientes	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
158	Plutarco Elías Calles	Sonora	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
159	Presidente Alemán	Oaxaca	Media	Alta	Media	Media	Alta
160	Presidente Benito Juárez	Oaxaca	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
161	Presidente Guadalupe Victoria	Durango	Media	Media	Media	Media	Media

Evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de presas de generación de energía eléctrica o almacenamiento de agua. Recomendaciones.  
2020-2021

No	Nombre	Estado	Vulnerabilidad Actual	Vulnerabilidad Escenario CNRMC-M5	Vulnerabilidad Escenario GFDL-CM3	Vulnerabilidad Escenario HADGEM2-ES	Vulnerabilidad Escenario MPI-ESM-LR
162	Pucuat	Michoacán	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
164	Ramón Corona Madrigal General	Jalisco	Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Alta
165	Ramón López Velarde	Zacatecas	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
166	República Española	Tamaulipas	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
167	Requena	Hidalgo	Media	Media	Media	Media	Media
168	Revolución Mexicana	Guerrero	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
169	Rodrigo Gómez	Nuevo León	Media	Media	Media	Media	Media
170	Sabaneta	Michoacán	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
171	Salinillas	Nuevo León	Baja	Baja	Media	Media	Baja
172	San Andrés Tepetitlán	México	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
173	San Gabriel	Durango	Media	Alta	Media	Alta	Media
174	San Ildefonso	Querétaro	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
175	San José Atlanga	Tlaxcala	Media	Alta	Media	Media	Media
176	San José	San Luis Potosí	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
177	San Juanico	Michoacán	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
178	San Miguel	Coahuila	Media	Media	Media	Media	Media
179	San Rafael	Nayarit	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
180	Sanalona	Sinaloa	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
181	Santa Elena	Durango	Media	Alta	Media	Media	Media
182	Santa Rosa	Zacatecas	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
183	Santiago Bayacora	Durango	Media	Media	Media	Media	Media
184	Santiago	Zacatecas	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
185	Sierra de Guadalupe	México	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
186	Solidaridad	Jalisco	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
187	Solís	Guanajuato	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
188	Tacotán	Jalisco	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Alta
190	Taxhimay	México	Media	Alta	Alta	Media	Alta

Evaluación de las vulnerabilidades al cambio climático de presas de generación de energía eléctrica o almacenamiento de agua. Recomendaciones.  
2020-2021

No	Nombre	Estado	Vulnerabilidad Actual	Vulnerabilidad Escenario CNRMC-M5	Vulnerabilidad Escenario GFDL-CM3	Vulnerabilidad Escenario HADGEM2-ES	Vulnerabilidad Escenario MPI-ESM-LR
191	Tenango	Puebla	Media	Media	Media	Media	Media
192	Tenasco	Jalisco	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Alta
193	Tepuxtepec	Michoacán	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
194	Tercer Mundo	Michoacán	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta
195	Urepetiro	Michoacán	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Muy Alta
196	Valentín Gama	San Luis Potosí	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
197	Valerio Trujano	Guerrero	Alta	Muy Alta	Alta	Alta	Muy Alta
198	Valle de Bravo	México	Alta	Alta	Alta	Media	Alta
199	Venustiano Carranza	Coahuila	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
200	Vicente Aguirre	Hidalgo	Media	Media	Media	Media	Media
201	Vicente C. Villaseñor	Jalisco	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
202	Vicente Guerrero	Guerrero	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
203	Vicente Guerrero	Tamaulipas	Baja	Baja	Baja	Baja	Baja
204	Villa Hidalgo	Durango	Media	Media	Media	Media	Media
205	Villa Victoria	México	Media	Media	Media	Media	Media
206	Yosocuta	Oaxaca	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
207	Zicuirán	Michoacán	Muy Alta	Muy Alta	Muy Alta	Alta	Muy Alta
208	Álvaro Obregón	Sonora	Alta	Alta	Alta	Alta	Alta
209	Ángel Albino Corzo	Chiapas	Media	Media	Media	Media	Media
210	Ñadó	México	Media	Media	Media	Media	Media

Fuente: Elaboración propia.



## 3.2. Recomendaciones

De acuerdo a la definición establecida en la Ley General de Cambio Climático (LGCC), publicada el 6 de junio de 2012 y con última reforma el 13 de julio de 2018 (LGCC, 2012), las medidas de adaptación son aquellas enfocadas a reducir la vulnerabilidad, aumentar la resiliencia de los sistemas ambientales, sociales y productivos, así como fortalecer las capacidades de adaptación de diferentes sectores de la sociedad.

En este sentido, las recomendaciones se basan en las variables de capacidad adaptativa (Figura 11), y se efectúan cuando la evaluación obtenida para la unidad de agregación de análisis territorial (cuenca de aporte de la presa) arroja un puntaje menor al valor promedio de todas cuencas.

**Recomendaciones para el fortalecimiento de la capacidad adaptativa de la infraestructura de presas ante inundaciones:**

### Criterio 1. Gestión del riesgo

#### Variable 1.1. Atlas de Riesgo Municipal

**Recomendación 1.** Incluir en el Atlas de Riesgo Municipal el análisis de riesgo asociado a inundación donde se localiza el embalse, tanto de desborde como de falla en presas.

**Recomendación 2.** Revisar los cálculos de las avenidas de diseño de la presa a partir de las tendencias de lluvia y escenarios de cambio climático, para determinar si son factibles para las nuevas condiciones de lluvia.

**Recomendación 3.** Promover sistemas de alerta temprana ante posibles crecidas provocadas por lluvias torrenciales o generadas por ciclones tropicales.

#### Variable 1.2. Unidades de Protección Civil

**Recomendación 4.** Establecer un sistema de umbrales con monitoreo continuo en tiempo real: escorrentía en los ríos, precipitación, niveles de los acuíferos y presas; asegurando la disponibilidad de la información a través de internet, para evitar fallos por desbordamientos

**Recomendación 5.** Incrementar el número de Unidades de Protección Civil.

**Recomendación 6.** Incrementar el número y cobertura de los refugios temporales y difundir su localización.

**Recomendación 7.** Desarrollar un plan de contingencias, alertas tempranas y difusión del peligro entre la población.

**Variable 1.3.** Densidad de estaciones climáticas e hidrométricas dentro de la cuenca de aporte

**Recomendación 8.** Incrementar el número de estaciones climáticas e hidrométricas para incentivar el monitoreo de variables climáticas.

**Recomendación 9.** Dar mantenimiento a las estaciones climáticas e hidrométricas para mejorar la calidad de los datos disponibles.

## **Criterio 2. Protección y restauración de infraestructura**

**Variable 2.1.** Frecuencia de la asignación de recursos de programas de mejoramiento y mantenimiento a la infraestructura de presas

**Recomendación 10.** Realizar mantenimiento operativo y estructural de las presas de manera periódica.

**Recomendación 11.** Crear incentivos para que los gobiernos estatales y locales y el sector privado inviertan en mantenimiento y mejoren la eficiencia y el rendimiento de la infraestructura de distribución y uso del agua.

**Recomendación 12.** Evaluar el estado físico y operativo de vertederos y obras de desfogue, para evitar fallas por azolve.

## **Criterio 3. Protección y restauración de ecosistemas**

**Variable 3.1.** Superficie incorporada al programa Pago por Servicios Ambientales

**Recomendación 13.** Incrementar la superficie de áreas de vegetación en la cuenca de aporte registradas en el programa de Pago por Servicios Ambientales.

**Recomendación 14.** Promover el programa de Pago por Servicios Ambientales difundiendo los beneficios ambientales y sociales que se establecen en los lineamientos del programa.

**Variable 3.2.** Superficie de Áreas Naturales Protegidas

**Recomendación 15.** Promover la conservación de la vegetación natural cuenca arriba y cuenca abajo del embalse.

**Recomendación 16.** Promover la conservación natural identificando zonas de conservación que puedan ser Áreas Naturales Protegida

### Variable 3.3. Superficie incorporada a Programas de Conservación de Suelo

**Recomendación 17.** Incrementar la superficie de áreas de vegetación en las cuencas de aporte registradas en los Programas de Conservación de Suelos.

**Recomendación 18.** Monitorear la colmatación por sedimentación, para evitar fallas en la estructura por acumulación de material.

### Criterio 4. Gobernanza del agua

#### Variable 4.1. Gestión de los recursos hídricos

**Recomendación 19.** Promover el manejo de recursos hidráulicos integrados, para evitar la presión sobre el recurso y asegurar la disponibilidad del recurso en las presas.

**Recomendación 20.** Fomentar la colaboración intermunicipal para la conservación de las partes altas de la cuenca.

**Recomendación 21.** Desarrollar y calibrar modelos de la demanda y disponibilidad del recurso hídrico, para evitar la presión sobre el recurso y promover su uso eficiente.

**Recomendación 22.** Desarrollar programas de acción ante una falla derivada de eventos climáticos severos, tanto en el sector gubernamental como en la sociedad civil, de tal forma que se establezcan sistemas de comunicación, planes de recuperación económica, ambiental y social.

## Bibliografía

Arreguín, F. (2020). *Impacto del cambio climático sobre las presas, [Presentación en power point]*. México: Universidad Autónoma Nacional de México - Centro de Seguridad Hídrica. (UNESCO). Recuperado el 2 de febrero de 2022 de: [http://www.agua.unam.mx/assets/pdfs/eventos/Webinars\\_PresasYCambioClimatico/ArreguinFelipe\\_CCy%20Presas.pdf](http://www.agua.unam.mx/assets/pdfs/eventos/Webinars_PresasYCambioClimatico/ArreguinFelipe_CCy%20Presas.pdf)

CONAGUA (2014). *Programa de medidas preventivas y de mitigación de la sequía. Consejo de cuenca de los ríos Fuerte y Sinaloa*. México: Comisión Nacional del Agua. Recuperado el 2 de febrero de 2022 de: [https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99959/PMPMS\\_CC\\_RosFuerte\\_ySinaloa.pdf](https://www.gob.mx/cms/uploads/attachment/file/99959/PMPMS_CC_RosFuerte_ySinaloa.pdf)

Córdova-Carmen, J. (2015). *Diseño de embalse teniendo en consideración los impactos ambientales* (Tesis de pregrado en Ingeniería Civil). Universidad de Piura,

Perú. Recuperado el 2 de febrero de 2022 de: [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2387/ICI\\_219.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2387/ICI_219.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

INECC (2019). Atlas Nacional de Vulnerabilidad al Cambio Climático México, México. Recuperado el 2 de febrero de 2022 de: [https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/fichas/ANVCC\\_LibroDigital.pdf](https://atlasvulnerabilidad.inecc.gob.mx/page/fichas/ANVCC_LibroDigital.pdf): 1a Edición (libro electrónico). Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático.

Sánchez, L. y Reyes, O. (2015). *Medidas de adaptación y mitigación frente al cambio climático en América Latina y el Caribe. Una revisión general*. Santiago de Chile, Chile: Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) - Naciones Unidas. Recuperado el 2 de febrero de 2022 de: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39781/1/S1501265\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/39781/1/S1501265_es.pdf)