

1
2

DIAGNÓSTICO DE VULNERABILIDAD Y ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN DEL ESTUARIO DE LA BAHÍA DE SAN JUAN

TRASFONDO

3

4 La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos espera que los cambios al Plan Integral de Manejo y
5 Conservación (CCMP, por sus siglas en inglés) se basen en un diagnóstico de vulnerabilidad. Estuario revisó
6 el diagnóstico de vulnerabilidad para asegurar la consistencia con las enmiendas a la sección 320 de la Ley
7 de Agua Limpia (*Protect and Restore America's Estuaries Act*) e incorporar los avances científicos más recientes
8 disponibles.

9 Cada entidad que forma parte del Programa Nacional de Estuarios puede preparar una nueva evaluación de
10 vulnerabilidad independiente, hacer referencia a una evaluación existente en el CCMP o integrar el análisis
11 de vulnerabilidad en la descripción de cada meta del CCMP. Si se integra el diagnóstico de vulnerabilidad,
12 debe incluirse la siguiente información para cada meta del CCMP:

- 13 • Identificación de los factores de estrés que afectan la meta del CCMP.
- 14 • Evaluación de los riesgos para las metas del CCMP.
- 15 • Análisis de la probabilidad (alta/media/baja) y de las consecuencias (altas/medias/bajas) de cada
16 riesgo para el logro de la meta.

17 Si el diagnóstico de vulnerabilidad demuestra que los riesgos probablemente ocurrirán y tendrán
18 consecuencias que dificulten alcanzar una meta (lo que suele denominarse riesgos altos o rojos), entonces
19 es necesaria la adaptación, que puede incluir:

- 20 • Modificar las metas del CCMP para que continúen siendo ambiciosas, pero alcanzables ante los
21 impactos proyectados del aumento en los eventos meteorológicos extremos y los cambios en las
22 condiciones ambientales.
- 23 • Implementar acciones que mitiguen los riesgos para las metas del CCMP.
- 24 • Eliminar las metas del CCMP que ya no sean alcanzables.

25 Las referencias consultadas para desarrollar este diagnóstico de vulnerabilidad incluyeron el Plan de
26 Adaptación al Cambio Climático del Estuario de la Bahía de San Juan (2015), el *Diagnóstico de Vulnerabilidad*
27 *de la Cuenca y el Sistema del Estuario de la Bahía de San Juan ante el Impacto de Huracanes* (2020) y el *Cuarto*
28 *Informe de la Condición Ambiental del Estuario* (2025, en progreso). Asimismo, se consultó el informe *Estado*
29 *del Clima de Puerto Rico 2014-2021* (2022) del Consejo de Cambio Climático de Puerto Rico y el borrador final
30 del Plan de Mitigación, Adaptación y Resiliencia al Cambio Climático en Puerto Rico (2024), preparado por el
31 Comité de Expertos y Asesores sobre Cambio Climático de Puerto Rico.

32

33 La metodología utilizada consistió en revisar los riesgos identificados previamente (Tabla 1), organizarlos
34 según su probabilidad de ocurrencia y consecuencias (Tabla 2), y priorizar aquellos con alta probabilidad de
35 ocurrencia y altos impactos (riesgos rojos) para diseñar acciones de adaptación que formen parte del CCMP
36 (Tabla 3).

- 37 **A. Metas del Plan del Estuario:**
- 38 1. Mantener y mejorar la infraestructura gris y verde deteriorada y envejecida que afecta la calidad del
- 39 agua y de los sedimentos del fondo.
- 40 2. Asegurar ecosistemas funcionales.
- 41 3. Implementar prácticas para el manejo integrado y sostenible de recursos y residuos.
- 42 4. Promover la adaptación del sistema estuarino a los eventos meteorológicos extremos y la
- 43 protección de las comunidades.
- 44 5. Promover una cultura de manejo integrado y responsabilidad compartida del sistema estuarino, sus
- 45 cuencas hidrográficas y los ecosistemas relacionados.
- 46 **B. Eventos meteorológicos extremos y otros factores de estrés en el Estuario de la**
- 47 **Bahía de San Juan:**
- 48 1. Meses de verano más cálidos
- 49 2. Aumento de la temperatura del agua
- 50 3. Sequías más frecuentes
- 51 4. Lluvias más intensas
- 52 5. Aumento del nivel del mar
- 53 6. Efectos del dióxido de carbono, incluida la acidificación oceánica
- 54
- 55 **C. Evaluación de riesgos en función de las metas (A) y factores de estrés (B)**
- 56

57 **Tabla 1.** Metas y riesgos que pueden impedir el logro de los objetivos según cada factor de estrés.

58

Metas	Riesgos
Meses de verano más cálidos (Eventos meteorológicos extremos y otros factores de estrés)	
Mantener y mejorar la infraestructura gris y verde deteriorada y envejecida que afecta la calidad del agua y de los sedimentos del fondo	<p>Aumento de la escorrentía debido a precipitaciones más intensas, que incrementa la sedimentación en los cuerpos de agua del estuario.</p> <p>Aumento de la concentración de contaminantes en el suelo debido al incremento de la tasa de evapotranspiración en la cuenca.</p> <p>Mayor frecuencia de eventos de eutrofización (aumento en los niveles de nutrientes) y de hipoxia (bajas concentraciones de oxígeno) en los cuerpos de agua estuarinos.</p> <p>Aumento de la mortalidad de peces, crustáceos y anfibios al exceder los límites de su tolerancia biológica al oxígeno disuelto y otros parámetros ambientales.</p> <p>Mayor demanda de agua dulce para consumo humano y otros usos, lo que provoca una reducción del volumen de aguas superficiales y subterráneas, generando un déficit o desequilibrio ecológico.</p> <p>Aumento de las descargas de agua caliente provenientes de centrales termoeléctricas en la bahía de San Juan, debido a la creciente demanda de energía.</p>

Metas	Riesgos
	<p>Prolongación del tiempo de permanencia de las aves migratorias durante el invierno.</p> <p>Aumento de la actividad metabólica y fisiológica de especies invasoras, como la iguana verde y el caimán, lo que resulta en una mayor actividad herbívora y depredación.</p>
<p>Asegurar ecosistemas funcionales</p>	<p>Cambio en la estructura forestal y en la composición de especies de la cuenca alta hacia especies más tolerantes a la sequía.</p> <p>Aumento de la mortalidad de las comunidades coralinas debido al blanqueamiento y otras enfermedades.</p> <p>Tormentas y huracanes más intensos.</p> <p>Aumento de los niveles de nutrientes en el estuario debido a la descomposición de la vegetación acuática (eutrofización).</p>
<p>Promover la adaptación del sistema estuarino a los eventos meteorológicos extremos y la protección de las comunidades</p>	<p>Tormentas y huracanes más intensos.</p>
<p>Promover una cultura de manejo integrado y responsabilidad compartida del sistema estuarino, sus cuencas hidrográficas y los ecosistemas relacionados</p>	<p>Aumento de las actividades recreativas y del uso de los cuerpos de agua durante todo el año, lo que incrementará los contaminantes y los residuos acuáticos.</p>

Metas	Riesgos
Aumento de la temperatura del agua (Eventos meteorológicos extremos y otros factores de estrés)	
Mantener y mejorar la infraestructura gris y verde deteriorada y envejecida que afecta la calidad del agua y de los sedimentos del fondo	<p>Mayor solubilidad de los contaminantes, lo que incrementa la concentración de estos en el Estuario de la Bahía de San Juan (EBSJ).</p> <p>El aumento de la temperatura del agua incrementará la abundancia, la supervivencia y la transmisión de parásitos y bacterias patógenas.</p>
Asegurar ecosistemas funcionales	<p>Reducción del oxígeno disuelto debido al aumento de la temperatura del agua, con episodios más frecuentes de mortalidad masiva de peces por asfixia y estrés fisiológico.</p> <p>Mayor frecuencia de eventos de eutrofización y de hipoxia en los cuerpos de agua estuarinos.</p> <p>Aumento del blanqueamiento y otras enfermedades de los corales.</p> <p>Aumento de la mortalidad de las comunidades coralinas debido al blanqueamiento y otras enfermedades.</p> <p>Disminución de las poblaciones de dinoflagelados y otros microorganismos.</p> <p>Mayor dispersión y migración de especies como el caimán.</p> <p>Aumento de la tasa de reproducción del sargazo, afectando las comunidades bentónicas costeras, como las praderas de hierbas marinas, e impactando la calidad del agua.</p>
Promover la adaptación del sistema estuarino a los eventos meteorológicos extremos y la protección de las comunidades	El aumento de la temperatura del agua puede ocasionar tormentas y huracanes más intensos, comprometiendo el logro de otras metas programáticas de Estuario.
Sequías más frecuentes (Eventos meteorológicos extremos y otros factores de estrés)	
Mantener y mejorar la	

Metas	Riesgos
<p>infraestructura gris y verde deteriorada y envejecida que afecta la calidad del agua y de los sedimentos del fondo</p>	<p>Aumento de la concentración de contaminantes debido a la disminución del volumen de agua.</p> <p>Aumento de las concentraciones de contaminantes en los cuerpos de agua debido a la menor dilución resultante de la reducción del caudal.</p>
<p>Asegurar ecosistemas funcionales</p>	<p>Las actividades de reforestación y plantación en la cuenca hidrográfica tendrán menos éxito.</p> <p>Las sequías más frecuentes o el aumento de la precipitación provocarán cambios en la distribución de la salinidad en el estuario, lo que afectará la distribución de las especies.</p> <p>El aumento de los episodios de polvo del Sahara, que transporta patógenos y otros compuestos, puede estimular el crecimiento rápido y descontrolado de microorganismos e incrementar los eventos de marea roja.</p>
<p>Promover la adaptación del sistema estuarino a los eventos meteorológicos extremos y la protección de las comunidades</p>	<p>Las sequías más frecuentes provocarán una reducción del caudal base y de la profundidad del agua en ríos y quebradas, lo que provocará un aumento de la temperatura del agua.</p> <p>Las sequías más frecuentes reducirán el nivel freático, lo que provocará subsidencia costera, erosión costera e intrusión de agua salada.</p> <p>Las sequías más frecuentes o el aumento de la precipitación provocarán cambios en la distribución de la salinidad en el estuario, lo que afectará la distribución de las especies.</p>
<p>Promover una cultura de manejo integrado y responsabilidad compartida del sistema estuarino, sus cuencas hidrográficas y los ecosistemas relacionados</p>	<p>Aumento de las actividades recreativas y del uso de los cuerpos de agua durante todo el año, lo que incrementará los contaminantes y los residuos acuáticos.</p>

Metas	Riesgos
Lluvias más intensas (Eventos meteorológicos extremos y otros factores de estrés)	
<p>Mantener y mejorar la infraestructura gris y verde deteriorada y envejecida que afecta la calidad del agua y de los sedimentos del fondo</p>	<p>El aumento del volumen de la escorrentía pluvial puede provocar que los sistemas sépticos y de recolección de aguas residuales fallen o se desborden.</p> <p>Las instalaciones de control de inundaciones, como los estanques de retención y las plantas de tratamiento de aguas residuales, pueden fallar o desbordarse.</p> <p>Las lluvias más intensas aumentarán el volumen de la escorrentía pluvial procedente de superficies impermeables, que transporta aceites y grasas, pesticidas y otros contaminantes.</p> <p>Mayor frecuencia de incidentes de inundación o desbordamiento de sistemas combinados de alcantarillado y de recolección de aguas residuales.</p> <p>Las lluvias más intensas provocarán la sobrecarga de las plantas de tratamiento, que deberán suspender sus operaciones debido al exceso de caudal de aguas residuales a tratar.</p>
<p>Asegurar ecosistemas funcionales</p>	<p>Expansión de los humedales herbáceos emergentes de agua dulce.</p> <p>Mayor cobertura vegetal y crecimiento de árboles en la cuenca alta.</p> <p>Mayor distribución de especies como la tilapia en los cuerpos de agua estuarinos.</p> <p>Dispersión de caimanes hacia la cuenca alta.</p> <p>Aumento de la tasa de sedimentación, lo que puede reducir la transparencia del agua y afectar los arrecifes de coral y las praderas de hierbas marinas.</p>
<p>Promover la adaptación del sistema estuarino a los eventos meteorológicos extremos y la protección de las comunidades</p>	<p>Las aguas pluviales pueden aumentar los eventos de inundación en áreas urbanas.</p> <p>Erosión de las márgenes de ríos y quebradas.</p> <p>Aumento de la cantidad de árboles, la cobertura vegetal y las malezas acuáticas, que pueden obstruir los canales y otras vías acuáticas del EBSJ.</p>

Metas	Riesgos
<p>Promover una cultura de manejo integrado y responsabilidad compartida del sistema estuarino, sus cuencas hidrográficas y los ecosistemas relacionados</p>	<p>Aumento de los riesgos para la salud pública debido al incremento de la contaminación bacteriológica.</p> <p>Cierre de instalaciones recreativas debido a condiciones meteorológicas adversas.</p>
<p>Aumento del nivel del mar (Eventos meteorológicos extremos y otros factores de estrés)</p>	
<p>Mantener y mejorar la infraestructura gris y verde deteriorada y envejecida que afecta la calidad del agua y de los sedimentos del fondo</p>	<p>El aumento del nivel del mar provocará obstrucciones y reflujo en los puntos de descarga de aguas pluviales, lo que ocasionará el desbordamiento de aguas cargadas de contaminantes y afectará áreas más elevadas de la cuenca hidrográfica.</p> <p>El aumento del nivel del mar obstruirá el punto de entrada por gravedad a las plantas de tratamiento de aguas residuales.</p> <p>El aumento del nivel del mar obstruirá los puntos de descarga de la escorrentía pluvial.</p> <p>El aumento del nivel del mar provocará mayor infiltración en los sistemas de tratamiento de aguas residuales debido al ascenso del nivel freático.</p> <p>El agua de mar puede infiltrarse en los sistemas de alcantarillado sanitario y en los sistemas de tratamiento y disposición de aguas residuales.</p>
<p>Asegurar ecosistemas funcionales</p>	<p>Migración tierra adentro de los humedales, incluidos los bosques de manglar.</p> <p>Los humedales de agua dulce pueden salinizarse y experimentar cambios en su estructura y función.</p> <p>Cambios en la zonación de las especies de manglar; por ejemplo, el mangle rojo puede desplazar a otras especies.</p> <p>Pérdida de áreas de anidación de aves acuáticas, tortugas marinas y otros organismos marinos.</p>
<p>Promover la adaptación del sistema estuarino a los eventos meteorológicos</p>	<p>Las mareas extremas más altas y los eventos de inundación costera afectarán nuevas áreas a lo largo de la costa.</p> <p>El aumento del nivel del mar reducirá el espesor de la capa superficial de agua dulce del estuario.</p>

Metas	Riesgos
extremos y la protección de las comunidades	La erosión de la línea de costa ocasionará la pérdida de playas, humedales y pantanos. El aumento del nivel del mar producirá cambios en los patrones de corrientes y circulación en las lagunas estuarinas.
Efectos del dióxido de carbono, incluida la acidificación oceánica (Eventos meteorológicos extremos y otros factores de estrés)	
Asegurar ecosistemas funcionales	Aumento de la mortalidad de los corales y otros organismos calcificadores. La calcificación de las colonias de coral que crecen sobre arrecifes artificiales puede verse afectada.

59

60

D. Análisis y caracterización de los riesgos

61

(* A = Baja; B = Media; C = Alta / ** A = Localizada; B = Regional; C = Amplia / *** A = A varias décadas; B = 10-15 años; C = Ocurriendo actualmente)

62

63

Tabla 2. Análisis de riesgos en términos de probabilidad de ocurrencia, consecuencias y escalas espaciales y temporales.

64

65

Riesgo	Probabilidad*	Consecuencias*	Escala espacial**	Escala temporal***
Las lluvias más intensas aumentarán el volumen de la escorrentía pluvial procedente de superficies impermeables, que transporta aceites y grasas, pesticidas y otros contaminantes.	C	C	C	C
Aumento de la escorrentía debido a precipitaciones más intensas, que incrementa la sedimentación en los cuerpos de agua del estuario.	C	B	C	B
Aumento en la concentración de contaminantes en el suelo debido al incremento de la tasa de evapotranspiración en la cuenca.	A	A	B	A
Mayor frecuencia de eventos de eutrofización y de hipoxia en los cuerpos de agua estuarinos.	B	C	A	B

Riesgo	Probabilidad*	Consecuencias*	Escala espacial**	Escala temporal***
Aumento de las concentraciones de contaminantes en los cuerpos de agua debido a la reducción de la dilución causada por la disminución del caudal.	B	B	B	A
Las lluvias más intensas provocarán que los sistemas sépticos y de recolección de aguas residuales fallen o se desborden.	C	C	C	C
Cambio en la estructura forestal y en la composición de especies de la cuenca alta hacia especies más tolerantes a la sequía.	B	A	B	A
Pérdida de suelo superficial en la cuenca hidrográfica y mayor erosión, lo que incrementa la sedimentación en los cuerpos de agua del estuario.	B	C	C	A
Las lluvias más intensas provocarán más inundaciones en áreas urbanas.	C	C	C	C
Aumento de las descargas de agua caliente provenientes de centrales termoeléctricas en la bahía de San Juan, debido a la creciente demanda de energía.	A	B	A	A
El aumento de la temperatura del agua incrementará la solubilidad de los contaminantes y, por consiguiente, la concentración de estos en el EBSJ.	A	B	A	A
Obstrucción de los puntos de descarga y de las salidas de drenaje pluvial.	C	C	C	B
Aumento de la mortalidad de las comunidades coralinas debido al blanqueamiento y otras enfermedades.	C	B	B	B
Expansión de los humedales herbáceos emergentes de agua dulce.	B	A	B	A

Riesgo	Probabilidad*	Consecuencias*	Escala espacial**	Escala temporal***
Mayor cobertura vegetal y crecimiento de árboles en la cuenca alta.	A	B	C	A
Migración tierra adentro de los humedales, incluidos los bosques de manglar.	B	B	B	A
Aumento de la mortalidad de los corales y otros organismos calcificadores.	B	B	B	A
Las instalaciones de control de inundaciones, como los estanques de retención y las plantas de tratamiento de aguas residuales, pueden fallar o desbordarse.	B	B	A	A
Cambios en la zonación de las especies de manglar; por ejemplo, el mangle rojo puede desplazar a otras especies.	B	A	B	A
Aumento de la mortalidad de las comunidades coralinas debido al blanqueamiento y aumento en la susceptibilidad de enfermedades como la pérdida de tejido.	B	B	A	A
Aumento de la tasa de reproducción del sargazo, afectando las comunidades bentónicas costeras, como las praderas de hierbas marinas, e impactando la calidad del agua.	A	A	C	C
Disminución de las poblaciones de dinoflagelados y otros microorganismos.	A	A	B	A
El aumento de los episodios de polvo del Sahara, que transporta patógenos y otros compuestos, puede estimular el crecimiento rápido y descontrolado de microorganismos e incrementar los eventos de marea roja.	B	B	C	A

Riesgo	Probabilidad*	Consecuencias*	Escala espacial**	Escala temporal***
Aumento de la tasa de sedimentación, lo que puede reducir la transparencia del agua y afectar los arrecifes de coral y las praderas de hierbas marinas.	A	A	B	C
Aumento de la mortalidad de peces, crustáceos y anfibios al exceder los límites de su tolerancia biológica al oxígeno disuelto y otros parámetros ambientales.	B	B	B	A
Pérdida de áreas de anidación de aves acuáticas, tortugas marinas y otros organismos marinos.	C	C	A	B
El aumento de la temperatura del agua incrementará la abundancia, la supervivencia y la transmisión de parásitos y bacterias patógenas.	A	C	B	A
Aumento del tiempo de permanencia de las aves migratorias durante el invierno.	A	A	A	A
Mayor demanda de agua dulce para consumo humano y otros usos, lo que provoca una reducción del volumen de aguas superficiales y subterráneas, generando un déficit o desequilibrio ecológico.	C	B	C	B
Reducción del caudal base y de la profundidad del agua en ríos y quebradas, lo que provocará un aumento de la temperatura del agua.	B	B	B	B
Disolución de rocas de playa y eolianitas, debilitando la barrera natural contra oleajes altos, marejadas ciclónicas y marejadas a lo largo de la costa.	A	B	A	A
El aumento del nivel del mar provocará obstrucciones y reflujos en los puntos de	C	C	C	B

Riesgo	Probabilidad*	Consecuencias*	Escala espacial**	Escala temporal***
descarga de aguas pluviales, lo que ocasionará el desbordamiento de aguas cargadas de contaminantes y afectará áreas más elevadas de la cuenca hidrográfica.				
Cambios en los patrones de corrientes y circulación en las lagunas estuarinas.	B	B	B	A
Incremento de la actividad metabólica y fisiológica de especies invasoras como la iguana verde y el caimán, lo que resulta en una mayor actividad herbívora y depredación.	B	B	A	A
Mayor dispersión y migración de especies como el caimán.	B	B	A	A
Dispersión de caimanes hacia la cuenca alta.	B	B	A	A
Erosión de las márgenes de ríos y quebradas.	B	B	B	A
Aumento de las actividades recreativas y del uso de los cuerpos de agua durante todo el año, lo que incrementará los contaminantes y los residuos acuáticos.	C	B	B	B
Cierre de instalaciones recreativas debido a condiciones meteorológicas adversas.	A	A	A	A
Mayor frecuencia de incidentes de inundación o desbordamiento de sistemas combinados de alcantarillado y de recolección de aguas residuales.	C	C	C	C
Pérdida de playas disponibles para los usuarios recreativos e impacto sobre las instalaciones hoteleras y recreativas a lo largo de la costa.	C	C	B	C

Riesgo	Probabilidad*	Consecuencias*	Escala espacial**	Escala temporal***
El aumento del nivel del mar provocará mayor infiltración en los sistemas de tratamiento de aguas residuales debido al ascenso del nivel freático.	A	B	B	A
Aumento de los riesgos para la salud pública debido al incremento de la contaminación bacteriológica.	B	B	A	A
El aumento del nivel del mar provocará el ingreso de agua de mar en los sistemas combinados de alcantarillado sanitario y drenaje pluvial.	C	C	C	B
Calcificación de las colonias de coral que crecen sobre arrecifes artificiales se verá afectada.	B	B	B	A
Las sequías más frecuentes aumentarán la concentración de contaminantes debido a la disminución del volumen de agua.	B	B	B	A
El uso de represas como Las Curías comprometerá la llegada de agua dulce a la Bahía de San Juan a través del río Piedras.	A	A	A	A
Las lluvias más intensas provocarán la sobrecarga de las plantas de tratamiento, que deberán suspender sus operaciones debido al exceso de caudal de aguas residuales a tratar.	B	B	A	B
El aumento del nivel del mar obstruirá el punto de entrada por gravedad a las plantas de tratamiento de aguas residuales.	B	B	A	B
El aumento del nivel del mar reducirá el espesor de la capa superficial de agua dulce del estuario.	A	B	C	A

Riesgo	Probabilidad*	Consecuencias*	Escala espacial**	Escala temporal***
El aumento en la intensidad y la cantidad de precipitación provocará inundaciones y episodios de escorrentía de mayor intensidad, particularmente en los puntos de entrada de los sistemas de drenaje pluvial ya saturados.	C	C	C	C
Los veranos más cálidos provocarán un aumento en los niveles de nutrientes del estuario debido a la descomposición de la vegetación acuática (eutrofización).	A	B	C	A
El aumento de la temperatura del agua incrementará la frecuencia de los eventos de eutrofización y de hipoxia en los cuerpos de agua estuarinos.	B	B	A	A
El aumento del nivel del mar provocará erosión de la línea de costa, ocasionando la pérdida de playas, humedales y pantanos.	C	C	B	C
Mayor distribución de especies como la tilapia en los cuerpos de agua estuarinos.	A	A	A	A
Los veranos más cálidos provocarán tormentas y huracanes más intensos.	B	C	C	A
Las lluvias más intensas aumentarán la cantidad de árboles, la cobertura vegetal y las malezas acuáticas, que pueden obstruir los canales y otras vías acuáticas del EBSJ.	B	B	B	A
Las sequías más frecuentes provocarán una reducción del caudal base y de la profundidad del agua en ríos y quebradas, lo que provocará un aumento de la temperatura del agua.	C	C	B	C

Riesgo	Probabilidad*	Consecuencias*	Escala espacial**	Escala temporal***
Las sequías más frecuentes reducirán el nivel freático, lo que provocará subsidencia costera, erosión costera e intrusión de agua salada.	A	B	B	A
El aumento del nivel del mar provocará la salinización de los humedales de agua dulce y alterará su estructura y función.	B	B	B	B
El aumento del nivel del mar provocará mareas más altas que inundarán nuevas áreas de la costa.	C	C	B	C
Las sequías más frecuentes o el aumento de la precipitación provocarán cambios en la distribución de la salinidad en el estuario, lo que afectará la distribución de las especies.	B	B	B	A

66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86

E. Estos son los riesgos rojos que, con base en el análisis anterior, es probable que ocurran y que tendrían consecuencias e impedirían el logro de las metas del Plan del Estuario; por lo tanto, deben abordarse mediante acciones y actividades en el Plan del Estuario.

1. Las lluvias más intensas aumentarán el volumen de la escorrentía pluvial procedente de superficies impermeables, que transporta aceites y grasas, pesticidas y otros contaminantes.
2. Las lluvias más intensas provocarán que los sistemas sépticos y de recolección de aguas residuales fallen o se desborden.
3. Las lluvias más intensas provocarán más inundaciones en áreas urbanas.
4. El aumento de la temperatura del agua incrementará la solubilidad de los contaminantes y, por consiguiente, la disponibilidad de estos en el EBSJ.
5. Las lluvias más intensas provocarán que las instalaciones de control de inundaciones, como los estanques de retención y las plantas de tratamiento de aguas residuales, fallen o se desborden.
6. El aumento de la temperatura del agua incrementará la abundancia, la supervivencia y la transmisión de parásitos y bacterias patógenas.
7. El aumento del nivel del mar provocará obstrucciones y reflujos en los puntos de descarga de aguas pluviales, lo que ocasionará el desbordamiento de aguas cargadas de contaminantes y afectará áreas más elevadas de la cuenca hidrográfica.
8. Las lluvias más intensas provocarán la erosión de los márgenes de ríos y quebradas.

- 87 9. El aumento del nivel del mar provocará mareas más altas que inundarán nuevas áreas de la costa.
88 10. Las lluvias más intensas aumentarán la frecuencia de incidentes de inundación o desbordamiento
89 de sistemas combinados de alcantarillado y de recolección de aguas residuales.
90 11. Las sequías más frecuentes aumentarán la concentración de contaminantes debido a la disminución
91 del volumen de agua.
92 12. Las lluvias más intensas provocarán la sobrecarga de las plantas de tratamiento, que deberán
93 suspender sus operaciones debido al exceso de caudal de aguas residuales a tratar.
94 13. El aumento del nivel del mar obstruirá el punto de entrada por gravedad a las plantas de
95 tratamiento de aguas residuales.
96 14. El aumento del nivel del mar reducirá el espesor de la capa superficial de agua dulce del estuario.
97 15. Las lluvias más intensas provocarán inundaciones y episodios de escorrentía de mayor intensidad,
98 particularmente en los puntos de entrada de los sistemas de drenaje pluvial ya saturados.
99 16. El aumento de la temperatura del agua incrementará la frecuencia de los eventos de eutrofización y
100 de hipoxia en los cuerpos de agua estuarinos.
101 17. El aumento del nivel del mar provocará erosión de la línea de costa, ocasionando la pérdida de
102 playas, humedales y pantanos.
103 18. Los veranos más cálidos provocarán tormentas y huracanes más intensos.
104 19. Las lluvias más intensas aumentarán la cantidad de árboles, la cobertura vegetal y las malezas
105 acuáticas, que pueden obstruir los canales y otras vías acuáticas del EBSJ.
106 20. Las sequías más frecuentes provocarán una reducción del caudal base y de la profundidad del agua
107 en ríos y quebradas, lo que provocará un aumento de la temperatura del agua.
108 21. Las sequías más frecuentes reducirán el nivel freático, lo que provocará subsidencia costera, erosión
109 costera e intrusión de agua salada.
110 22. El aumento del nivel del mar provocará la salinización de los humedales de agua dulce y alterará su
111 estructura y función.
112 23. Las sequías más frecuentes o el aumento de la precipitación provocarán cambios en la distribución
113 de la salinidad en el estuario, lo que afectará la distribución de las especies.
114 24. El aumento del nivel del mar reducirá las áreas de anidación de aves acuáticas, tortugas marinas y
115 otros organismos marinos.
116 25. El aumento del nivel del mar y la erosión resultante reducirán las playas disponibles para los
117 usuarios recreativos y afectarán a las instalaciones hoteleras y recreativas a lo largo de la costa.
118 26. El aumento del nivel del mar provocará la intrusión de agua de mar (cuña salina) en los sistemas de
119 recolección y tratamiento de aguas residuales.
120

121 ESTRATEGIA DE ADAPTACIÓN

122 La estrategia de adaptación describe las acciones del Plan del Estuario que se implementarán para atender
123 las vulnerabilidades del EBSJ. Cada acción de adaptación se identificará en los planes de acción mediante un
124 ícono que indicará que dicha acción constituye una estrategia de adaptación, de conformidad con las
125 enmiendas a la sección 320 de la Ley federal de Agua Limpia establecidas por el *Protect and Restore America's*
126 *Estuaries Act*.

Tabla 3. Acciones de adaptación y relevancia

FACTORES DE ESTRÉS / RIESGOS ROJOS	ACCIONES DE ADAPTACIÓN	RELEVANCIA DE LA ADAPTACIÓN
<p>Las lluvias más intensas aumentarán el volumen de la escorrentía pluvial procedente de superficies impermeables, que transporta aceites y grasas, pesticidas y otros contaminantes.</p>	<p>MI-17 Reducir la carga de sedimentos en el EBSJ. MI-20 Modelaje de nutrientes y sedimentos en la cuenca del EBSJ. AA-04 Utilizar la información existente de las evaluaciones de riesgos y del plan de adaptación para orientar los planes de zonificación, uso del suelo y desarrollo de infraestructura. AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia. AA-07 Apoyar sistemas de manejo del agua basados en la resiliencia para ayudar a reducir el estrés sobre el EBSJ durante eventos meteorológicos extremos. AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	<p>MI-17 Los sedimentos adsorben y transportan contaminantes. Mientras menor sea la cantidad de sedimentos, menor será la cantidad de contaminantes transportados por la escorrentía pluvial. MI-20 Mediante la modelación es posible calcular y predecir las cargas totales de contaminantes bajo diferentes escenarios de eventos meteorológicos extremos. AA-04, AA-05, AA-07 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>
<p>Las lluvias más intensas provocarán que los sistemas sépticos y de recolección de aguas residuales fallen o se desborden.</p>	<p>MI-01 Diseñar y construir un sistema de alcantarillado sanitario para las comunidades ubicadas en la parte este del Caño Martín Peña y otras áreas que carecen de un sistema adecuado. MI-02 Diseñar y construir un sistema de alcantarillado sanitario</p>	<p>MI-01 Estas comunidades actualmente carecen de un sistema adecuado de alcantarillado sanitario; por ello, la situación empeorará bajo los riesgos proyectados asociados a eventos meteorológicos extremos. MI-02 Actualmente, la infraestructura sanitaria</p>

	<p>para las áreas que carecen de un sistema adecuado.</p> <p>WM-06 Colaborar con los municipios y las agencias estatales para establecer iniciativas de prevención de contaminación por FOG (grasas, aceites y lubricantes de origen animal o vegetal) en toda la región.</p> <p>AA-04 Utilizar la información existente de las evaluaciones de riesgos y del plan de adaptación para orientar los planes de zonificación, uso del suelo y desarrollo de infraestructura.</p> <p>AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia.</p> <p>AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	<p>de la cuenca hidrográfica del EBSJ está comprometida y deteriorada; por ello, no podrá asimilar las cargas proyectadas bajo los escenarios de eventos meteorológicos extremos.</p> <p>WM-06 Más del 40 % de los desbordamientos del sistema sanitario se deben a tuberías obstruidas por FOG.</p> <p>AA-04, AA-05 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>
<p>Las lluvias más intensas provocarán más inundaciones en áreas urbanas.</p>	<p>MI-06 Diseñar y construir un sistema de aguas pluviales para las comunidades ubicadas en la parte este del Caño Martín Peña y otras comunidades vecinas que carecen de infraestructura adecuada.</p> <p>MI-07 Diseñar y mejorar la infraestructura actual para apoyar el manejo de aguas pluviales en la región metropolitana de San Juan.</p>	<p>MI-06 Estas comunidades actualmente carecen de un sistema adecuado de alcantarillado pluvial; por ello, la situación empeorará bajo los riesgos proyectados asociados a eventos meteorológicos extremos.</p> <p>MI-07 Actualmente, el sistema de alcantarillado pluvial de la cuenca hidrográfica del EBSJ está comprometido y deteriorado; por ello, no</p>

	<p>MI-21 Realizar una evaluación hidrológica integral del sistema estuarino para priorizar los esfuerzos de restauración del intercambio de agua.</p> <p>MI-30 Asegurar que los trabajos de repavimentación mantengan pendientes y nivelaciones adecuadas para manejar eficazmente las aguas pluviales y evitar la obstrucción de las entradas del alcantarillado.</p> <p>WM-02 Realizar actividades periódicas de limpieza en lugares recomendados del EBSJ.</p> <p>AA-03 Establecer modelos de riesgo basados en escenarios para simular los posibles efectos de eventos meteorológicos extremos en el EBSJ.</p> <p>AA-04 Utilizar la información existente de las evaluaciones de riesgos y del plan de adaptación para orientar los planes de zonificación, uso del suelo y desarrollo de infraestructura.</p> <p>AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia.</p> <p>AA-07 Apoyar sistemas de manejo del agua basados en la resiliencia para ayudar a reducir el estrés sobre el EBSJ durante</p>	<p>podrá controlar las inundaciones durante los eventos previstos de precipitaciones intensas.</p> <p>MI-21 Se requiere más información y modelación para comprender mejor la respuesta hidrológica e hidráulica ante los eventos meteorológicos extremos.</p> <p>MI-30 y WM-02 Estas acciones promoverán y mantendrán el flujo de las aguas pluviales a través de la red de captación durante los eventos de precipitaciones intensas.</p> <p>AA-03, AA-04, AA-05, AA-07 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>
--	---	--

	<p>eventos meteorológicos extremos. AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	
<p>El aumento de la temperatura del agua incrementará la solubilidad de los contaminantes y, por consiguiente, la disponibilidad de estos en el EBSJ.</p>	<p>MI-17 Reducir la carga de sedimentos en el EBSJ. MI-21 Realizar una evaluación hidrológica integral del sistema estuarino para priorizar los esfuerzos de restauración del intercambio de agua. WM-11 Reducir las descargas de contaminantes de preocupación emergente en el EBSJ. AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia. AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	<p>MI-17 Los sedimentos adsorben y transportan contaminantes. Mientras menor sea la cantidad de sedimentos que llegue al sistema estuarino, menor será la cantidad de contaminantes que ingresen al mismo. MI-21 Se requiere más información y modelación para comprender mejor la respuesta hidrológica e hidráulica del sistema frente a los eventos meteorológicos extremos. WM-11 Menor presencia de contaminantes de preocupación emergente que alcanzan el sistema estuarino, y menores probabilidades de un aumento en la solubilidad de estos contaminantes. AA-05 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>
<p>Las lluvias más intensas provocarán que las instalaciones de control de inundaciones, como los estanques de retención y las plantas de tratamiento</p>	<p>MI-04 Colaborar con la industria local para mejorar la infraestructura y los niveles de tratamiento de aguas</p>	<p>MI-04 Una infraestructura de aguas residuales más eficiente y con mayor capacidad dispondrá de</p>

<p>de aguas residuales, fallen o se desborden.</p>	<p>residuales utilizando la mejor tecnología disponible. AA-04 Utilizar la información existente de las evaluaciones de riesgos y del plan de adaptación para orientar los planes de zonificación, uso del suelo y desarrollo de infraestructura. AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia. AA-07 Apoyar sistemas de manejo del agua basados en la resiliencia para ayudar a reducir el estrés sobre el EBSJ durante eventos meteorológicos extremos. AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	<p>una mayor capacidad de recolección y tratamiento. AA-04, AA-05, AA-07 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>
<p>El aumento de la temperatura del agua incrementará la abundancia, la supervivencia y la transmisión de parásitos y bacterias patógenas.</p>	<p>MI-20 Modelaje de nutrientes y sedimentos en la cuenca del EBSJ. MI-34 Desarrollar una plataforma predictiva para la detección temprana de floraciones de algas nocivas. AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia. AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino</p>	<p>MI-20 Mediante la modelación es posible calcular y predecir las cargas totales de contaminantes bajo diferentes escenarios de eventos meteorológicos extremos. MI-34 El aumento de la temperatura del agua incrementará la disponibilidad de nutrientes, así como el metabolismo y la reproducción de las algas; por ello, se requiere una herramienta predictiva</p>

	<p>resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	<p>que facilite la adaptación y mitigación. AA-05 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>
<p>El aumento del nivel del mar provocará obstrucciones y reflujos en los puntos de descarga de aguas pluviales, lo que ocasionará el desbordamiento de aguas cargadas de contaminantes y afectará áreas más elevadas de la cuenca hidrográfica.</p>	<p>MI-06 Diseñar y construir un sistema de aguas pluviales para las comunidades ubicadas en la parte este del Caño Martín Peña y otras comunidades vecinas que carecen de infraestructura adecuada. MI-07 Diseñar y mejorar la infraestructura actual para apoyar el manejo de aguas pluviales en la región metropolitana de San Juan. MI-08 Desarrollar e implementar un plan de manejo de aguas pluviales a nivel de cuenca para la región metropolitana de San Juan. MI-09 Diseñar e implementar las mejoras necesarias a la infraestructura pluvial en la cuenca del río Piedras a fin de apoyar su capacidad natural para manejar las aguas pluviales y prevenir inundaciones. AA-04 Utilizar la información existente de las evaluaciones de</p>	<p>MI-06, MI-07, MI-08 y MI-09 Una mayor capacidad de los sistemas de alcantarillado pluvial permitirá manejar el volumen adicional de agua que ingresará al sistema como consecuencia del aumento del nivel del mar. AA-04, AA-05, AA-07 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>

	<p>riesgos y del plan de adaptación para orientar los planes de zonificación, uso del suelo y desarrollo de infraestructura.</p> <p>AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia.</p> <p>AA-07 Apoyar sistemas de manejo del agua basados en la resiliencia para ayudar a reducir el estrés sobre el EBSJ durante eventos meteorológicos extremos.</p> <p>AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	
<p>Las lluvias más intensas provocarán la erosión de las márgenes de ríos y quebradas.</p>	<p>MI-10 Restaurar y mejorar la conectividad de los corredores ribereños a lo largo de los tributarios del EBSJ.</p> <p>MI-21 Realizar una evaluación hidrológica integral del sistema estuarino para priorizar los esfuerzos de restauración del intercambio de agua.</p> <p>AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia.</p> <p>AA-08 Crear un proyecto para revertir la canalización en concreto de un tramo de un río, quebrada o afluente de</p>	<p>MI-10 Los corredores ribereños retienen los suelos y, por lo tanto, protegen las riberas de los ríos contra la erosión.</p> <p>MI-21 El aumento de las precipitaciones incrementará los caudales; por ello, una evaluación hidrológica permitirá cuantificar el transporte y balance de los cuerpos de agua bajo diferentes escenarios.</p> <p>AA-05 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>

	<p>agua dulce dentro del EBSJ. AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	<p>AA-08 Existen áreas donde las paredes de concreto de los canales han colapsado y requieren diseños mejorados.</p>
<p>El aumento del nivel del mar provocará mareas más altas que inundarán nuevas áreas de la costa.</p>	<p>AA-01 Estimar o modelar la vulnerabilidad del EBSJ ante eventos meteorológicos extremos y el aumento del nivel del mar, y presentar medidas de adaptación. AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia. AA-07 Apoyar sistemas de manejo del agua basados en la resiliencia para ayudar a reducir el estrés sobre el EBSJ durante eventos meteorológicos extremos. AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	<p>AA-01, AA-05, AA-07 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>
<p>Las lluvias más intensas aumentarán la frecuencia de incidentes de inundación o desbordamiento de sistemas combinados de alcantarillado y de recolección de aguas residuales.</p>	<p>MI-03 Eliminar las descargas ilegales de aguas residuales comerciales y residenciales al sistema de alcantarillado pluvial. AA-04 Utilizar la información existente de las evaluaciones de riesgos y del plan de adaptación para orientar los planes de zonificación, uso del suelo y desarrollo de infraestructura.</p>	<p>MI-03 Esta acción aumentará la capacidad volumétrica del sistema de alcantarillado pluvial. AA-04, AA-05, AA-07 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>

	<p>AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia.</p> <p>AA-07 Apoyar sistemas de manejo del agua basados en la resiliencia para ayudar a reducir el estrés sobre el EBSJ durante eventos meteorológicos extremos.</p> <p>AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	
<p>Las sequías más frecuentes aumentarán la concentración de contaminantes debido a la disminución del volumen de agua.</p>	<p>MI-12 Desarrollar y emitir permisos NPDES para regular las descargas de aguas pluviales en áreas urbanizadas de la cuenca del EBSJ, como la Playa del Condado, que aportan descargas puntuales de aguas pluviales al sistema y sus tributarios.</p> <p>MI-13 Validar e implementar el Plan Maestro de Infraestructura Verde en la cuenca del EBSJ.</p> <p>MI-17 Reducir la carga de sedimentos en el EBSJ.</p> <p>MI-20 Modelaje de nutrientes y sedimentos en la cuenca del EBSJ.</p> <p>WM-11 Reducir las descargas de contaminantes de preocupación emergente en el EBSJ.</p> <p>AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e</p>	<p>MI-12 Los permisos del NPDES pueden ajustar los límites de descarga de contaminantes con base en el aumento esperado de sus concentraciones debido a los efectos de dilución.</p> <p>MI-13 Uno de los beneficios de las soluciones basadas en la naturaleza es la retención de contaminantes y otras sustancias por parte del sistema radicular de las plantas.</p> <p>MI-17 Mientras menos sedimentos ingresen al sistema, menor será la cantidad de contaminantes que alcanzarán los cuerpos de agua asociados a dichos sedimentos.</p> <p>MI-20 El modelado de la dinámica de nutrientes y sedimentos de la cuenca del EBSJ proporcionará</p>

	<p>implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia.</p> <p>AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p> <p>AA-08 Crear un proyecto para revertir la canalización en concreto de un tramo de un río, quebrada o afluente de agua dulce dentro del EBSJ.</p>	<p>información sobre cómo el sistema (las cargas) puede responder a cambios en el volumen de agua (por dilución o concentración, por ejemplo).</p> <p>WM-11 Menor presencia de contaminantes de preocupación emergente que alcanzan el sistema estuarino, y menores probabilidades de un aumento en la solubilidad de estos contaminantes.</p> <p>AA-05 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p> <p>AA-08 Los diseños de canalización basados en la naturaleza retienen y filtran contaminantes antes de que lleguen a los cuerpos de agua.</p>
<p>Las lluvias más intensas provocarán la sobrecarga de las plantas de tratamiento, que deberán suspender sus operaciones debido al exceso de caudal de aguas residuales a tratar.</p>	<p>MI-04 Colaborar con la industria local para mejorar la infraestructura y los niveles de tratamiento de aguas residuales utilizando la mejor tecnología disponible.</p> <p>AA-04 Utilizar la información existente de las evaluaciones de riesgos y del plan de adaptación para orientar los planes de zonificación, uso del suelo y desarrollo de infraestructura.</p>	<p>MI-04 Se requerirá una mayor eficiencia y capacidad en las plantas de tratamiento para manejar el exceso de caudal.</p> <p>AA-04, AA-05, AA-07 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>

	<p>AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia.</p> <p>AA-07 Apoyar sistemas de manejo del agua basados en la resiliencia para ayudar a reducir el estrés sobre el EBSJ durante eventos meteorológicos extremos.</p> <p>AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	
<p>El aumento del nivel del mar obstruirá el punto de entrada por gravedad a las plantas de tratamiento de aguas residuales.</p>	<p>MI-04 Colaborar con la industria local para mejorar la infraestructura y los niveles de tratamiento de aguas residuales utilizando la mejor tecnología disponible.</p> <p>AA-04 Utilizar la información existente de las evaluaciones de riesgos y del plan de adaptación para orientar los planes de zonificación, uso del suelo y desarrollo de infraestructura.</p> <p>AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia.</p> <p>AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	<p>MI-04 La infraestructura regional de aguas residuales debe modernizarse, ya que muchas de sus instalaciones se encuentran ubicadas cerca de la costa.</p> <p>AA-04, AA-05 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>

<p>El aumento del nivel del mar reducirá el espesor de la capa superficial de agua dulce del estuario.</p>	<p>MI-21 Realizar una evaluación hidrológica integral del sistema estuarino para priorizar los esfuerzos de restauración del intercambio de agua. AA-03 Establecer modelos de riesgo basados en escenarios para simular los posibles efectos de eventos meteorológicos extremos en el EBSJ. AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia. AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	<p>MI-21 Una evaluación hidrológica permitirá demostrar cómo cambiará la dinámica de las capas de cuerpos de agua del sistema estuarino como consecuencia del aumento del nivel del mar. AA-03 El factor de estrés (aumento del nivel del mar) debe modelarse continuamente bajo diferentes escenarios de temperatura superficial del agua del mar, a fin de predecir riesgos e impactos. AA-05 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>
<p>Las lluvias más intensas provocarán inundaciones y episodios de escorrentía de mayor intensidad, particularmente en los puntos de entrada de los sistemas de drenaje pluvial ya saturados.</p>	<p>MI-06 Diseñar y construir un sistema de aguas pluviales para las comunidades ubicadas en la parte este del Caño Martín Peña y otras comunidades vecinas que carecen de infraestructura adecuada. MI-08 Desarrollar e implementar un plan de manejo de aguas pluviales a nivel de cuenca para la región metropolitana de San Juan. MI-09 Diseñar e implementar las mejoras</p>	<p>MI-06, MI-08, MI-09 y MI-30 Estas acciones tienen como objetivo fortalecer la infraestructura de drenaje pluvial para manejar el aumento del volumen de escorrentía. AA-04, AA-05, AA-07 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>

	<p>necesarias a la infraestructura pluvial en la cuenca del río Piedras a fin de apoyar su capacidad natural para manejar las aguas pluviales y prevenir inundaciones.</p> <p>MI-30 Asegurar que los trabajos de repavimentación mantengan pendientes y nivelaciones adecuadas para manejar eficazmente las aguas pluviales y evitar la obstrucción de las entradas del alcantarillado.</p> <p>AA-04 Utilizar la información existente de las evaluaciones de riesgos y del plan de adaptación para orientar los planes de zonificación, uso del suelo y desarrollo de infraestructura.</p> <p>AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia.</p> <p>AA-07 Apoyar sistemas de manejo del agua basados en la resiliencia para ayudar a reducir el estrés sobre el EBSJ durante eventos meteorológicos extremos.</p> <p>AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	
<p>El aumento de la temperatura del agua incrementará la frecuencia de los</p>	<p>MI-13 Validar e implementar el Plan</p>	<p>MI-13 La infraestructura verde funciona como un</p>

<p>eventos de eutrofización y de hipoxia en los cuerpos de agua estuarinos.</p>	<p>Maestro de Infraestructura Verde en la cuenca del EBSJ. MI-20 Modelaje de nutrientes y sedimentos en la cuenca del EBSJ. MI-34 Desarrollar una plataforma predictiva para la detección temprana de floraciones de algas nocivas. AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia. AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	<p>sistema de retención de nutrientes. Mientras menos nutrientes lleguen al sistema, menor será la probabilidad de que ocurran eventos de eutrofización e hipoxia. MI-20 La modelación de nutrientes permitirá calcular la masa de nutrientes que podría ingresar al sistema estuarino bajo escenarios de aumento en la temperatura del agua. MI-34 La eutrofización puede favorecer la proliferación de floraciones algales nocivas; por ello, una plataforma predictiva permitirá evaluar y mitigar sus impactos. AA-05 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>
<p>El aumento del nivel del mar provocará la erosión de la línea de costa, ocasionando la pérdida de playas, humedales y pantanos.</p>	<p>FE-06 Restaurar, mejorar y crear bosques de manglar en el sistema del EBSJ. FE-07 Mejorar las praderas marinas en el sistema del EBSJ. AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia. AA-09 Desarrollar directrices de política para</p>	<p>FE-06 Los manglares retienen sedimentos y actúan como una barrera natural contra la erosión costera. FE-07 Las praderas marinas disipan la energía del oleaje y retienen sedimentos. AA-05 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una</p>

	<p>el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	<p>evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>
<p>Los veranos más cálidos provocarán tormentas y huracanes más intensos.</p>	<p>FE-06 Restaurar, mejorar y crear bosques de manglar en el sistema del EBSJ. FE-07 Mejorar las praderas marinas en el sistema del EBSJ. FE-09 Mejorar las comunidades de coral en el sistema del EBSJ. FE-23 Identificar áreas en el EBSJ que serán designadas como áreas marinas protegidas y continuar con los proyectos de restauración de arrecifes de coral. AA-01 Estimar o modelar la vulnerabilidad del EBSJ ante eventos meteorológicos extremos y el aumento del nivel del mar, y presentar medidas de adaptación. AA-03 Establecer modelos de riesgo basados en escenarios para simular los posibles efectos de eventos meteorológicos extremos en el EBSJ. AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia. AA-07 Apoyar sistemas de manejo del agua basados en la resiliencia para ayudar a reducir el estrés sobre el EBSJ durante eventos meteorológicos extremos.</p>	<p>FE-06, FE-07, FE-09 y FE-23 Los manglares, las praderas marinas y los arrecifes de coral disipan la energía del viento y del oleaje, protegiendo la costa frente a tormentas y huracanes. AA-01, AA-03, AA-05, AA-07 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>

	<p>AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	
<p>Las lluvias más intensas aumentarán la cantidad de árboles, la cobertura vegetal y las malezas acuáticas, que pueden obstruir los canales y otras vías acuáticas del EBSJ.</p>	<p>MI-11 Restaurar y mantener los regímenes naturales de caudal de los tributarios para maximizar su potencial de manejo de las aguas pluviales. MI-13 Validar e implementar el Plan Maestro de Infraestructura Verde en la cuenca del EBSJ. FE-18 Mejorar y proteger los bosques y la conectividad del paisaje en la cuenca hidrográfica. WM-13 Implementar un sistema de recolección de materiales vegetativos en toda la región. AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia. AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	<p>MI-11, MI-13, FE-18 y WM-13 Estas acciones tienen como objetivo fortalecer el sistema de drenaje pluvial y mejorar el manejo del material vegetativo en la cuenca hidrográfica. AA-05 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>
<p>Las sequías más frecuentes provocarán una reducción del caudal base y de la profundidad del agua en ríos y quebradas, lo que provocará un aumento de la temperatura del agua.</p>	<p>MI-21 Realizar una evaluación hidrológica integral del sistema estuarino para priorizar los esfuerzos de restauración del intercambio de agua. AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e</p>	<p>MI-21 Esta acción tiene como objetivo generar el conocimiento necesario para comprender la dinámica hidrológica que permita conservar los caudales base del sistema.</p>

	<p>implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia.</p> <p>AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	<p>AA-05 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>
<p>Las sequías más frecuentes reducirán el nivel freático, lo que provocará subsidencia costera, erosión costera e intrusión de agua salada.</p>	<p>MI-21 Realizar una evaluación hidrológica integral del sistema estuarino para priorizar los esfuerzos de restauración del intercambio de agua.</p> <p>FE-06 Restaurar, mejorar y crear bosques de manglar en el sistema del EBSJ.</p> <p>AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia.</p> <p>AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	<p>MI-21 Esta acción tiene como objetivo generar el conocimiento necesario para comprender la dinámica hidrológica del sistema.</p> <p>FE-06 Los manglares se expanden y estabilizan la línea de costa mediante la acumulación de sedimentos y turba, contribuyendo a mitigar la erosión costera.</p> <p>AA-05 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>
<p>El aumento del nivel del mar provocará la salinización de los humedales de agua dulce y alterará su estructura y función.</p>	<p>MI-21 Realizar una evaluación hidrológica integral del sistema estuarino para priorizar los esfuerzos de restauración del intercambio de agua.</p> <p>FE-19 Mejorar y proteger los humedales herbáceos.</p> <p>AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	<p>MI-21 Esta acción tiene como objetivo generar el conocimiento necesario para comprender la dinámica hidrológica del sistema.</p> <p>FE-19 Los humedales saludables presentan una mayor resiliencia para enfrentar los impactos del aumento del nivel del mar.</p> <p>AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos</p>

		<p>extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>
<p>Las sequías más frecuentes o el aumento de la precipitación provocarán cambios en la distribución de la salinidad en el estuario, lo que afectará la distribución de las especies.</p>	<p>FE-15 Mejorar y proteger las especies de plantas amenazadas y en peligro de extinción dentro del EBSJ. FE-19 Mejorar y proteger los humedales herbáceos. AA-02 Desarrollar un índice de vulnerabilidad para evaluar la sensibilidad y la capacidad adaptativa de las especies y sus hábitats frente a los factores de estrés ambiental. AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia. AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	<p>FE-15 y FE-19 Las comunidades vegetales y los ecosistemas de humedales saludables presentan una mayor resiliencia para enfrentar los impactos de los eventos meteorológicos extremos. AA-02, AA-05 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>
<p>El aumento del nivel del mar reducirá las áreas de anidación de aves acuáticas, tortugas marinas y otros organismos marinos.</p>	<p>FE-12 Establecer medidas de manejo en el sistema del EBSJ para el juey azul terrestre (<i>Cardisoma guanhumi</i>). FE-13 Continuar implementando un plan de recuperación de tortugas marinas. AA-02 Desarrollar un índice de vulnerabilidad para evaluar la sensibilidad y la capacidad</p>	<p>FE-12 Debido a que el juey o cangrejo terrestre habita zonas costeras, es vulnerable al aumento del nivel del mar; por ello, una población saludable presenta una mayor capacidad de adaptación. FE-13 El aumento del nivel del mar puede afectar las áreas de anidación de las tortugas marinas; este impacto debe</p>

	<p>adaptativa de las especies y sus hábitats frente a los factores de estrés ambiental.</p> <p>AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia.</p> <p>AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	<p>incorporarse y atenderse mediante el plan de recuperación.</p> <p>AA-02 El índice de vulnerabilidad será un valor dinámico (una herramienta) que se calculará y monitoreará para predecir la vulnerabilidad de las especies marinas ante diferentes escenarios del nivel del mar.</p> <p>AA-05 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>
<p>El aumento del nivel del mar y la erosión resultante reducirán las playas disponibles para los usuarios recreativos y afectarán a las instalaciones hoteleras y recreativas a lo largo de la costa.</p>	<p>FE-17 Mejorar, restaurar y crear dunas costeras, bosques costeros y matorrales costeros.</p> <p>AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia.</p> <p>AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	<p>FE-17 Las dunas costeras protegen la vida y la propiedad frente al impacto del oleaje durante tormentas y funcionan como reservorios naturales de arena.</p> <p>AA-05 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>
<p>El aumento del nivel del mar provocará la intrusión de agua de mar (cuña salina) en los sistemas de recolección y tratamiento de aguas residuales.</p>	<p>MI-01 Diseñar y construir un sistema de alcantarillado sanitario para las comunidades ubicadas en la parte este del Caño Martín Peña y</p>	<p>MI-01, MI-02 y MI-04 Estas acciones tienen como objetivo mejorar la infraestructura de alcantarillado sanitario y pluvial para aumentar la</p>

	<p>otras áreas que carecen de un sistema adecuado.</p> <p>MI-02 Diseñar y construir un sistema de alcantarillado sanitario para las áreas que carecen de un sistema adecuado.</p> <p>MI-04 Colaborar con la industria local para mejorar la infraestructura y los niveles de tratamiento de aguas residuales utilizando la mejor tecnología disponible.</p> <p>AA-05 Evaluar las vulnerabilidades e implementar prácticas de gestión de la adaptación para fomentar la resiliencia.</p> <p>AA-09 Desarrollar directrices de política para el manejo estuarino resiliente frente a eventos meteorológicos extremos.</p>	<p>capacidad del sistema para manejar mayores volúmenes de agua.</p> <p>AA-05 y AA-09 La adaptación a los eventos meteorológicos extremos y a los factores de estrés ambiental requiere una evaluación y planificación continuas, integrales, integradas y centradas en la resiliencia.</p>
--	--	--

128

129 **Referencias**

130 Estuario. 2015. Plan de Adaptación al Cambio Climático del Estuario de la Bahía de San Juan.

131 Estuario. 2020. Diagnóstico de Vulnerabilidad de la Cuenca y el Sistema del Estuario de la Bahía de San Juan
 132 ante el Impacto de Huracanes.

133 Estuario. 2025 (en progreso). Cuarto Informe de la Condición Ambiental del Estuario.

134 Comité de Expertos y Asesores sobre Cambio Climático. 2024. Borrador final del Plan de Mitigación,
 135 Adaptación y Resiliencia al Cambio Climático en Puerto Rico.

136 Consejo de Cambio Climático de Puerto Rico. 2022. Estado del Clima de Puerto Rico 2014-2021.

137

138

1
2
3

SAN JUAN BAY ESTUARY VULNERABILITY ASSESSMENT AND ADAPTATION STRATEGY

4 BACKGROUND

5 The EPA expects that changes to the CCMPs will be informed by a vulnerability assessment. Estuario revised
6 the vulnerability assessment to ensure consistency with CWA Section 320 amendments (Protect and Restore
7 America’s Estuaries Act) and incorporation of advancements in available science.

8 The individual NEPs can write a new, separate vulnerability assessment, reference their existing vulnerability
9 assessment in the CCMP, or they can integrate the vulnerability analysis into their description of each CCMP
10 goal. If integrating the vulnerability assessment, then for each CCMP goal provide the following information:

- 11 • Identification of which stressors affect the CCMP goal.
- 12 • Assessment of what the risks are to the CCMP goals.
- 13 • Analysis of the likelihood (high/medium/low) and consequence (high/medium/low) of each risk to
14 achieving the CCMP goal.

15 If the vulnerability assessment shows that risks are likely to occur and would have consequences that
16 impede reaching a goal (what is typically referred to as ‘high’ or ‘red’ risks), then adaptation is necessary,
17 which may include:

- 18 • Modifying the CCMP goals to ones that are still ambitious, yet attainable given projected impacts
19 from increased extreme weather events and changing environmental conditions.
- 20 • Undertaking actions that mitigate the risks to CCMP goals; or
- 21 • Removing the CCMP goals that are no longer attainable.

22 The references consulted for the development of this vulnerability assessment for the CCMP revision
23 included the San Juan Bay Estuary Climate Change Adaption Plan (2015) where more than 26 expert
24 representing different agencies, the academia, the communities, and other entities provided inputs for one
25 day workshop. Also, we consulted the report title “Diagnóstico de Vulnerabilidad de la Cuenca y el Estuario
26 ante el Impacto de Huracanes (2020)” that includes recommendations from more 20 experts and SJBE State
27 of the Estuary reports. Finally, information from the 157 participating experts of the Puerto Rico Climate
28 Change Council were consulted (CEACC, 2023). Thus, we feel confident that this assessment integrates the
29 principal adaptations recommendations from the aforementioned reports in a comprehensive, detailed,
30 and holistic way.

31 The method to complete the vulnerability assessment consisted in reviewing the risks identified and
32 analyzed in prior steps (Table 1). Then a matrix was created in which the risks are organized based on the
33 probability they will occur and the consequences of their impact (Table 2). Then those risks with a high
34 probability of occurrence (or that are already occurring) and whose impacts are high—the combination
35 producing what are known as “red risks”—are prioritized and an adaptation plan (updated and new CCMP
36 actions) is designed for them (Table 3).

- 37 **A. Estuario Plan strategic goals:**
 38 1. Maintain and improve aging and failing gray and green infrastructure that negatively impacts water
 39 quality
 40 2. Ensure functioning ecosystems
 41 3. Implement integrated and sustainable materials management practices
 42 4. Advance the estuarine system’s adaptation to extreme events and protect communities
 43 5. Promote a culture of integrated stewardship of the estuarine system, its watershed, and related
 44 ecosystems

- 45 **B. San Juan Bay Estuary stressors due to extreme weather and other stressors:**
 46 1. Warmer summers
 47 2. Warmer water temperatures
 48 3. More-frequent droughts
 49 4. More-intense rainfall
 50 5. Rise in sea level
 51 6. Effects of CO₂, including ocean acidification
 52

53 **C. Risk analysis based on the strategic goals (A) and stressors (B).**
 54

55 **Table 1.** Programmatic goals and risks that may impede the accomplishment of those goals according to
 56 each stressor

Goals (SJBP)	Risks
Warmer summers (Extreme events & other stressors)	
Maintain and improve aging and failing gray and green infrastructure that negatively impacts water quality	Increase in runoff from more-intense precipitation and increasing sedimentation rate in the estuary’s bodies of water. Increase in concentration of ground pollutants due to increase in the rate of evapotranspiration within the watershed. More episodes of eutrophication and hypoxia in estuarine bodies of water.
Ensure functioning ecosystem	Shift of the forest structure and species in the upper watershed toward more drought-tolerant species. Increased death of coral communities due to coral bleaching and disease. More-intense storms and hurricane events. Increased levels of nutrients in the estuary due to decomposition of aquatic vegetation (eutrophication).

Goals (SJBP)	Risks
	<p>Increased death of fishes, crustaceans, and amphibians as they exceed the limit of their biological tolerance for dissolved oxygen and other environmental parameters.</p> <p>Higher demand for freshwater for human consumption and for other uses, leading to a reduction in the volume of surface and underground water and creating a deficit and/or ecological imbalance.</p> <p>Increased discharges of heated water from thermoelectric power plants into San Juan Bay due to an increased demand for energy.</p> <p>Increased stopover time of migratory birds during the winter.</p> <p>Increased metabolic and physiological activity of invasive species such as the green iguana and the caiman, leading to greater herbivore action and predation.</p>
<p>Advance the estuarine system’s adaptation to extreme events and protect communities</p>	<p>May cause more-intense storms and hurricane events.</p>
<p>Promote a culture of integrated stewardship of the estuarine system, its watershed, and related ecosystems</p>	<p>Increase in recreational activities and use of bodies of water all year round, which will increase pollutants and aquatic debris.</p>
<p>Warmer water temperatures (Extreme events & other stressors)</p>	
<p>Maintain and improve aging and failing gray and green infrastructure that negatively</p>	<p>May cause greater solubility of pollutants and thereby increase pollutants in the SJBE.</p> <p>Increased abundance, survival, and transmission of parasites and pathogenic bacteria.</p>

Goals (SJBP)	Risks
impacts water quality	
Ensure functioning ecosystem	<p>Less dissolved oxygen due to increased water temperature, with more-frequent episodes of mass fish mortality due to asphyxiation and physiological stress.</p> <p>More events of eutrophication and hypoxia in estuarine bodies of water.</p> <p>Increased death of coral communities due to coral bleaching and disease.</p> <p>Drop in populations of dinoflagellates and other microorganisms.</p> <p>Greater dispersion and migration of species such as the caiman.</p> <p>Increase in coral bleaching and coral diseases.</p> <p>Increase sargassum reproduction rate affecting coastal benthic communities such as seagrass and impacting water quality.</p>
Advance the estuarine system's adaptation to extreme events and protect communities	<p>May cause more-intense storms and hurricane events jeopardizing the accomplishment of other SJBE programmatic goals.</p>
More-frequent droughts (Extreme events & other stressors)	
Maintain and improve aging and failing gray and green infrastructure that negatively impacts water quality	<p>Increased concentration of pollutants due to a decrease in water volume.</p> <p>Increased concentrations of pollutants in bodies of water as dilution is reduced due to reduced water flow.</p>
Ensure functioning ecosystem	<p>Reforestation and planting in the watershed will be less successful.</p> <p>More-frequent droughts and more-intense rainfall will create changes in the salinity of the estuary, affecting the distribution of species.</p> <p>Increase in Sahara dust carrying pathogens and other compounds may stimulate the rapid and uncontrolled growth of microorganisms and increase "red tide" events.</p>

Goals (SJBP)	Risks
	More-frequent droughts and more-intense rainfall will create changes in the salinity of the estuary, affecting the distribution of species.
Advance the estuarine system's adaptation to extreme events and protect communities	<p>A reduction in the base flow of rivers and streams, loss of depth, and therefore warmer water.</p> <p>Lower water table and reduced aquifers, causing subsidence along the coastline and intrusion of saltwater.</p> <p>More frequent droughts and more-intense rainfall will create changes in the salinity of the estuary, affecting the distribution of species.</p>
Promote a culture of integrated stewardship of the estuarine system, its watershed, and related ecosystems	Increase in recreational activities and use of bodies of water all year round, which will increase pollutants and aquatic debris.
More-intense rainfall (Extreme events & other stressors)	
Maintain and improve aging and failing gray and green infrastructure that negatively impacts water quality	<p>Increased amounts of rainwater runoff. May cause septic tanks and sewage-collection systems to fail and/or overflow.</p> <p>Flood-control facilities such as retention ponds and wastewater treatment plants may fail and/or overflow.</p> <p>More intense rainfall will increase the amount of stormwater runoff from impervious surfaces carrying oils and grease, pesticides, and other pollutants.</p> <p>More incidents of flooding/overflow of combined sewage systems and sewage-collection systems.</p> <p>Treatment plants will become overloaded and must be halted due to excess flow of sewage to be treated.</p>
Ensure functioning ecosystem	<p>Spread of herbaceous emerging freshwater wetlands.</p> <p>Greater vegetation coverage and tree growth in the upper watershed.</p> <p>Increased dispersion of species such as the tilapia in estuarine bodies of water.</p> <p>Dispersion of caimans to the upper watershed.</p>

Goals (SJBP)	Risks
	Increase sedimentation rate that may reduce water transparency affecting coral reefs and seagrass beds.
Advance the estuarine system's adaptation to extreme events and protect communities	<p>More flooding events caused by rainwater in urban areas.</p> <p>Erosion of riverbanks and streambeds</p> <p>Increased number of trees, vegetation cover, and aquatic weeds, which can obstruct SJBE canals and other waterways.</p>
Promote a culture of integrated stewardship of the estuarine system, its watershed, and related ecosystems	<p>Increased public-health risks due to increased bacteriological contamination.</p> <p>Closure of recreational facilities due to bad weather.</p>
Rise in sea level (Extreme events & other stressors)	
Maintain and improve aging and failing gray and green infrastructure that negatively impacts water quality	<p>Higher sea level may create obstructions and backflow at points of stormwater discharge, causing pollutant-laden water to overflow and impact higher areas of the watershed.</p> <p>May obstruct sewage-treatment plant gravity inflow point.</p> <p>May obstruct discharge points of stormwater runoff.</p> <p>Greater infiltration (due to rise in the water table) into sewage-treatment systems.</p> <p>Seawater may reach treatment/disposal sewers systems.</p>
Ensure functioning ecosystem	<p>Migration inland of wetlands, including mangrove stands.</p> <p>Freshwater wetlands may become salinized, and their structure and function may change.</p> <p>Changes in the zonation of mangrove species, e.g., the red mangrove may displace other species.</p> <p>Loss of nesting areas for aquatic birds, sea turtles, and other marine creatures</p>
Advance the estuarine system's	Higher extreme tides, coastal flooring events, which will flood new areas along the coastline.

Goals (SJBP)	Risks
adaptation to extreme events and protect communities	May reduce the thickness of the estuary's surface layer of freshwater. Erosion of the coastline, causing loss of beaches, wetlands, and marshes. Changes in the pattern of currents and circulation in estuary lagoons.
Effects of CO2, including ocean acidification (Extreme events & other stressors)	
Ensure functioning ecosystem	Increased death of corals and other calcifying organisms. Calcification of coral colonies growing on artificial reefs may be affected.

57

58 **D. Analysis and characterization of risks**

59 (* A = Low; B = Medium; C = High/ ** A = Limited; B = Regional; C = Widespread/ *** A = Decades Away; B =
 60 10-15 years; C = Now Occurring)

61 **Table 2.** Risk analysis in terms of probability of occurrence, consequences and spatial/temporal scales.

62

Risk	Probability*	Consequences*	Spatial Scale**	Time Scale***
More-intense rainfall will increase the amount of stormwater runoff from impervious surfaces carrying oils and grease, pesticides, and other pollutants.	C	C	C	C
Increase in runoff from more-intense precipitation; increased sedimentation in the estuary's bodies of water.	C	B	C	B
Increase in ground pollutants due to increase in the rate of evapotranspiration.	A	A	B	A
More episodes of eutrophication and hypoxia in estuarine bodies of water.	B	C	A	B
Increased concentrations of pollutants in bodies of water as dilution is reduced due to reduced water flow.	B	B	B	A
Increase in rain may cause septic tanks and sewage-collection systems to fail and/or overflow.	C	C	C	C

Risk	Probability*	Consequences*	Spatial Scale**	Time Scale***
Shift in the structure of forests and in species in the upper watershed toward more drought-tolerant species.	B	A	B	A
Loss of topsoil in the watershed and greater erosion, increasing sedimentation in the estuary's bodies of water.	B	C	C	A
Increase in the intensity and amount of rainfall will cause more events of flooding in urban areas.	C	C	C	C
Increased discharges of heated water from thermoelectric power plants into San Juan Bay due to an increased demand for energy.	A	B	A	A
Higher water temperatures may cause greater solubility of pollutants and higher concentrations of pollutants in the SJBE.	A	B	A	A
Obstruction of discharge points and stormwater drain outlets.	C	C	C	B
Increased death of coral communities due to coral bleaching and disease.	C	B	B	B
Spread of herbaceous emerging freshwater wetlands.	B	A	B	A
Greater vegetation coverage and tree growth in the upper watershed.	A	B	C	A
Migration inland of wetlands, including mangrove stands.	B	B	B	A
Increased death of coral and other calcifying organisms.	B	B	B	A
Flood-control facilities such as retention ponds and wastewater treatment plants may fail and/or overflow.	B	B	A	A

Risk	Probability*	Consequences*	Spatial Scale**	Time Scale***
Changes in the zonation of mangrove species; e.g., the red mangrove may displace other species.	B	A	B	A
Increased death of coral communities due to coral bleaching and disease.	B	B	A	A
Increase sargassum reproduction rate affecting coastal benthic communities such as seagrass and impacting water quality.	A	A	C	C
Reduced populations of dinoflagellates and other microorganisms.	A	A	B	A
Increase in Sahara dust carrying pathogens and other compounds may stimulate the rapid and uncontrolled growth of microorganisms and increase "red tide" events.	B	B	C	A
Increase sedimentation rate that may reduce water transparency affecting coral reefs and seagrass beds.	A	A	B	C
Increased death of fishes, crustaceans, and amphibians as they exceed the limit of their biological tolerance for dissolved oxygen and other environmental parameters.	B	B	B	A
Loss of nesting areas for aquatic birds, sea turtles, and other marine creatures.	C	C	A	B
An increase in water temperatures may increase the abundance, survival, and transmission of parasites and pathogenic bacteria.	A	C	B	A
Increased stopover time of migratory birds during the winter.	A	A	A	A
Higher demand for freshwater for human consumption and for other uses, leading to a reduction in the volume of surface	C	B	C	B

Risk	Probability*	Consequences*	Spatial Scale**	Time Scale***
and underground water and creating a deficit and/or ecological imbalance.				
A reduction in the base flow of rivers and streams, loss of depth, and therefore warmer water.	B	B	B	B
Dissolution of beach rocks and eolianites, weakening the natural barrier against high waves, storm surges, and swell along the coastline.	A	B	A	A
Higher sea level may create obstructions and backflow at points of stormwater discharge, causing pollutant-laden water to overflow and impact higher areas of the watershed.	C	C	C	B
Changes in the pattern of currents and circulation in estuary lagoons.	B	B	B	A
Increased metabolic and physiological activity of invasive species such as the green iguana and the caiman, leading to greater herbivore action and predation.	B	B	A	A
Greater dispersion and migration of species such as the caiman.	B	B	A	A
Dispersion of caimans to the upper watershed.	B	B	A	A
Erosion of riverbanks and streambeds.	B	B	B	A
Increase in recreational activities and use of bodies of water all year round, which will increase pollutants and aquatic debris.	C	B	B	B
Closure of recreational facilities due to bad weather.	A	A	A	A
More incidents of flooding/overflow of combined sewage systems and sewage-collection systems.	C	C	C	C

Risk	Probability*	Consequences*	Spatial Scale**	Time Scale***
Loss of beaches for beachgoers and impact on hotel and recreational facilities along the coast.	C	C	B	C
Rise in sea level will cause greater infiltration (due to rise in the water table) into sewage-treatment systems.	A	B	B	A
Increased public-health risks due to increased bacteriological contamination.	B	B	A	A
Rise in sea level will cause seawater to reach combined sewage-runoff systems.	C	C	C	B
Calcification of coral colonies growing on artificial reefs will be affected.	B	B	B	A
More-frequent droughts will increase the concentration of pollutants due to a decrease in water volume.	B	B	B	A
Use of dams such as Las Curias will compromise freshwater reaching San Juan Bay via the Río Piedras.	A	A	A	A
Higher sea level may create obstructions and backflow at points of stormwater discharge, causing pollutant-laden water to overflow and impact higher areas of the watershed.	C	C	C	B
More-intense rainfall will cause treatment plants become overloaded and have to be halted due to excess flow of sewage to be treated.	B	B	A	B
Rise in sea level may obstruct sewage-treatment plant gravity inflow point.	B	B	A	B
Rise in sea level may reduce the depth of freshwater surface layer in the estuary.	A	B	C	A
Increase in the intensity and amount of rainfall will cause flooding and episodes of	C	C	C	C

Risk	Probability*	Consequences*	Spatial Scale**	Time Scale***
more intense runoff, particularly at entries to already saturated stormwater drains.				
Warmer summers due to global warming will cause an increase in the level of nutrients in the estuary due to decomposition of aquatic vegetation (eutrophication).	A	B	C	A
Increased water temperatures will cause eutrophication and hypoxia (low oxygen concentrations) in estuarine bodies of water.	B	B	A	A
Rise in sea level will cause erosion of the coastline, causing the loss of beaches, wetlands, and marshes.	C	C	B	C
Increase in distribution of species such as tilapia in estuarine bodies of water.	A	A	A	A
Warmer summers due to global warming will cause more-intense storms and hurricanes.	B	C	C	A
Increase in the intensity and amount of rainfall will increase the number of trees, vegetation cover, and aquatic weeds, which can obstruct SJBE canals and other waterways.	B	B	B	A
More-frequent droughts will cause a drop in the base flow of water in rivers and creeks and a loss of water depth, causing warmer water.	C	C	B	C
More-frequent droughts will lower the water table, causing subsidence along the coast, coastal erosion, and intrusion of salt water.	A	B	B	A
Rise in sea level will cause freshwater wetlands to become salinized and their structure and function will change.	B	B	B	B

Risk	Probability*	Consequences*	Spatial Scale**	Time Scale***
Rise in sea level will lead to higher tides, flooding new areas along the coast.	C	C	B	C
More-frequent droughts or greater rainfall amounts will lead to changes in the distribution of salinity in the estuary, thereby affecting the distribution of species.	B	B	B	A

63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91

E. These are the risks (red risks) that based on the above analysis are likely to occur and would have consequences and impede reaching the SJBEP goals, thus need to be addressed through action/activities in the CCMP:

1. More intense rainfall will increase the amount of stormwater runoff from impervious surfaces carrying oils and grease, pesticides, and other pollutants.
2. More intense rainfall will cause septic tanks and sewage-collection systems to fail and/or overflow.
3. More intense rainfall will cause more flooding in urban areas.
4. Warmer water will cause greater solubility of pollutants and thereby increase pollutants' availability in the SJBE.
5. More intense rainfall will cause flood-control facilities such as retention ponds and wastewater treatment plants to fail and/or overflow.
6. Warmer water will cause increased abundance, survival, and transmission of parasites and pathogenic bacteria.
7. A rise in sea level will create obstructions and backflow at points of stormwater discharge, causing pollutant-laden water to overflow and impact higher areas of the watershed.
8. More-intense rainfall will cause erosion of riverbanks and streambeds.
9. A rise in sea level will cause higher tides that will flood new areas of the coastline.
10. More intense rainfall will cause more incidents of flooding/overflow of combined sewage systems and sewage-collection systems.
11. More frequent droughts will increase the concentration of pollutants due to a decrease in water volume.
12. More intense rainfall will cause treatment plants to become overloaded and be halted due to excess flow of sewage to be treated.
13. Rise in sea level will obstruct sewage-treatment plant gravity inflow point.
14. Rise in sea level will reduce the depth of the estuary's surface layer of freshwater.
15. More intense rainfall will cause flooding and episodes of more intense runoff, particularly at entries of already saturated stormwater drains.

- 92 16. Warmer water temperatures will cause eutrophication (increase nutrient level) and hypoxia (low
- 93 oxygen concentrations) in estuarine bodies of water.
- 94 17. Rise in sea level will cause erosion of the coastline, causing the loss of beaches, wetlands, and
- 95 marshes.
- 96 18. Warmer summers will cause more intense storms and hurricanes.
- 97 19. More-intense rainfall will increase the number of trees, vegetation cover, and aquatic weeds, which
- 98 can obstruct SJBE canals and other waterways.
- 99 20. More frequent droughts will cause a drop in the base flow of water in rivers and creeks and a loss of
- 100 water depth, causing warmer water.
- 101 21. More frequent droughts will lower the water table, causing subsidence along the coast, coastal
- 102 erosion, and intrusion of salt water.
- 103 22. Rise in sea level will cause freshwater wetlands to become salinized and their structure and function
- 104 will change.
- 105 23. More frequent droughts or greater rainfall amounts will lead to changes in the distribution of salinity
- 106 in the estuary, thereby affecting the distribution of species.
- 107 24. A rise in sea level will reduce nesting areas for aquatic birds, sea turtles, and other marine creatures.
- 108 25. A rise in sea level and consequent erosion will reduce beaches for beachgoers and impact on hotel
- 109 and recreational facilities along the coast.
- 110 26. A rise in sea level will cause infiltration of seawater (saltwater wedge) into the sewage collection and
- 111 treatment systems.

ADAPTATION STRATEGY

The adaptation strategy explains the CCMP Actions to be implemented to address vulnerabilities in the San Juan Bay Estuary. Each CCMP adaptation action will be marked with icon in the Actions Plan to identify if the action is an adaptation strategy per the Protect and Restore America’s Estuaries Act amendments to Section 320 of the CWA.

Table 3. Adaptation actions and relevance.

STRESSORS/RED RISKS	ADAPTATION ACTION	ADAPTATION RELEVANCE
<p>More intense rainfall will increase the amount of stormwater runoff from impervious surfaces carrying oils and grease, pesticides, and other pollutants.</p>	<p>MI-17 Minimize sediment loading into the SJBE.</p> <p>MI-20 Nutrient and sediment modeling in the SJBE watershed.</p> <p>AA-04 Use existing risk assessments and adaptation plan information to inform zoning, land use, and infrastructure development plans.</p>	<p>MI-17 Sediments bind and transport contaminants. Less sediments, less contaminants through stormwater runoff.</p> <p>MI-20 Total loads of contaminants can be calculated and predicted under different extreme weather scenarios through modeling.</p> <p>AA-04, AA-05, AA-07 and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demands continuous,</p>

	<p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-07 Support resilience-based water management systems to help reduce stress on the SJBE during extreme weather events.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	<p>comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation.</p>
<p>More intense rainfall will cause septic tanks and sewage-collection systems to fail and/or overflow.</p>	<p>MI-01 Design and construct a sanitary sewer system for the communities fringing the eastern section of Caño Martín Peña and other areas that lack an adequate system.</p> <p>MI-02 Implement infrastructure retrofits to support the reduction of raw sewage discharges into the SJBE.</p> <p>WM-06 Collaborate with municipalities and state agencies to establish FOGs pollution prevention initiatives across the region.</p> <p>AA-04 Use existing risk assessments and adaptation plan information to inform zoning, land use, and infrastructure development plans.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p>	<p>M1-01 These communities currently lack an adequate sanitary sewer system thus it will become worsts under the projected extreme weathers risks.</p> <p>MI-02 Currently the SJBE watershed sanitary infrastructure is compromised and deteriorated thus it will not be able to assimilate loads under the projected extreme weathers risks.</p> <p>WM-06 More than 40 % percent of sewage system overflow is due to clogged sanitary pipes by coagulated oil & grease (FOGs).</p> <p>AA-04, AA-05, and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation.</p>

	<p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	
<p>More intense rainfall will cause more flooding in urban areas.</p>	<p>MI-06 Design and construct a stormwater system for the communities fringing the eastern section of Caño Martín Peña and other adjacent communities that currently lack adequate infrastructure.</p> <p>MI-07 Design and upgrade the current infrastructure to support stormwater management in the San Juan Metropolitan Region.</p> <p>MI-21 Conduct a comprehensive hydrologic assessment of the estuarine system to prioritize water exchange restoration efforts.</p> <p>MI-30 Ensure repaving efforts maintain proper slopes and grading to effectively manage stormwater and prevent blockage of sewer inlets.</p> <p>WM-02 Conduct periodic clean-up activities at suggested SJBE locations.</p> <p>AA-03 Establish scenario-based risk modeling to simulate potential extreme weather effects on the SJBE.</p> <p>AA-04 Use existing risk assessments and adaptation plan information to inform zoning, land use, and infrastructure development plans.</p>	<p>MI-06 These communities currently lack an adequate stormwater system thus it will become worse under the projected extreme weather risk.</p> <p>MI-07 Currently the SJBE watershed stormwater system is compromised and deteriorated thus it will not be able to control flooding under the expected heavy precipitation events.</p> <p>MI-21 More information and modelling is needed to know better the hydrological- hydraulic respond to extreme weather events.</p> <p>MI-30 and WM-02 will promote and maintain stormwater water flows on the collection network during high precipitation events.</p> <p>AA-03, AA-04, AA-05, AA-07, and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p>

	<p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-07 Support resilience-based water management systems to help reduce stress on the SJBE during extreme weather events.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	
<p>Warmer water will cause greater solubility of pollutants and thereby increase pollutants' availability in the SJBE.</p>	<p>MI-17 Minimize sediment loading into the SJBE.</p> <p>MI-21 Conduct a comprehensive hydrologic assessment of the estuarine system to prioritize water exchange restoration efforts.</p> <p>MI-20 Nutrient and sediment modeling in the SJBE watershed.</p> <p>WM-11 Reduce emerging contaminants of concern loads to the SJBE.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	<p>MI-17 Sediments bind and transport contaminants. Less sediments, less contaminants reaching the estuarine system.</p> <p>MI-21 More information and modelling is needed to know better the hydrological- hydraulic respond to extreme weather events.</p> <p>WM-11 Less emerging contaminants of concern reaching the estuarine system, and less chances of an increase in the solubility of these pollutants.</p> <p>AA-05 and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p>
<p>More intense rainfall will cause flood-control facilities such as retention ponds and wastewater</p>	<p>MI-04 Collaborate with local industry to improve wastewater infrastructure</p>	<p>MI-04 Better and more efficient wastewater infrastructure will</p>

<p>treatment plants to fail and/or overflow.</p>	<p>and treatment levels using the best available technology.</p> <p>AA-04 Use existing risk assessments and adaptation plan information to inform zoning, land use, and infrastructure development plans.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-07 Support resilience-based water management systems to help reduce stress on the SJBE during extreme weather events.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	<p>have more collection and treatment capacity.</p> <p>AA-04, AA-05, AA-07, and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p>
<p>Warmer water will cause increased abundance, survival, and transmission of parasites and pathogenic bacteria.</p>	<p>MI-20 Nutrient and sediment modeling in the SJBE watershed.</p> <p>MI-34 Develop a predictive platform for the early detection of harmful algal blooms.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	<p>MI-20 Total loads of contaminants can be calculated and predicted under different extreme weather scenarios through modeling.</p> <p>MI-34 Warmer water will increase nutrients availability and algae metabolism and reproduction thus a predictive tool is needed to adapt and mitigate.</p> <p>AA-05 and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p>

<p>A rise in sea level will create obstructions and backflow at points of stormwater discharge, causing pollutant-laden water to overflow and impact higher areas of the watershed.</p>	<p>MI-06 Design and construct a stormwater system for the communities fringing the eastern section of Caño Martín Peña and other adjacent communities that currently lack adequate infrastructure.</p> <p>MI-07 Design and upgrade the current infrastructure to support stormwater management in the San Juan Metropolitan Region.</p> <p>MI-08 Develop and implement a stormwater management plan at the watershed level for the San Juan Metropolitan Region.</p> <p>MI-09 Design and implement the necessary stormwater infrastructure retrofits in the Río Piedras Watershed to support the river's natural capacity to manage stormwater and prevent floods.</p> <p>AA-04 Use existing risk assessments and adaptation plan information to inform zoning, land use, and infrastructure development plans.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-07 Support resilience-based water management systems to help reduce stress on the SJBE during extreme weather events.</p>	<p>MI-06, MI-07, MI-08 and MI-09 More volume capacity in stormwater systems will accommodate the additional water entering the system due to sea level rise.</p> <p>AA-04, AA-05, AA-07, and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p> <p>AA-04, AA-05, AA-07, and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p>
---	--	--

	<p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	
<p>More-intense rainfall will cause erosion of riverbanks and streambeds.</p>	<p>MI-10 Restore and enhance connectivity of riparian corridors along the SJBE tributaries.</p> <p>MI-21 Conduct a comprehensive hydrologic assessment of the estuarine system to prioritize water exchange restoration efforts.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-08 Create a project for reversing the channelization by concrete of a segment of a river, creek, or freshwater tributary within the SJBE.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	<p>MI-10 Riparian corridors retain soils thus protecting riverbank from erosion.</p> <p>MI-21 Increase rainfall will increase flow thus a hydrologic assessment will aid to quantify water mass transportation and balance under different scenarios.</p> <p>AA-05 and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p> <p>AA-08 There are areas where the concrete channel wall has collapsed that need better designs.</p>
<p>A rise in sea level will cause higher tides that will flood new areas of the coastline.</p>	<p>AA-01 Estimate or model the SJBE's vulnerability to extreme weather events and sea level rise, and present adaptation measures.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-07 Support resilience-based water management systems to help reduce stress</p>	<p>AA-01, AA-05, AA-07, and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p>

	<p>on the SJBE during extreme weather events.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	
<p>More intense rainfall will cause more incidents of flooding/overflow of combined sewage systems and sewage-collection systems.</p>	<p>MI-03 Eliminate illegal commercial and residential sewage discharges into the stormwater sewer system.</p> <p>AA-04 Use existing risk assessments and adaptation plan information to inform zoning, land use, and infrastructure development plans.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-07 Support resilience-based water management systems to help reduce stress on the SJBE during extreme weather events.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	<p>MI-03 This action will increase the volume capacity of the stormwater system.</p> <p>AA-04, AA-05, AA-07, and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p>
<p>More frequent droughts will increase the concentration of pollutants due to a decrease in water volume.</p>	<p>MI-12 Develop and issue NPDES permits to regulate stormwater discharges in urbanized areas of the SJBE watershed, such as Condado Beach, that contribute stormwater point source discharges to the system and its tributaries.</p> <p>MI-13 Validate and implement the Master Plan</p>	<p>M-12 NPDES permits can adjust contaminants discharges limits based on the expected increase in contaminant concentration due to dilution effects.</p>

	<p>for Green Infrastructure in the SJBE Watershed.</p> <p>MI-17 Minimize sediment loading into the SJBE.</p> <p>*NEW* MI-20 Nutrient and sediment modeling in the SJBE watershed.</p> <p>WM-11 Reduce emerging contaminants of concern loads to the SJBE.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-08 Create a project for reversing the channelization by concrete of a segment of a river, creek, or freshwater tributary within the SJBE.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	<p>MI-13 One of the benefits of nature-based designs is the retention of contaminants and other pollutants by the plants radicular system.</p> <p>Mi-17 Less sediments receiving the system less pollutants that will reach the water bodies binds those sediments.</p> <p>MI-20 The modelling of the nutrients and sediments dynamics in the SJBE watershed will provide information on how the system (loads) may respond to changes in water volume (by dilution or concentration, for example).</p> <p>WM-11 Less quantities of contaminants of emerging concern less will concentrate due to dilution effects.</p> <p>AA-05 and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p> <p>AA-08 Nature based channelization design retains and filter contaminants before they reach the water bodies.</p>
<p>More intense rainfall will cause treatment plants to become overloaded and be halted due to excess flow of sewage to be treated.</p>	<p>MI-04 Collaborate with local industry to improve wastewater infrastructure and treatment levels using the best available technology.</p> <p>AA-04 Use existing risk assessments and adaptation plan information to inform zoning, land use, and</p>	<p>MI-04 More efficient and capacity will be needed in treatment plan to cope with excess flow.</p> <p>AA-04, AA-05, AA-07, and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and</p>

	<p>infrastructure development plans.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-07 Support resilience-based water management systems to help reduce stress on the SJBE during extreme weather events.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	<p>resilience-centered management evaluation and planning.</p>
<p>Rise in sea level will obstruct sewage-treatment plant gravity inflow point.</p>	<p>MI-04 Collaborate with local industry to improve wastewater infrastructure and treatment levels using the best available technology.</p> <p>AA-04 Use existing risk assessments and adaptation plan information to inform zoning, land use, and infrastructure development plans.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	<p>MI-04 Regional wastewater infrastructure need to be upgraded since they are located near the coast.</p> <p>AA-04, AA-05, and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p>
<p>Rise in sea level will reduce the depth of the estuary's surface layer of freshwater.</p>	<p>MI-21 Conduct a comprehensive hydrologic assessment of the estuarine system to prioritize water exchange restoration efforts.</p>	<p>MI-21 A hydrologic assessment will exhibit how the estuarine system water mass layer dynamic will change due to sea level rise.</p>

	<p>AA-03 Establish scenario-based risk modeling to simulate potential extreme weather event effects on the SJBE.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	<p>AA-03 The stressor (sea level rise) should be continually modelled under different sea surfaces water temperatures scenarios in order to predicts risks and impacts.</p> <p>AA-04, AA-05, and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p>
<p>More intense rainfall will cause flooding and episodes of more intense runoff, particularly at entries of already saturated stormwater drains.</p>	<p>MI-06 Design and construct a stormwater system for the communities fringing the eastern section of Caño Martín Peña and other adjacent communities that currently lack adequate infrastructure.</p> <p>MI-08 Develop and implement a stormwater management plan at the watershed level for the San Juan Metropolitan Region.</p> <p>MI-09 Design and implement the necessary stormwater infrastructure retrofits in the Río Piedras Watershed to support the river’s natural capacity to manage stormwater and prevent floods.</p> <p>MI-30 Ensure repaving efforts maintain proper slopes and grading to effectively manage stormwater and prevent blockage of sewer inlets.</p> <p>AA-04 Use existing risk assessments and adaptation</p>	<p>Actions MI-06, MI-08, MI-09 and MI-30 aims to strength the stormwater infrastructure to cope with an increase in runoff water volume.</p> <p>AA-04, AA-05, AA-07, and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p>

	<p>plan information to inform zoning, land use, and infrastructure development plans.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-07 Support resilience-based water management systems to help reduce stress on the SJBE during extreme weather events.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	
<p>Warmer water temperatures will cause eutrophication (increase nutrient level) and hypoxia (low oxygen concentrations) in estuarine bodies of water.</p>	<p>MI-13 Validate and implement the Master Plan for Green Infrastructure in the SJBE Watershed.</p> <p>MI-20 Nutrient and sediment modeling in the SJBE watershed.</p> <p>MI-34 Develop a predictive platform for the early detection of harmful algal blooms.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	<p>MI-13 Green infrastructure surfaces function as nutrients traps, less nutrient reaching the system, lest is the probability of eutrophication and hypoxia events.</p> <p>MI-20 Nutrient modeling will allow to calculate how much mass of nutrients may reach the estuarine systems under warmer water scenario.</p> <p>MI-34 Eutrophication may promote harmful algal blooms thus a predictive platform will allow to evaluate and mitigate impact.</p> <p>AA-05 and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p>

<p>Rise in sea level will cause erosion of the coastline, causing the loss of beaches, wetlands, and marshes.</p>	<p>FE-06 Restore, enhance and create mangrove forests in the SJBE system.</p> <p>FE-07 Enhance seagrass beds in the SJBE system.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	<p>FE-06 Mangroves retain sediments as natural barrier.</p> <p>FE-07 Seagrass beds dissipate wave energy and trap sediments.</p> <p>AA-05 and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p>
<p>Warmer summers will cause more intense storms and hurricanes.</p>	<p>FE-06 Restore, enhance and create mangrove forests in the SJBE system.</p> <p>FE-07 Enhance seagrass beds in the SJBE system.</p> <p>FE-09 Enhance coral communities in the SJBE system.</p> <p>FE-23 Identify areas in the SJBE to be designated marine protected areas and continue coral reef restoration projects.</p> <p>AA-01 Estimate or model the SJBE's vulnerability to extreme weather events and sea level rise, and present adaptation measures.</p> <p>AA-03 Establish scenario-based risk modeling to simulate potential extreme weather event effects on the SJBE.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation</p>	<p>FE-06, FE-07, FE-09 and FE-23 Mangrove forest, seagrass beds and corals dissipate the energy from winds and waves protecting the coast from storms and hurricanes.</p> <p>AA-01, AA-03, AA-05, AA-07, and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p>

	<p>management practices to become resilient.</p> <p>AA-07 Support resilience-based water management systems to help reduce stress on the SJBE during extreme weather events.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	
<p>More-intense rainfall will increase the number of trees, vegetation cover, and aquatic weeds, which can obstruct SJBE canals and other waterways.</p>	<p>MI-11 Restore and maintain the natural flow regimes of tributaries to maximize stormwater management potential.</p> <p>MI-13 Validate and implement the Master Plan for Green Infrastructure in the SJBE Watershed.</p> <p>FE-18 Enhance and protect forests and landscape connectivity in the watershed.</p> <p>WM-13 Implement a collection system of vegetative materials across the region.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	<p>MI-11, MI-13, FE-18 and WM-13 aim to enhanced the stormwater system and manage vegetative materials in the watershed.</p> <p>AA-05 and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p>
<p>More frequent droughts will cause a drop in the base flow of water in rivers and creeks and a loss of</p>	<p>MI-21 Conduct a comprehensive hydrologic assessment of the estuarine</p>	<p>MI-21 aims to increase the knowledge needed to understand hydrological dynamics to conserve base flows in the system.</p>

<p>water depth, causing warmer water.</p>	<p>system to prioritize water exchange restoration efforts.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	<p>AA-05 and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p>
<p>More frequent droughts will lower the water table, causing subsidence along the coast, coastal erosion, and intrusion of salt water.</p>	<p>MI-21 Conduct a comprehensive hydrologic assessment of the estuarine system to prioritize water exchange restoration efforts.</p> <p>FE-06 Restore, enhance and create mangrove forests in the SJBE system.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	<p>MI-21 aims to increase the knowledge needed to understand hydrological dynamics of the system.</p> <p>FE-06 Mangrove forest expands and increases the coast by accumulating sediments and peat mitigating coastal erosion.</p> <p>AA-05 and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p>
<p>Rise in sea level will cause freshwater wetlands to become salinized and their structure and function will change.</p>	<p>MI-21 Conduct a comprehensive hydrologic assessment of the estuarine system to prioritize water exchange restoration efforts.</p> <p>FE-19 Enhance and protect herbaceous wetlands.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	<p>Action MI-21 aims to increase the knowledge needed to understand hydrological dynamics of the system.</p> <p>FE-19 Healthy wetlands are more resilient to cope with sea level rise impacts.</p> <p>AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-</p>

		centered management evaluation and planning.
More frequent droughts or greater rainfall amounts will lead to changes in the distribution of salinity in the estuary, thereby affecting the distribution of species.	<p>FE-15 Enhance and protect critical threatened and endangered plant species within the SJBE.</p> <p>FE-19 Enhance and protect herbaceous wetlands.</p> <p>AA-02 Develop a vulnerability index to rate the sensitivity and adaptive capacity of species and their habitats to environmental stressors.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	<p>FE-15 and FE-19 Healthy plant species and wetlands ecosystems are more resilient to cope with extreme weathers impacts.</p> <p>AA-02, AA-05 and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p>
A rise in sea level will reduce nesting areas for aquatic birds, sea turtles, and other marine creatures.	<p>FE-12 Establish management measures within the SJBE system for the land crab <i>Cardisoma guanhumii</i>.</p> <p>FE-13 Continue to implement a sea turtle recovery plan.</p> <p>AA-02 Develop a vulnerability index to rate the sensitivity and adaptive capacity of species and their habitats to environmental stressors.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme</p>	<p>FE-12 Since land crab habits in coastal areas they are vulnerable to sea level rise thus a healthy population is more able to adapt.</p> <p>FE-13 Sea level rise may impact sea turtle nesting areas, an impact that must be included and addressed in the recovery plan.</p> <p>AA-02 The vulnerability index will be a dynamic value (a tool) that will be calculated and monitor to predict the vulnerability of marine creatures under different sea level scenarios.</p> <p>AA-05 and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive,</p>

	<p>weather resilient estuarine management.</p>	<p>integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p>
<p>A rise in sea level and consequent erosion will reduce beaches for beachgoers and impact on hotel and recreational facilities along the coast.</p>	<p>FE-17 Enhance, restore, and create coastal dunes, coastal forests, and beach thickets.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	<p>FE-17 Coastal dunes protect life and property from storm waves and are sand depository.</p> <p>AA-05 and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p>
<p>A rise in sea level will cause infiltration of seawater (saltwater wedge) into the sewage collection and treatment systems.</p>	<p>MI-01 Design and construct a sanitary sewer system for the communities fringing the eastern section of Caño Martín Peña and other areas that lack an adequate system.</p> <p>MI-02 Implement infrastructure retrofits to support the reduction of raw sewage discharges into the SJBE.</p> <p>MI-04 Collaborate with local industry to improve wastewater infrastructure and treatment levels using the best available technology.</p> <p>AA-05 Assess vulnerabilities and implement adaptation management practices to become resilient.</p> <p>AA-09 Develop policy guidelines for extreme weather resilient estuarine management.</p>	<p>MI-01, MI-02 and MI-04 aim to improve stormwater and sanitary construction materials to increase water volume capacity.</p> <p>AA-05 and AA-09 Adaptation to extreme weather events and environmental stressors demand continuous, comprehensive, integrated, and resilience-centered management evaluation and planning.</p>

--	--	--

118 **References**

- 119 Diagnóstico de vulnerabilidad de la Cuenca y el estuario de la bahía de San Juan ante el impacto de
120 huracanes (2020)
121 Comité de Expertos y Asesores sobre Cambio Climático (CEACC) (2023). Plan de Mitigación, Adaptación y
122 Resiliencia al Cambio
123 Condición ambiental del Estuario 2025 (en progreso)
124
125