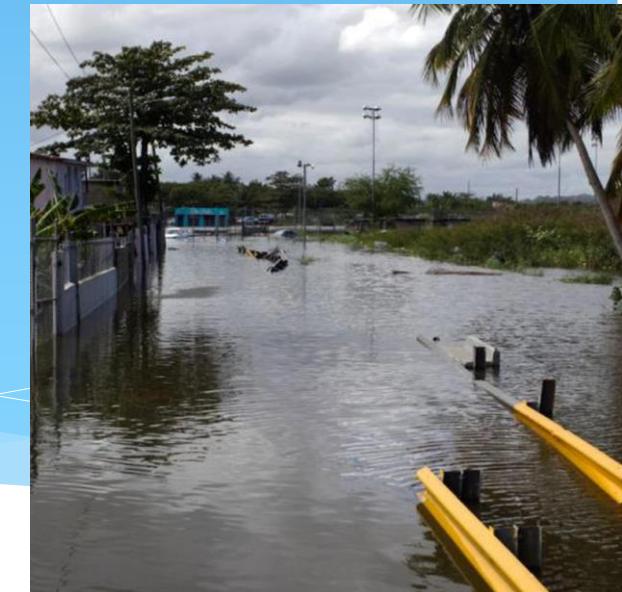


# IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE Y LA INFRAESTRUCTURA DE AGUAS USADAS



Ing. Carl-Axel P. Soderberg, P.E.  
Miembro Comité de Expertos y  
Asesores sobre Cambio Climático

# CONCEPTOS BASICOS

# TIEMPO

Condiciones meteorológicas en un día o varios días específicos

- temperatura
- velocidad del viento
- cantidad de lluvia
- presión barométrica



# CLIMA

Patrón de comportamiento meteorológico

Tropical  
Sub-tropical  
Templado  
Polar

# CLIMA

Patrón de comportamiento meteorológico dentro de cada tipo de clima

# CALENTAMIENTO GLOBAL

# CAMBIO CLIMATICO



# MITIGACION

Reducir emisiones de gases que causan el efecto invernadero (GEI) y remover GEI de la atmósfera



# RESILIENCIA

Recuperar rápidamente la condición original después de un impacto.

Resistir un poco más un impacto.



# ADAPTACIÓN

Ajustarse o transformarse ante el cambio climático y sus manifestaciones de manera que le permitan sobrevivir al ser humano y a los sistemas naturales y proteger infraestructura



# JUSTICIA CLIMATICA

# MANIFESTACIONES DEL CAMBIO CLIMÁTICO

# CLIMA ERRÁTICO

# AUMENTO EN LA TEMPERATURA AMBIENTE

Desde 1950 al presente la temperatura promedio de Puerto Rico ha aumentado 8 grados Fahrenheit

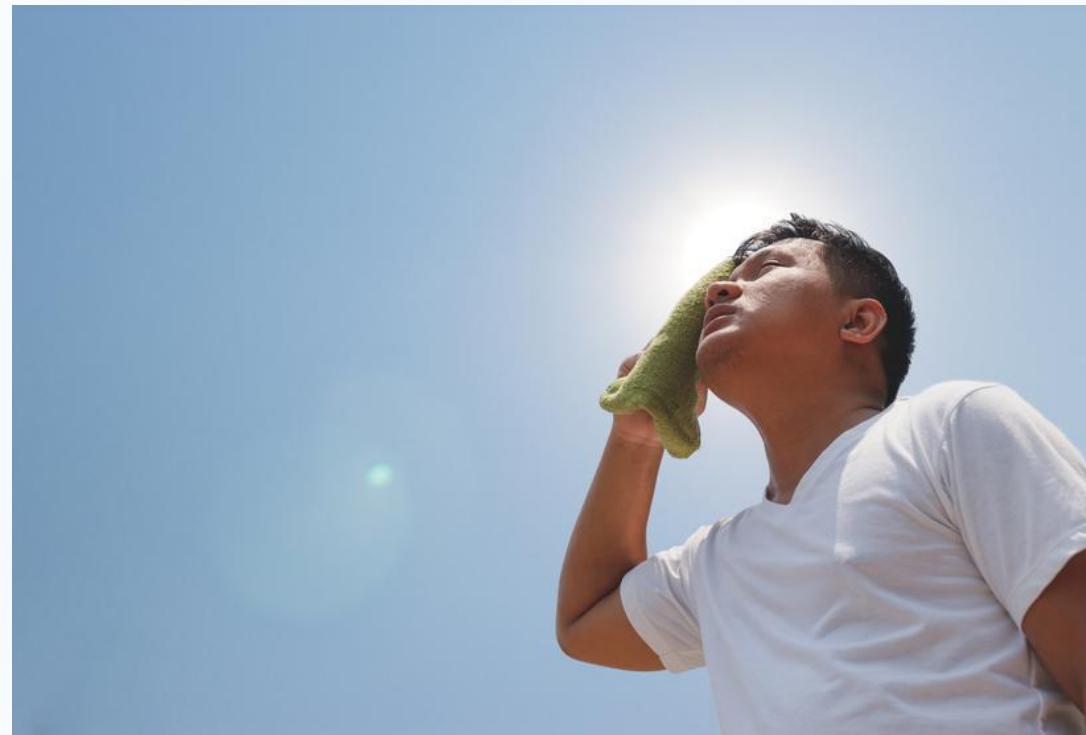
El número de días calurosos se ha triplicado

El número días fríos se ha reducido

# AUMENTO DE LA TEMPERTURA DEL MAR



# AUMENTO EN FRECUENCIA DE OLAS DE CALOR



Después del paso del huracán María se registró una ola de calor que se extendió por 11 días

# CAMBIO EN EL PATRÓN DE LLUVIAS



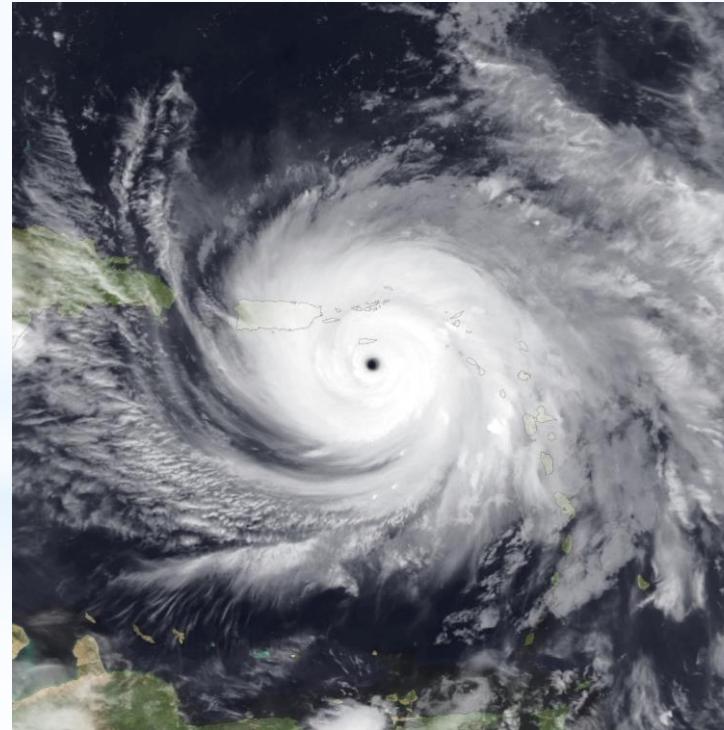
# AUMENTO DE FRECUENCIA E INTENSIDAD DE SEQUÍAS



# AUMENTO DE FRECUENCIA DE FUEGOS FORESTALES Y FUEGOS DE PASTIZALES



# AUMENTO DE FRECUENCIA E INTENSIDAD DE HURACANES



# AUMENTO EN EL NIVEL DEL MAR



Desde el 1950 se mide el nivel del mar en  
2 estaciones:  
La Parguera  
Viejo San Juan

# AUMENTO EN EL NIVEL DEL MAR

El aumento del nivel del mar destruirá:

250,000 viviendas

Todas las plantas generatrices de electricidad

Todos los aeropuertos excepto el aeropuerto Rafael Hernandez

Infraestructura hotelera para el turismo de playa

# AUMENTO EN LA ACIDEZ DEL AGUA DE MAR

# AUMENTO EN LA FRECUENCIA E INTENSIDAD DE LLUVIAS TORRENCIALES



# IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LOS ARRECIFES DE CORAL



# IMPORTANCIA DE LOS ARRECIFES DE CORAL

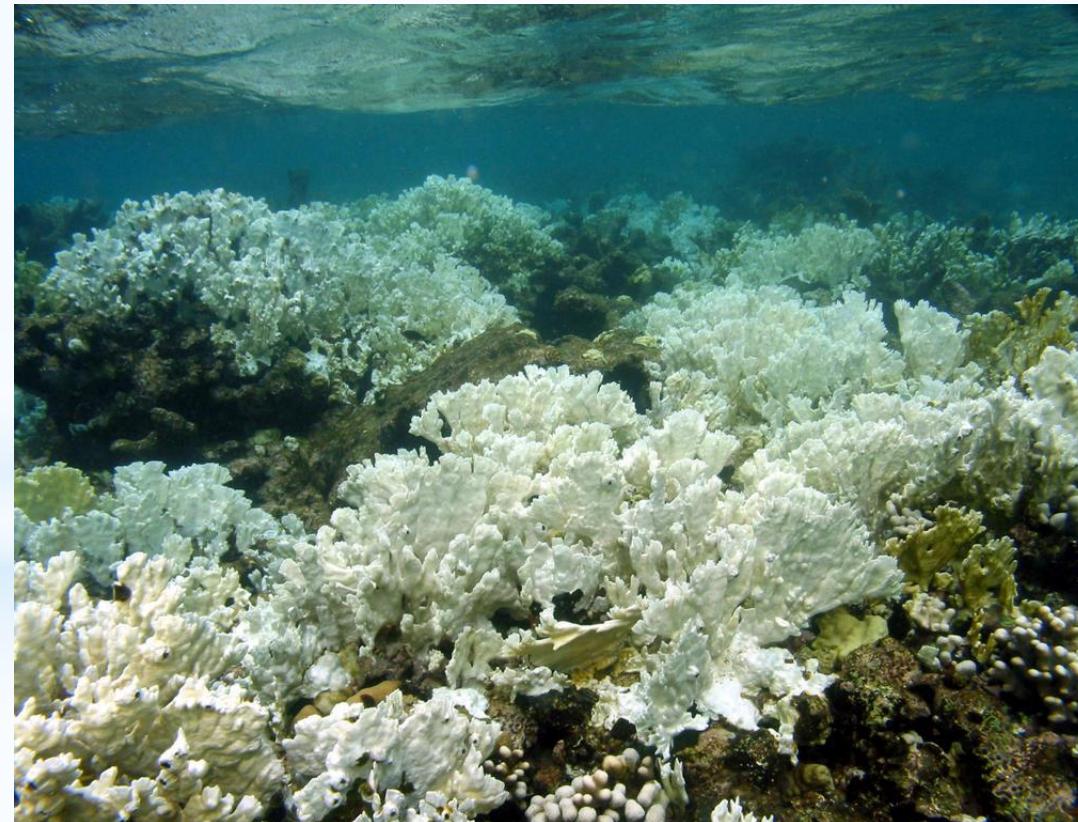
25% de la vida marina tropical depende de los arrecifes de coral

los arrecifes de coral sostienen más biodiversidad que bosques tropicales húmedos

los arrecifes de coral absorben hasta un 90% de la energía de las marejadas ciclónicas y marejadas de frentes de frío

# AUMENTO EN LA TEMPERATURA DEL MAR

Blanqueamiento de los arrecifes de coral



# AUMENTO DE FRECUENCIA E INTENSIDA DE HURACANES Y TORMENTAS TROPICALES

Marejadas ciclónicas que destruyen arrecifes.



# AUMENTO DE FRECUENCIA E INTENSIDA DE HURACANES Y TORMENTAS TROPICALES

Tsunami de sedimentos que son puro veneno para los arrecifes de coral.



# AUMENTO DE FRECUENCIA E INTENSIDAD DE HURACANES Y TORMENTAS TROPICALES

Destrucción masiva de árboles que a su vez aumenta el arrastre de sedimentos.



# AUMENTO EN LA ACIDEZ DEL AGUA DE MAR

Limita la capacidad del arrecife de coral de reponer la cantidad de coral destruido.



# AUMENTO DE LLUVIAS TORRENCIALES

Incremento en arrastre de sedimentos a las aguas costaneras



# AUMENTO DE FRECUENCIA E INTENSIDAD DE EPISODIOS DE POLVO DEL SAHARA

Incremento de enfermedades como la enfermedad de banda blanca y la enfermedad de banda negra, entre otras.



# IMPACTOS NO RELACIONADOS AL CAMBIO CLIMÁTICO

- Pez León
- mortandad de erizos
- enfermedad de la superficie dura de corales
- anclar en arrecifes de coral



# PRONÓSTICO DEL IPCC

Los arrecifes de coral desaparecerán en el Mar Caribe para la década del 2030 si la temperatura promedio del planeta aumenta más de 3 grados C.



# MARCO LEGAL SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO EN PUERTO RICO

# LEY DE MITIGACIÓN, ADAPTACIÓN Y RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMÁTICO EN PUERTO RICO DEL 22 DE MAYO DE 2019

Establece la política pública de Puerto Rico sobre cambio climático

Establece el Comité de Expertos y Asesores sobre Cambio Climático

Establece la Comisión Conjunta de a Legislatura sobre Cambio Climático

Requiere el desarrollo del Plan de Mitigación, Adaptación y Resiliencia sobre Cambio Climático

Requisitos que deben cumplirse irrespectivo del Plan

# COMITÉ DE EXPERTOS Y ASESORES SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO

# COMISIÓN CONJUNTA SOBRE CAMBIO CLIMÁTICO

# PLAN DE MITIGACIÓN, ADAPTACIÓN Y RESILIENCIA AL CAMBIO CLIMÁTICO

- Reducir en 50% las emisiones de gases que causan el efecto invernadero
- Energía
- Costas
- Agua
- Salud
- Manejo de residuos sólidos
- Infraestructura
- Transportación
- Reforestación
- Turismo
- Educación

# REQUISITOS DE LA LEY SOBRE AGENCIAS E INSTRUMENTALIDADES DEL GOBIERNO DE PUERTO RICO

Generación de energía eléctrica con energía renovable

Veda de compra de vehículos de combustión interna

Eliminar el uso de carbón para diciembre de 2027

Uso mandatorio de calentador solar

Reducir consumo de electricidad por 1% al año por 10 años

Sembrar 100,000 árboles por año por 5 años

# SITUACIÓN ACTUAL DEL RECURSO AGUA EN PUERTO RICO

# DISPONIBILIDAD DE AGUA EN AMERICA LATINA Y EL CARIBE

## (m<sup>3</sup>/habitante/año)

Sur América	37,000
Norte América	17,000
Centro América	8,000
Antillas	2,600

# RANKING DE PUERTO RICO EN AMERICA LATINA

2

# IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA INFRAESTRUCTURA DE AGUAS USADAS

# AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

**Destrucción del 70% de la capacidad de tratamiento  
de aguas usadas de la AAA.**

# AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

Anular la operación de pozos sépticos en áreas cercanas a la costa por aumento del nivel freático.

# AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

Incremento en la infiltración e influjo al sistema sanitario:  
tubería, estaciones de bomba y plantas de tratamiento

# AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

Incremento en la salinidad de las aguas usadas que llegan a las plantas de tratamiento.

# AUMENTO DE FRECUENCIA E INTENSIDAD DE LLUVIAS TORRENCIALES

Incremento en desbordes de sistemas sanitarios.

# AUMENTO DE FRECUENCIA E INTENSIDAD DE LLUVIAS TORRENCIALES

Incremento en desvíos en estaciones de bomba.

# AUMENTO DE FRECUENCIA E INTENSIDAD DE LLUVIAS TORRENCIALES

Problemas operacionales en las plantas de tratamiento de aguas usadas por el aumento del flujo que llega a las plantas.

# REDUCCIÓN DE LA LLUVIA

Baja la capacidad asimilativa de los cuerpos de agua dulce.

Será necesario proveer tratamiento avanzado en las plantas de tratamiento de aguas usadas que descargan en aguas superficiales.

# AUMENTO DE LA TEMPERATURA DE LOS CUERPOS DE AGUA

Mayor desinfección del efluente de las plantas de  
tratamiento de aguas usadas.

# PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN DE AGUA

Modificación de las plantas de tratamiento de aguas usadas para atemperarlas a las nuevas características del influente.

# PROGRAMAS DE CONSERVACIÓN DE AGUA

Limpieza más frecuente de la tubería sanitaria, debido al aumento en sólidos.

# SEQUÍAS

Limpieza más frecuente de la tubería sanitaria debido a la mayor acumulación de sólidos.

# SEQUÍAS

Limpieza más frecuente de la tubería sanitaria debido a la mayor acumulación de sólidos.

# REUSO DE AGUAS USADAS

Proveer tratamiento adicional para lograr las especificaciones de calidad para el reuso.

# IMPACTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO SOBRE LA INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE

# AUMENTO DE LA TEMPERATURA AMBIENTE

Mayor evaporación en quebradas, ríos y embalses.  
Menos disponibilidad de agua.

# AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

Destrucción de infraestructura de agua potable cercana a la costa.

# AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

Abandono de plantas potabilizadoras por la salinización de fuentes de abasto

# AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

Abandono de pozos que suplen agua potable y agua para riego agrícola por salinización de aguas subterráneas.

# AUMENTO DE FRECUENCIA E INTENSIDAD DE LLUVIAS TORRENCIALES

Mayor sedimentación de embalses

# AUMENTO DE FRECUENCIA E INTENSIDAD DE LLUVIAS TORRENCIALES

Incremento vertiginoso de turbiedad que anula los filtros y provoca interrupciones en el suministro de agua.

# AUMENTO DE FRECUENCIA E INTENSIDAD DE LLUVIAS TORRENCIALES

Inundación de plantas potabilizadoras

Obstrucción de tomas de agua

Destrucción de tubería y estaciones de bombas por  
deslaves y derrumbes

# AUMENTO DE FUEGOS FORRESTALES Y FUEGOS DE PASTIZALES

Mayor sedimentación cambio de calidad del agua  
de abasto

# REDUCCIÓN DE LLUVIA

Peor calidad de agua de abasto para plantas  
potabilizadoras

# MAYOR FRECUENCIA E INTENSIDAD DE TORMENTAS TROPICALES Y HURACANES

Mayor sedimentación de embalses

# MAYOR FRECUENCIA E INTENSIDAD DE TORMENTAS TROPICALES Y HURACANES

Destrucción de infraestructura de agua potable por inundaciones, deslaves y derrumbes.

# MAYOR FRECUENCIA E INTENSIDAD DE TORMENTAS TROPICALES Y HURACANES

Interrupción del suministro de agua por falta de electricidad

# SEQUÍAS MÁS FRECUENTES E INTENSAS

Racionamientos

ALTERNATIVAS PARA ADAPTARNOS  
A LAS MANIFESTACIONES DEL CAMBIO  
CLIMÁTICO

INFRAESTRUCTURA DE AGUAS USADAS

# AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

Protección in situ de infraestructura Sanitaria

Reubicación planificada de infraestructura sanitaria

# AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

Sustitución de pozos sépticos con un sistema convencional de alcantarillado

Sustitución de pozos sépticos con sistema de alcantarillado al vacío

# LLUVIAS TORRENCIALES

Detectar y eliminar descargas pluviales al alcantarillado sanitario

# LLUVIAS TORRENCIALES

Detección y control de infiltraciones al sistema sanitario

# LLUVIAS TORRENCIALES

Instalación de tanques de igualación de flujo en las plantas  
de tratamiento de aguas usadas

# LLUVIAS TORRENCIALES

Instalación de sistemas comunitarios de tratamiento de aguas usadas

# TORMENTAS TROPICALES Y HURACANES

Protección in situ de infraestructura sanitaria vulnerable a marejada ciclónica

Reubicación planificada de infraestructura sanitaria vulnerable a marejada ciclónica

# TORMENTAS TROPICALES Y HURACANES

Reubicación planificada de infraestructura sanitaria  
vulnerable a inundaciones

# TORMENTAS TROPICALES Y HURACANES

Plantas de generación de energía eléctrica para plantas de  
tratamiento de aguas usadas y estaciones de bomba

# MERMA DE LLUVIA

Tratamiento avanzado de aguas usadas

# MERMA DE AGUA

Convertir las plantas de tratamiento de aguas usadas en fábricas de agua

# SEQUIAS

Limpieza más frecuente de alcantarillados sanitarios para remover sólidos

# IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE CONSERVACIÓN DE AGUA

# IMPLANTACIÓN DE SISTEMAS DE CONSERVACIÓN DE AGUA

Cambio de criterios de diseño de alcantarillados

# ALTERNATIVAS PARA ADAPTARNOS A LAS MANIFESTACIONES DEL CAMBIO CLIMÁTICO INFRAESTRUCTURA DE AGUA POTABLE

# AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

Protección in situ de infraestructura de agua potable

Reubicación planificada de infraestructura de agua potable

# AUMENTO DEL NIVEL DEL MAR

Con aguas usadas tratadas establecer barreras hidráulicas para minimizar la intrusión de agua salada a los acuíferos

# MERMA DE LLUVIA

Reabastecimiento de acuíferos con aguas usadas tratadas

# MERMA DE LLUVIA

Reducir pérdida de agua en el sistema de distribución de un 60% a un 17%

# MERMA DE LLUVIA

Reducir pérdida de agua en los canales de riego de 60% a un 10%

# SEQUÍAS

Dragado de embalses estratégicos

# SEQUÍAS

Siembra masiva de árboles

# MERMA DE LLUVIA

riego por goteo o riego por “center pivot system”

# SEQUÍAS

construcción mandatoria de  
aljibes en toda nueva vivienda y edificio

# MERMA DE LLUVIA

Reuso de todas las aguas usadas tratadas de la AAA

# MERMA DE LLUVIA

Implantación del programa de conservación de agua  
WaterSense

# COMPOSICIÓN DE LUGAR

Cumbre de Glasgow

cumplimiento de países con Acuerdo de Paris

Conflicto en Ucrania

Decisión reciente del Tribunal Supremo federal

**¡MUCHAS GRACÍAS!**