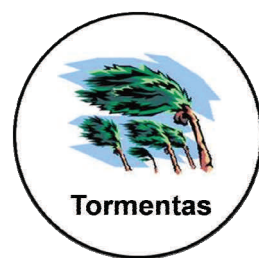
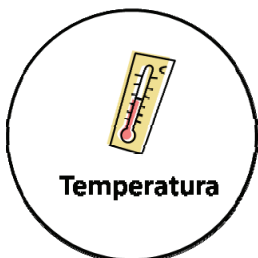


# Estado del Clima de Puerto Rico

Evaluación de vulnerabilidades socio-ecológicas en un clima cambiante



## RESUMEN EJECUTIVO



# EL CONSEJO DE CAMBIO CLIMATICO DE PUERTO RICO

Las temperaturas aumentan, los patrones de precipitación están cambiando, los océanos se han acidificado, los niveles del mar están incrementando y los eventos extremos están ocurriendo más frecuentemente. Se proyecta que estos cambios en el clima ocurran más rápidamente que su cambio natural. La frecuencia e intensidad de algunos eventos extremos en las condiciones del tiempo y el clima ya han incrementado y se espera que estos cambios continúen.

Los cambios en el clima ya han generado impactos en la sociedad, la economía y los ecosistemas naturales de Puerto Rico y se espera que estos efectos incrementen. No todos los cambios se manifestarán de manera gradual. En algunos casos donde se excedan puntos críticos, los impactos incrementarán dramáticamente. **El conocimiento del clima del pasado no es una guía confiable para el futuro.** Esto afecta la planificación del desarrollo de la infraestructura pública y privada, de los sectores de turismo, industria, recursos de agua, energía y de otros sistemas socioeconómicos.

Como respuesta a estos cambios, en noviembre de 2010 se constituyó el Consejo del Cambio Climático de Puerto Rico (CCCPR) con el objetivo de evaluar la vulnerabilidad de Puerto Rico y recomendar estrategias de respuesta a los cambios. El CCCPR se integra por cuatro grupos de trabajo: Conocimiento Científico Geofísico y Químico (WG1); Ecología y Biodiversidad (WG2); Sociedad y Economía (WG3) y Comunicación de los Cambios Climáticos y los Riesgos Costeros (WG4). Apoyados en los resultados de los Grupos de Trabajo, así como en los resultados de los talleres de evaluación de riesgos costeros desarrollados con treinta de los cuarenta y cuatro municipios costeros, el CCCPR concluyó que el clima de Puerto Rico está cambiando y que las comunidades costeras de Puerto Rico, la infraestructura crítica, la vida silvestre y los ecosistemas son vulnerables a diversos impactos asociados a los cambios globales, regionales e insulares en el clima y las condiciones oceanográficas.

## *El clima siempre cambia*

*Cuando escuchamos el término “cambio climático” frecuentemente se asume que los cambios que se observan son un fenómeno nuevo y que el cambio en sí mismo es la razón de las preocupaciones de la comunidad científica internacional. Este es un problema de percepción. El clima de la Tierra siempre ha cambiado y continuará cambiando. La preocupación fundamental es la razón del cambio, la velocidad de los cambios que se observan si se comparan con la velocidad que ocurrieron en el pasado y si los humanos y la naturaleza se adaptarán adecuadamente a las nuevas condiciones. Estos cambios se han relacionado a acciones del ser humano tales como la quema de combustibles fósiles para la generación de energía que liberan gases que atrapan el calor en la atmósfera. Estas emisiones han acelerado el calentamiento del clima del planeta.*





US Army Corps of Engineers



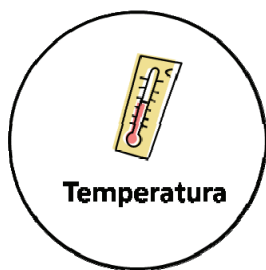
NOAA Coastal Services Center  
LINKING PEOPLE, INFORMATION, AND TECHNOLOGY



Fideicomiso de Conservación de Puerto Rico



## Tendencias observadas y proyecciones futuras



### TENDENCIAS OBSERVADAS DE LA TEMPERATURA SUPERFICIAL GLOBAL

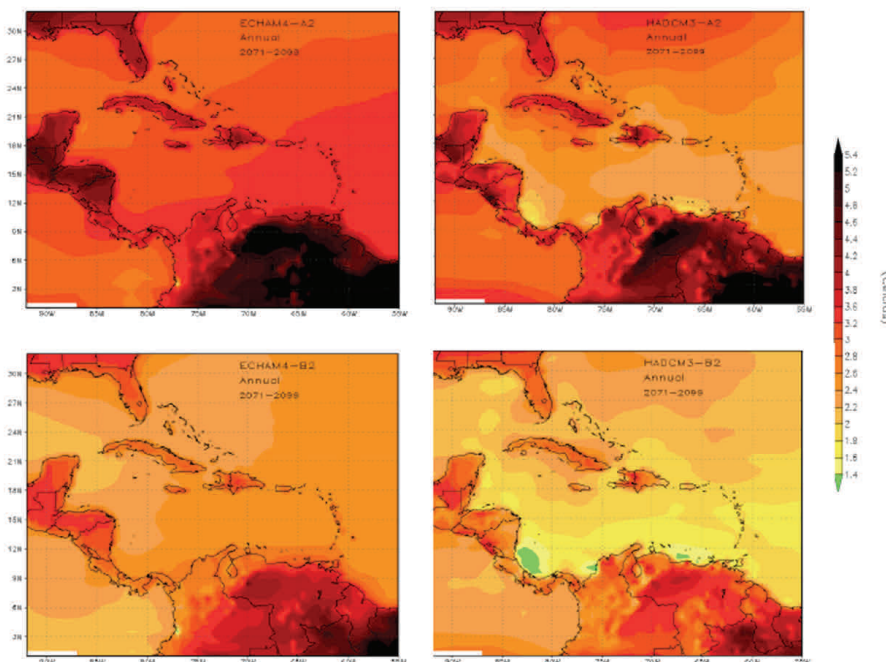
Las pasadas tres décadas han sido las más cálidas desde que se comenzó a medir la temperatura sistemáticamente y mantener registros confiables en 1850, reflejando un incremento promedio de 1 °C (5 °F) para el período entre 1900 y 2010. De acuerdo al Panel Intergubernamental de Cambios Climáticos, conocido por el acrónimo en inglés IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*) las temperaturas globales han aumentado en promedio 0.74 °C (1.33°F) desde 1906 y se espera que aumenten otros 1.4 °C (1.8 – 7.2 °F) al final del siglo 21, dependiendo de las prácticas humanas en el futuro y en la cantidad de emisiones de gases de invernadero liberadas a la atmósfera. Esta proyección fue ratificada por un estudio independiente realizado por el equipo científico del *Berkeley Earth Surface Temperature*. Usando el mejor banco de datos disponible, el equipo de Berkeley encontró que la Tierra ha experimentado un incremento de aproximadamente 1.5 °C en los pasados 250 años y de 0.9 °C en los pasados 50 años.



### Temperaturas observadas y proyectadas de la superficie de Puerto Rico

Durante el siglo 20, las temperaturas atmosféricas anuales promedio de las islas del Caribe han aumentado más de 0.6 °C (1.0 °F). En Puerto Rico, el análisis de las estaciones meteorológicas demuestra incrementos significativos en promedios anuales y mensuales, y un incremento de 0.012 °C/año a 0.014 °C/año (0.022 a 0.025°F/año) observados entre 1900 y el presente. Esto es indicativo de que Puerto Rico sigue la tendencia regional y global de calentamiento, aunque algunas áreas de la Isla se están calentando más rápido que otras.

**Figura 1** El Grupo de Estudios Climáticos de Mona encontró que en todos los escenarios se espera un aumento de temperatura en el Caribe (entre 1 °C y 5 °C), con un mayor calentamiento en el escenario A2 (emisiones altas). El calentamiento fue consistente con las proyecciones de otras partes del mundo y supera con creces la variabilidad natural (Campbell et al. 2011).



En Puerto Rico existen islas urbanas de calor en las cuales se evidencia que las temperaturas son más altas en las áreas urbanas desarrolladas que en las áreas rurales y forestadas. Las tendencias de aumento en las temperaturas observadas en San Juan superan las del resto de la Isla con un incremento de 0.022°C/año (0.04 °F/año) desde el 1900. De continuar esta tendencia, la temperatura promedio anual de San Juan habrá incrementado a 27°C (80.6 °F) al 2050 (si se compara con los 25.5 °C ó 77.9 °F en 1950). Existe consenso entre todos los estudios y modelos climáticos que el calentamiento continuará. Durante el próximo siglo, se proyecta que las temperaturas del Caribe incrementarán ligeramente por debajo del promedio proyectado a nivel global de 2.5 - 4 °C (4.5 – 7.2 °F) al 2100, pero por encima del promedio para áreas tropicales. Se espera que haya incrementos significativos

de temperatura para todas las regiones. Se proyecta que para la región del Caribe se produzca un aumento superior a 1.5 °C en la temperatura promedio anual para el año 2100, con los mayores aumentos en Cuba, Jamaica, La Española, Centro América y el norte de Sur América, donde el incremento se espera supere los 2 °C en todas las épocas del año. Las proyecciones para Puerto Rico presentan aumentos de al menos 0.02°C/año hacia el 2050, esto significa un incremento de al menos 0.8 °C (1.44 °F) para mediados de siglo, hasta máximos de 2-5 °C (3.6-9 °F) para el 2100.

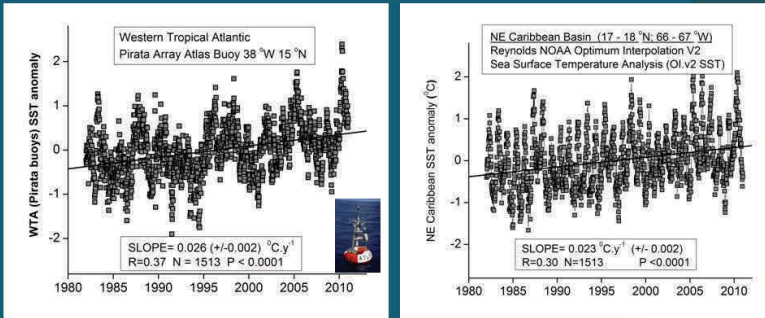


## Tendencias observadas y proyecciones futuras (continúa de la página 4)



### Temperatura de la superficie del mar

Tendencias observadas en el Atlántico Tropical Oeste y la región noreste del Mar Caribe



Análisis realizado por el Prof. Julio Morell (CariCOOS) para el CCCPR

La temperatura superficial del Mar Caribe (SST, por sus siglas en inglés) ha aumentado aproximadamente 1.5 °C en el pasado siglo. Tres análisis de SST fueron realizados para el CCCPR. El primer análisis utilizó datos del *West Tropical Atlantic Prediction and Research Moored Array* (PIRATA) *station* y demuestra un incremento de 0.026 (+/-0.002)°C por año entre el 1981 y el 2010. El segundo análisis utilizó el *Optimum Interpolation SST analysis product* (OI.v2 SST), el cual es actualizado semanalmente para cada celda de un grado del océano a nivel global, el mismo demuestra un incremento de 0.023 °C (+/- 0.002) por año entre 1982 y 2011. El tercer análisis presenta incrementos en la temperatura superficial del mar próximo a las costas de Puerto Rico de 0.008 °C/año durante el siglo 20. Es importante destacar que se pueden observar diferentes aumentos en los

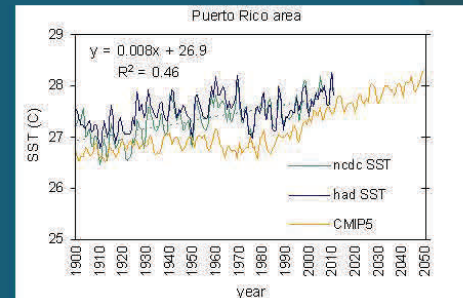
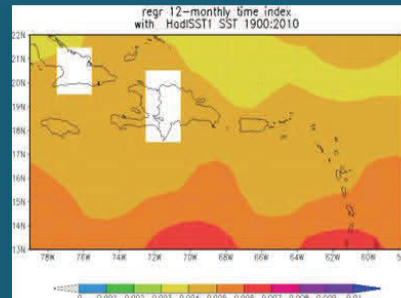
promedios de la temperatura superficial del mar dependiendo de la cantidad de datos que se analicen. Si sólo se analizan los datos de las décadas recientes, entonces la tendencia de aumento en la temperatura es mayor. No obstante, los tres análisis demuestran tendencias de incremento.

Las aguas superficiales en el sur de Puerto Rico se están calentando más rápidamente que las aguas superficiales en el norte. Esto ocurre debido a varios factores: el debilitamiento de los vientos alisios en la medida en que estos pasan sobre la Cordillera Central, la evaporación y las corrientes oceánicas en dirección oeste. El Caribe se ha calentado más rápidamente que el Atlántico. De acuerdo a dos estudios realizados para el CCCPR, se proyecta que esta tendencia de calentamiento se mantendrá durante el siglo 21. Uno de los estudios proyecta un incremento de 1.17 °C (2.1°F) en los próximos 50 años. Una proyección importante es que las temperaturas superficiales del mar excederán el umbral de blanqueamiento de corales al menos durante un tercio del año.



### Temperatura de la superficie del mar

Tendencias observadas en Puerto Rico



- Utilizando datos del área de Puerto Rico entre 1900 y 2011, se observa una tendencia de aumento en la temperatura superficial del océano de 0.008°C/año durante el siglo 20. Según los promedios de CMP5, se espera que esta tendencia continúe durante el siglo 21.
- La baja tasa de cambio se debe en parte a que el océano se está calentando mucho más lentamente que la atmósfera.
- El registro de Puerto Rico muestra que la década de 1970 fue particularmente fría.
- La tendencia de calentamiento en el sur de Puerto Rico es mayor que en el norte.

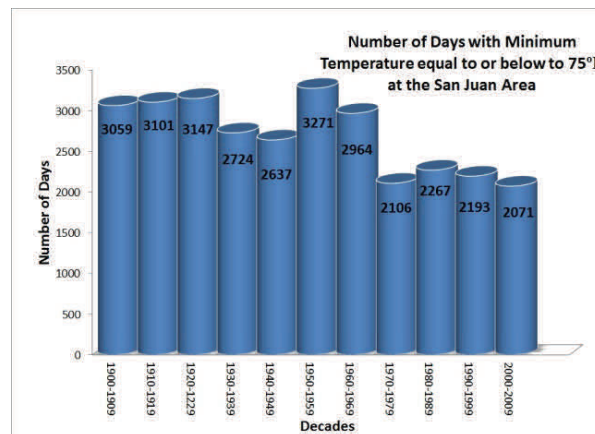
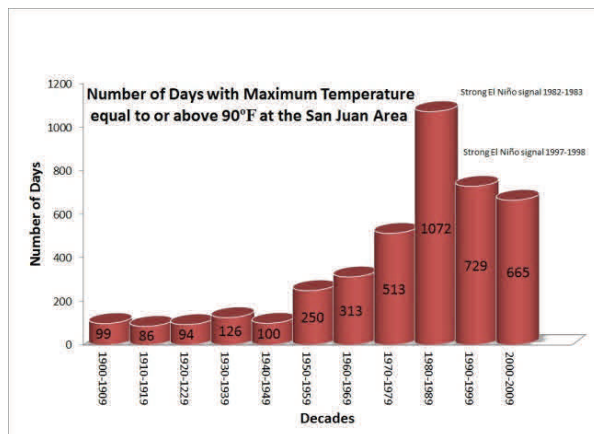
Análisis realizado por el Dr. Mark Jury (UPR-M) para el CCCPR

**Las temperaturas superficiales (SST) del mar en el Caribe han aumentado 1.5°C durante el pasado siglo. Tres análisis de SST fueron preparados para el CCCPR ... Todos los estudios y análisis demuestran claramente las tendencias de incremento ... Las temperaturas superficiales del mar excederán el umbral de blanqueamiento de corales por al menos un tercio del año.**

### Eventos extremos de temperatura

Las tendencias a nivel del Caribe demuestran que el rango entre extremos de temperatura intra-anual ha disminuido (haciéndose más uniforme a través del año) y que el número de días y noches muy cálidos ha incrementado dramáticamente desde la década de 1950, mientras que el número de días y noches muy fríos ha disminuido. Estas tendencias son consistentes en Puerto Rico, donde hemos experimentado una frecuencia mayor de días con temperaturas máximas iguales o superiores a los 90 °F (32.2 °C) y una menor frecuencia de días iguales o menores a 75 °F (23.9 °C). Durante los años 2010 y 2011, se observaron cerca de 100 días con temperaturas superiores los 90°F. Esta es la misma cantidad de días observados por década entre el 1900 y el 1949.

Los modelos proyectan un calentamiento sustancial en los extremos de temperatura hacia finales del siglo 21. De acuerdo al PICC es virtualmente seguro que se produzcan aumentos en la frecuencia y magnitud de valores extremos de temperaturas cálidas y una disminución de extremos fríos a nivel mundial durante el siglo 21. Las proyecciones de eventos extremos para Puerto Rico demuestran mayores probabilidades de incremento del número de días cálidos y una marcada disminución de días con extremos fríos, los cuales serían sumamente raros. Se proyecta que la razón de calentamiento será mayor durante el invierno (diciembre, enero y febrero).



*Los eventos extremos son parte de la naturaleza aún en sistemas climáticos estables, pero debido a que los sistemas socio-ecológicos se han adaptado a los rangos históricos de extremos, aquellos eventos que exceden los rangos históricos tienen impactos fundamentalmente negativos y por ello es importante evaluar las tendencias observadas y los cambios proyectados de estos eventos extremos. A partir de observaciones documentadas desde 1950 a nivel global, se evidencian cambios en algunos eventos extremos. Los eventos extremos son raros y por tanto no proveen suficientes datos para realizar determinaciones relacionadas a su frecuencia e intensidad. Mientras más raro sea el evento más difícil es determinar los cambios a largo plazo. Sin embargo, el Informe sobre Eventos Extremos emitido por el PICC indica que es muy probable que se produzca una disminución en el número de días y noches frías y un aumento generalizado en el número de días y noches cálidas a nivel global. Existen tendencias estadísticamente significativas sobre el número de eventos de precipitación fuerte para varias regiones. Es más probable que más regiones hayan experimentado incrementos que disminuciones de precipitación fuerte aunque existen marcadas variaciones a nivel regional y subregional de estas tendencias.*

## Observaciones y proyecciones de cambios en precipitación para Puerto Rico

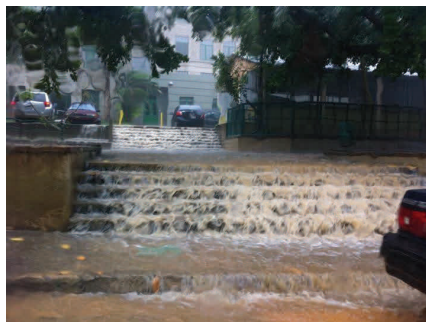


Las tendencias de precipitación observadas en el Caribe no son claras. Uno de los análisis realizado para el CCCPR demuestra que desde 1948 se ha visto una disminución de la precipitación en la cuenca del Caribe (-0.01 a -0.05 mm/día/año), con una tendencia de mayor sequía para el Caribe Oriental. Un análisis específico para Puerto Rico realizado a partir de datos de estaciones meteorológicas para el periodo comprendido entre 1948 y 2007 no encontró tendencias claras en los totales de precipitación para la Isla, mientras que otro análisis mostró una disminución de la precipitación entre -0.01 y -0.1 mm/día/año. Dentro de la isla grande de Puerto Rico existen evidencias de tendencias positivas de precipitación anual para la región Sur, así como tendencias de disminución de la precipitación para las regiones Oeste y Norte. De igual manera, se observaron tendencias negativas de precipitación durante el verano y positivas durante el invierno.

Con el fin de simular escenarios futuros de cambios en el clima, los modelos globales deben representar con precisión el clima observado. Existen numerosas incertidumbres acerca de la magnitud de los cambios en precipitación en el Caribe, aunque la mayoría de los modelos globales utilizados por el PICC indican probabilidades de disminución de precipitación en el futuro. La mayoría de estos modelos proyectan algunas áreas donde disminuye la precipitación y algunas en donde incrementa, variando entre -39 y +11%, con una media de -12%. Se proyecta una disminución en el promedio anual para toda la región del Caribe. De igual manera, se proyecta un incremento en la precipitación para los meses de diciembre, enero y febrero en las Antillas Mayores y una disminución a nivel regional durante los meses de junio, julio y agosto. Los modelos proyectan entre -78 a y 10% (con pocos modelos indicando un incremento de +30%). La evidencia sugiere que condiciones más secas son más probables que condiciones húmedas para Puerto Rico. Lo cual contrasta con las señales de precipitación global. El análisis preparado para el CCCPR presenta tendencias similares para el pasado y el futuro, con una disminución de lluvias de -0.0012 a -0.0032 mm/día/año, la cual se espera que continúe hasta el 2050.

## Eventos extremos de precipitación

Los aguaceros regionales, definidos como niveles intensos de precipitación en escalas sub-diarias (o sub-hora), pueden aumentar en frecuencia e intensidad en un escenario climático más cálido debido a la capacidad del aire más caliente de almacenar vapor de agua. Aún existen incertidumbres relacionadas a las proyecciones de eventos extremos en las regiones sub-tropicales. Sin embargo, todas señalan mayores riesgos y un incremento en la intensidad de precipitaciones diarias. Las proyecciones del clima para Puerto Rico muestran un incremento probable en aguaceros regionales, particularmente para el mes de mayo, a pesar de que las tendencias observadas no muestran incrementos de aguaceros para mayo. Es importante señalar que uno de los modelos proyecta una disminución en los eventos de lluvia extremos hacia finales del siglo (2090s).



Evento de lluvias intensas en Mayagüez, PR (2011): Inundaciones luego de 30 minutos de lluvias. Es muy probable que la frecuencia de eventos de precipitación fuerte como este aumente durante el siglo 21. Fotos por: Prof. Aurelio Mercado, UPR-M.



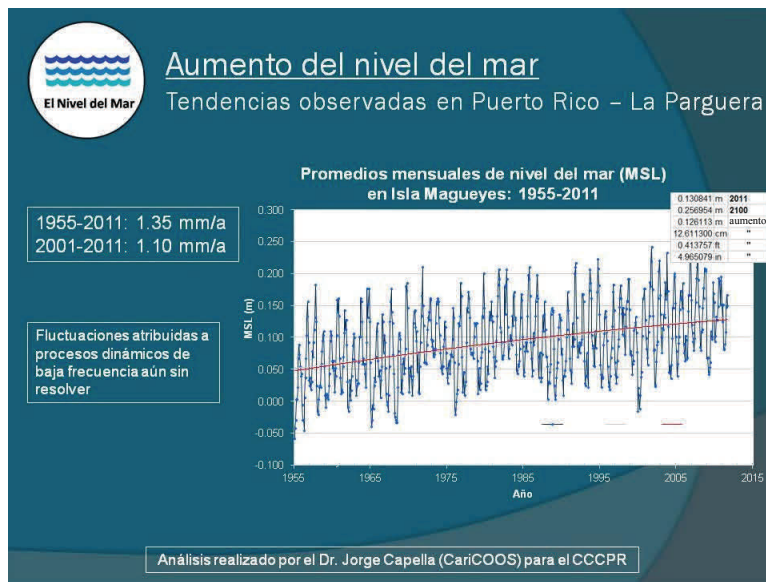
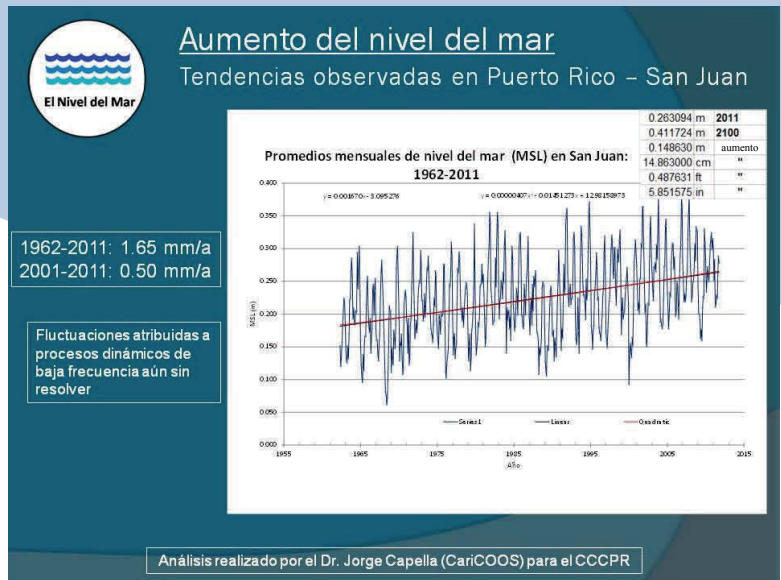
## Tendencias observadas y proyecciones futuras (continúa de la página 7)

### Cambios observados en el nivel del mar



Las condiciones promedio y extremas del nivel del mar cambiarán a diferentes escalas de tiempo. Los niveles del mar han aumentado a nivel global debido a la expansión térmica del agua asociada al calentamiento de los océanos y por la entrada de agua dulce proveniente del derretimiento de la mayoría de los glaciares y las capas de hielo de la Tierra. Los mareógrafos de Isla Magueyes en Lajas (costa sur de Puerto Rico) y de La Puntilla en San Juan (costa norte de Puerto Rico) contienen las series de tiempo más largas del Caribe con 56.7 años analizados de promedios mensuales de nivel del mar para Isla Magueyes y 49.4 años en La Puntilla. Tres estudios fueron preparados para el CCCPR: (1) Dr. Jorge Capella de CariCOOS-UPR-Mayagüez; (2) Profesor Aurelio Mercado de UPR-Mayagüez y (3) Dr. Mark Jury de UPR-Mayagüez. Los tres estudios confirman las tendencias de incremento del nivel del mar para Puerto Rico. Los análisis de los datos de los mareógrafos de Puerto Rico muestran incrementos de al menos 1.4 mm/año, lo cual se espera que continúe y se acelere. Esta aceleración concuerda con los datos de altimetría satelital (disponibles desde 1993) aunque no en la misma magnitud de los 6 mm observados entre 1970 y 2009 en el área del Noreste continental de los Estados Unidos.

Fluctuaciones atribuidas a procesos dinámicos de baja frecuencia aún sin resolver



Como resultado del cambio observado del nivel del mar y prácticas de manejo de la costa poco agresivas, la erosión costera está ocasionando un retroceso de la línea de costa en algunos sectores de Puerto Rico, como es el caso de Rincón, donde el USGS realizó un estudio apoyado en fotos aéreas históricas.

**Los mareógrafos de Isla Magueyes (costa sur de Puerto Rico) y de La Puntilla (costa norte de Puerto Rico) contienen las series de tiempo más largas en el Caribe de EE.UU.. 56.7 años de promedios mensuales de nivel del mar para Isla Magueyes y 49.4 años para La Puntilla fueron analizados. Los análisis de los mareógrafos Puerto Rico muestran un aumento de al menos 1.4 mm/año, lo que se espera que continúe y posiblemente se acelere.**



### Cambios observados en el nivel del mar



El nivel del mar aumentará en función de los sistemas climáticos, la expansión térmica del agua de los océanos, la ruptura del hielo polar, el derretimiento de los glaciares y capas permanentes de hielo, así como cambios en las elevaciones geológicas asociadas a movimientos tectónicos. Los efectos del incremento en el nivel del mar se ven amplificados por los impactos a corto plazo de las marejadas ciclónicas. Los cambios proyectados en el clima para la segunda mitad de este siglo dependen de los niveles de emisiones que contribuyan a atrapar calor. Se estima que el riesgo de aumento

del nivel del mar en el siglo 21 será mayor al originalmente estimado por el PICC: 0.18-0.59 metros. El Informe Especial del PICC sobre Extremos Climáticos indica que es muy probable que continúe la tendencia de incremento del nivel de las aguas costeras en el futuro. Existe un alto nivel de confianza de que las áreas que ya están experimentando impactos adversos, tales como erosión costera e inundaciones, continuarán enfrentando estos eventos debido al incremento del nivel del mar, aún si otros factores se mantuvieran constantes. Al combinar modelos climáticos con datos paleo-climáticos, se estima un incremento de nivel del mar de 2.0 metros al 2100, con un estimado más probable de que el aumento sea de 0.8 metros.

Si la tendencia de incremento del nivel del mar observada para Puerto Rico continuara linealmente sin aceleración, el incremento al 2100 sería de al menos 0.4 metros. El Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos realizó un análisis para el CCCPR proyectando posibles escenarios de incremento del nivel del mar al 2165, para las costas norte y sur de Puerto Rico. Las figuras muestran horizontes de planificación de 50 y 100 años para la adaptación al incremento del nivel del mar utilizando estimados de 0.07 a 0.57 metros (0.20 a 1.87 pies) sobre el nivel medio actual del mar para el año 2060 y entre 0.14 y 1.70 metros (0.40 a 5.59 pies) sobre el nivel medio actual del mar para el año 2110. Debido a la variabilidad e incertidumbre en el sistema es importante que se proyecte el incremento del nivel del mar en varios rangos y planificar para todos los posibles escenarios, en lugar de utilizar sólo el estimado más conservador.

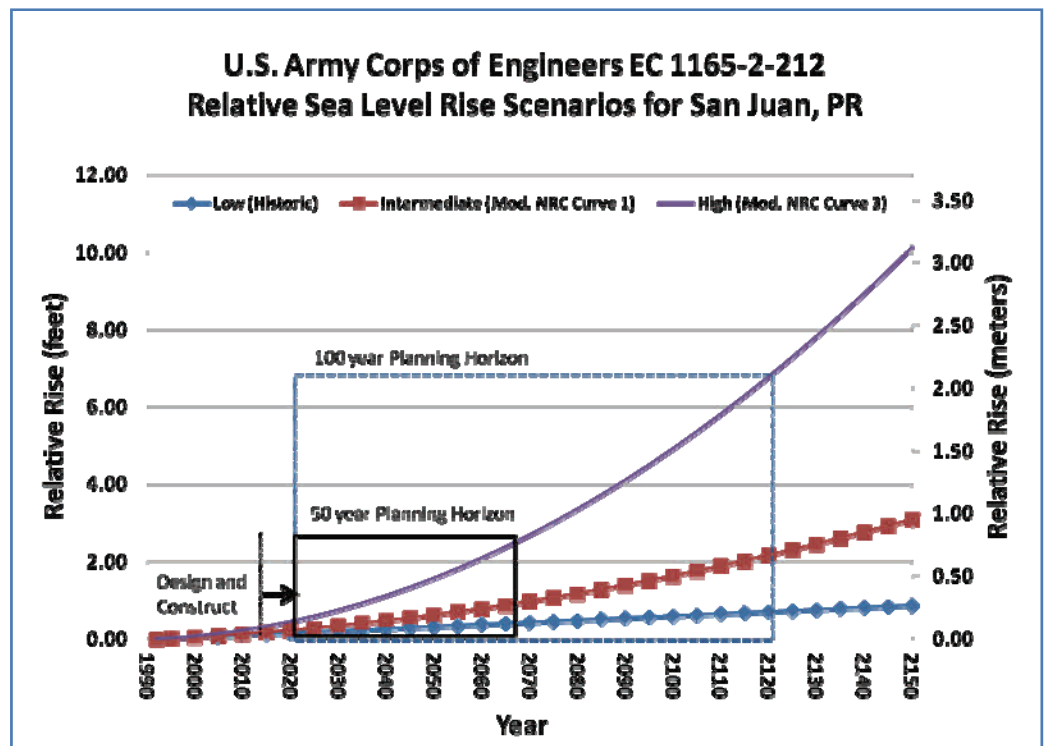


Figura: La curva de aumento del nivel del mar para Puerto Rico muestra horizontes de planificación de 50 y 100 años para la adaptación al incremento del nivel del mar utilizando estimados de 0.07 a 0.57 metros (0.20 a 1.87 pies) sobre el nivel medio actual del mar para el año 2060 y entre 0.14 y 1.70 metros (0.40 a 5.59 pies) sobre el nivel medio actual del mar para el año 2110. Fuente: U.S. Army Corps of Engineers

Utilizando esta información y las proyecciones de incrementos futuros del nivel del mar, el PRCCC recomienda planificar para un incremento de entre 0.5 y 1.0 metros al 2100.

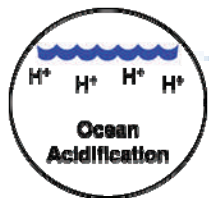
## Tendencias observadas y proyecciones futuras



### TENDENCIAS OBSERVADAS DE TORMENTAS Y HURACANES

Una reconstrucción de los últimos 5,000 años de actividad ciclónica intensa en el Atlántico Norte Occidental sugiere que la variabilidad de los huracanes ha sido fuertemente influenciada por El Niño durante este tiempo, y que los últimos 250 años han sido relativamente activos en el contexto de estos 5,000 años. Los estudios sugieren que la actividad de huracanes en el Atlántico fue particularmente baja en las décadas de 1970 y 1980 con relación a los últimos 270 años. De acuerdo al Programa de Investigación de Cambios Globales de EE.UU., el potencial destructivo de huracanes y tormentas tropicales en el Atlántico, medido por el Índice de Disipación de Energía (que combina la intensidad de las tormentas, la duración y frecuencia) ha incrementado. Este incremento es sustancial desde 1970, y es considerable desde las décadas de 1950 y 60, el mismo está asociado al aumento de las temperaturas superficiales en el Atlántico. Ha habido fluctuaciones en el número de tormentas tropicales y huracanes de década en década, y la incertidumbre de los datos en la primera parte del registro es mayor que luego del comienzo del uso de satélites en 1965. Aun teniendo en cuenta estos factores, es probable que el número anual de tormentas tropicales y huracanes en el Atlántico Norte haya incrementado en los últimos 100 años, durante este tiempo las temperaturas superficiales en el Atlántico también han aumentado. No existe evidencia convincente de tendencias significativas a partir de finales de 1800 ya que la incertidumbre de los datos aumenta a medida que se trabaja con datos más antiguos. También existe evidencia de un aumento en la altura de marejadas extremas durante las últimas décadas en el Atlántico Norte, este aumento está asociado a huracanes más intensos y frecuentes. En el futuro puede haber un aumento en la intensidad de las olas de invierno que llegan a las costas de Puerto Rico.

Los modelos climáticos globales actuales son bastante pobres en la simulación de ciclones tropicales, debido en parte a la poca resolución espacial de los datos que utilizan. Sin embargo, las simulaciones climáticas del PICC y otros modelos sugieren que habrá una disminución en la frecuencia de ciclones tropicales en el Caribe y el Atlántico Norte, aunque también se espera un aumento en la frecuencia de eventos más intensos. Debido a la gran incertidumbre en cuanto a los cambios pasados y futuros, se espera que el debate científico sobre este tema se mantenga muy activo. El CCCPR recomienda aumentar los niveles de preparación para huracanes más intensos. Según determinó el Grupo de Trabajo 3, retrasar decisiones podría costar vidas, destruir infraestructura crítica y afectar la economía.



### Tendencias observadas y proyecciones sobre acidificación oceánica

En la actualidad, la concentración de dióxido de carbono atmosférico ha alcanzado 395 ppm a nivel mundial, y ya que la mitad del dióxido de carbono liberado a la atmósfera (de forma natural y por prácticas humanas) es absorbido por los océanos, el pH promedio de los océanos ha disminuido de 8.16 a 8.05 desde el año 1800. Este cambio en la química del agua de mar es equivalente a un aumento de la concentración de dióxido de carbono de aproximadamente 35% y una disminución del pH de 0.1 unidades. Como resultado, ha habido una disminución global de los estados de saturación de carbonato en las aguas superficiales y, por tanto, la tasa de calcificación de organismos marinos que contienen carbonato de calcio y la precipitación de minerales como la calcita y aragonita también están disminuyendo. Los estados de saturación de minerales de carbonato en Puerto Rico y el Caribe reflejan esta tendencia global. Por ejemplo, los valores de saturación de aragonita están declinando en Puerto Rico y el Caribe a una velocidad de aproximadamente 3% por década.



## ¿Cuál es la diferencia entre calentamiento global y cambio climático?

El *calentamiento global*, el cual no se considera un término técnico, se refiere al aumento a largo plazo en la temperatura promedio de la Tierra. Por otro lado, el *cambio climático* se refiere a cualquier cambio a largo plazo en el clima de la Tierra, o en el clima de una región o una ciudad. Esto incluye tanto calentamiento como enfriamiento, cambios en los promedios de precipitación y eventos de lluvia fuerte, la frecuencia e intensidad de tormentas tropicales y huracanes, aumento o disminución de los niveles del mar, cambios en el pH de los océanos, y otros cambios.

El cambio climático se observa a largo plazo en las estadísticas del clima (incluyendo sus promedios). Por ejemplo, podría aparecer como un cambio en las normales climáticas (valores medios esperados de temperatura y precipitación) para un determinado lugar y época del año, de una década a la siguiente.

Hay dos razones por las que se vería un aumento a largo plazo en la temperatura promedio de la Tierra o un cambio a largo plazo para un parámetro determinado del clima: variabilidad natural y el cambio inducido por los seres humanos. El cambio climático es una parte normal de la variabilidad natural de la Tierra, que está relacionada con las interacciones entre la atmósfera, el océano y la tierra, así como los cambios en la cantidad de radiación solar que llega al planeta. El registro geológico incluye evidencia significativa de los cambios climáticos a gran escala en el pasado. Ciertos gases de origen natural, tales como el dióxido de carbono y el vapor de agua, atrapan calor en la atmósfera causando un efecto de invernadero. El efecto de invernadero es bueno para los seres humanos y los ecosistemas, ya que mantiene una temperatura que sostiene la vida en la Tierra, a diferencia de los otros planetas de nuestro sistema solar cuya atmósfera es demasiado fría o demasiado caliente para habitar. La quema de combustibles fósiles, como carbón, petróleo y gas natural añade dióxido de carbono a la atmósfera. El nivel actual es el más alto de los últimos 650,000 años. El Cuarto Informe de Evaluación del Grupo Intergubernamental de Expertos sobre el Cambio Climático concluye que "la mayor parte del aumento observado en la temperatura global promedio desde la mitad del siglo 20 se debe muy probablemente al aumento observado en las concentraciones antropogénicas de gases de efecto de invernadero".

### ¿Dónde puedo encontrar más información?

**Programa de Investigación de Cambio Global de EE.UU.**  
[www.globalchange.gov](http://www.globalchange.gov)

**Centro Nacional de Datos Climáticos sobre Calentamiento Global (NOAA)**  
[www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/globalwarming.html](http://www.ncdc.noaa.gov/oa/climate/globalwarming.html)

**Panel Intergubernamental de Cambio Climático (PICC)**  
[www.ipcc.ch/](http://www.ipcc.ch/)

Islotes Playas Lagunas Reptiles  
Yerbas Marinas Humedales  
Peces Pelágicos Cayos  
Aves Costeras Bahías Bioluminiscentes  
Mamíferos Marinos Bosques  
Arrecifes de Coral Peces Costeros  
Aves Marinas Anfibios

Puerto Rico es el hogar de algunas de las maravillas más impresionantes del mundo - naturales y de origen humano - tales como 799 millas de costa con más de 300 playas, vibrantes arrecifes de coral, parques ceremoniales y artefactos pre-colombinos, el coquí, plantaciones históricas de café y caña de azúcar, El Yunque (el único bosque lluvioso subtropical en el Sistema de Bosques Nacionales de EE.UU.), la Isla de Mona (hogar de más de 100 especies en peligro de extinción), y 51 Áreas Naturales Protegidas que incluyen sistemas de humedales, bosques secos, bosques lluviosos, cuevas y cavernas, aguas subterráneas, cayos e islotes, y hábitats críticos para muchas especies de flora y fauna. Todas estas características son la razón de que Puerto Rico sea conocida como La Isla del Encanto. Sin sistemas ecológicos saludables Puerto Rico no sería capaz de presumir de tales maravillas.

Las actividades humanas en Puerto Rico y a nivel mundial han causado y continuarán causando una pérdida en la biodiversidad y los recursos naturales debido al uso de la tierra y el cambio de la cobertura de terrenos, la contaminación y degradación del agua y el suelo, la extracción de agua, la fragmentación del hábitat, la explotación selectiva de especies, y la introducción de especies no nativas. La tasa actual de pérdida de biodiversidad es mayor que la tasa natural de extinción. Además, estas pérdidas impactan directamente las sociedades alrededor del mundo y localmente ya que estamos perdiendo los servicios que estos ecosistemas y especies proporcionan, tales como el aire fresco, cuerpos de agua limpios, la reducción de contaminantes, abastos de agua potable, la reducción de calor urbano, la protección natural contra tormentas y huracanes, la prevención de deslizamientos de tierra, oportunidades de recreación y turismo, preservación del legado cultural e histórico, e incluso el bienestar mental y espiritual.

El cambio climático es uno de los problemas más críticos que amenaza la biodiversidad y el manejo de recursos naturales en el mundo de hoy. Las temperaturas superficiales en la tierra y el mar han aumentado, los patrones espaciales y temporales de precipitación han cambiado, el nivel del mar ha aumentado, y estamos experimentando tormentas más intensas. Estos cambios, en particular las temperaturas regionales más cálidas, han afectado las épocas de reproducción de los animales y las plantas, la migración de los animales, la duración de los ciclos de crecimiento, la distribución de especies, los tamaños de las poblaciones, y la frecuencia de los brotes de plagas y enfermedades. Se prevé que el cambio climático afectará a todos los aspectos de la biodiversidad, sin embargo, al analizar los cambios proyectados es necesario tener en cuenta los impactos de las actividades humanas en el pasado, el presente y el futuro. Es probable que los efectos del cambio climático, en cuanto al aumento del nivel del mar, el aumento de las temperaturas medias atmosféricas y de la superficie del mar y cambios en los patrones de lluvia y el clima, sean especialmente graves para los sistemas ecológicos de las islas del Caribe y las pequeñas naciones insulares.

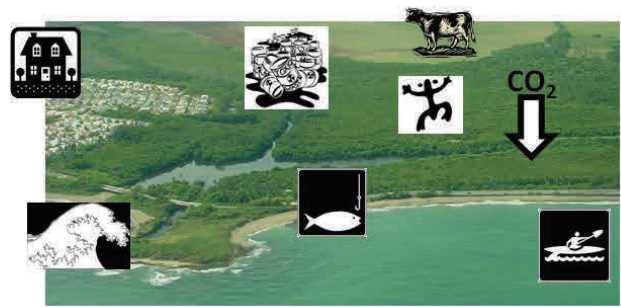




El principal efecto del cambio climático en los ecosistemas y especies de Puerto Rico será sinérgico, los sistemas ya estresados estarán expuestos a factores adicionales que los empujarán sobre el límite de sobrevivencia, lo que resultaría en la pérdida generalizada del hábitat, cambios desfavorables en su estructura y función, o la disminución de los servicios que llevan a cabo. Algunos ecosistemas y especies se aclimatarán a las condiciones cambiantes del medio ambiente mejor que otros.

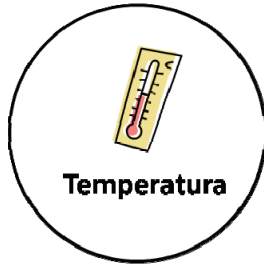
Mientras que algunas especies podrían migrar y ocupar espacios con condiciones más favorables (por ejemplo, el Palo Colorado, *Cyrilla racemiflora*), es posible que las especies que ya se encuentran en los límites superiores de su área de distribución no sean tan afortunadas, estas poblaciones podrían verse mermaidas o incluso desaparecer de Puerto Rico por completo debido a la falta de condiciones ambientales adecuadas (por ejemplo, el Dorado y el Atún aleta amarilla). Otras pueden no tener la capacidad de trasladarse y podrían resultar extintas globalmente, como el Coquí Duende, el Coquí Grillo, y la Salamandrita de la Montaña (*Sphaerodactylus klauberi*). Por otra parte, nuevas especies podrían llegar a formar parte de las comunidades ecológicas en Puerto Rico, beneficiando así a la sociedad ya que podrían proporcionar nuevos servicios dentro del ecosistema.

Se necesita más investigación sobre el posible estado de los ecosistemas de Puerto Rico en el futuro, y su capacidad para sostener poblaciones humanas. Los ecosistemas saludables son aquellos que sustentan la vida, que nos proporcionan bienes y servicios que serían sumamente costosos o imposibles de reemplazar. Los ecosistemas purifican el aire y el agua, y controlan las inundaciones, nos proporcionan productos comercializables, retienen el carbono y acondicionan los suelos. Proporcionan lugares para la recreación, la caza y la pesca, y realzan nuestra vida espiritual y bienestar mental mediante el contacto con la naturaleza. Culturalmente, Puerto Rico está muy conectado a los ecosistemas de las islas y de las especies, quizá en mayor medida que en muchas otras áreas del mundo. La alteración humana de los ecosistemas, a través del cambio climático y otros factores como la destrucción del hábitat y la contaminación, puede reducir la capacidad de los ecosistemas para proveer estos servicios tan valiosos.



- Comunidades costeras protegidas de inundaciones, marejadas ciclónicas y tsunamis
- Las áreas costeras son criaderos de especies marinas de valor comercial
- Mayor valor turístico y recreacional
- Protección de infraestructura pública (carreteras, parques, etc.) contra inundaciones, marejada ciclónica y tsunamis
- Retención de carbono
- Las áreas naturales de esparcimiento ofrecen un gran valor cultural y mejoran la calidad de vida.
- Retención de escorrentía de las prácticas agrícolas
- Retención de contaminantes de fuentes terrestres (incluyendo la sedimentación producida por la industria de la construcción)

# BOSQUES



Aire más cálido



Condensación de aire (punto de rocío) a una temperatura menor



El efecto de la nube orográfica ocurriría a mayor elevación



Cambios en la composición de especies, estructura de bosques, y funciones ecológicas



Vientos y lluvias más intensas



Mayor perturbación



Regeneración alternativa / cambios en la sucesión de especies de plantas y en biomasa



Comunidades nuevas



Estaciones más marcadas, suelos más áridos



Alteración en los patrones de fruto e inflorescencia



Efectos en el reclutamiento de semillas, germinación y sobrevivencia



Cambios en la composición de especies, estructura de bosques, y funciones ecológicas



Mayor riesgo de intrusión salina



Niveles de tolerancia



Aumento en mortandad



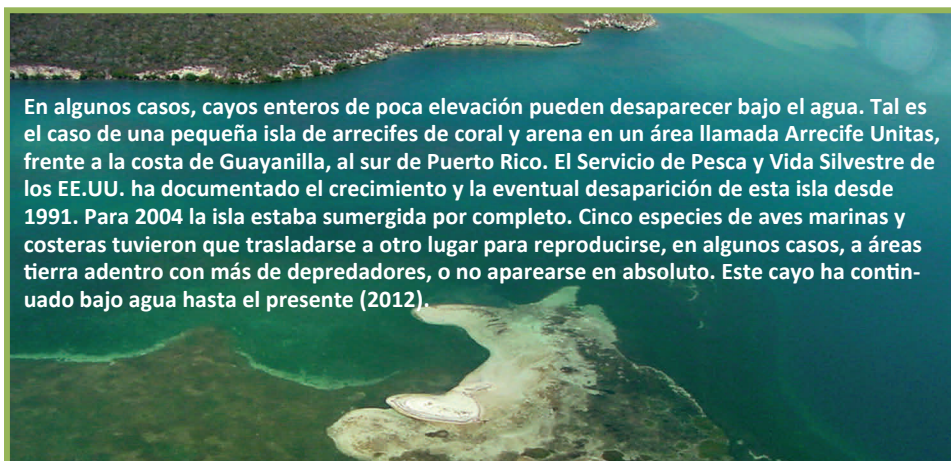


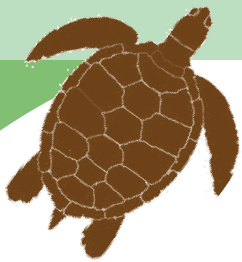
## AVES MARINAS Y COSTERAS

1. Un **aumento en precipitación** podría modificar la condición de los lugares de anidaje, disponibilidad y abundancia de alimentos, causando abandono de los nidos y hasta la muerte de juveniles y adultos.
2. Un **aumento en la intensidad de las tormentas** podría destruir habitat y limitar la cantidad de alimento disponible, haciendo que las áreas de anidaje sean inadecuadas por varios años.
3. **Mayor radiación solar y temperaturas promedio más altas** podrían alterar el comportamiento de aves adultas en cuanto al cuidado del nido, además de afectar el comportamiento de los peces que le sirven de alimento, aumentando así el riesgo de que los juveniles no se desallorren adecuadamente.
4. La **acidificación oceánica** (disminución del pH del agua) podría interferir con procesos fundamentales como: crecimiento del arrecife, retención de carbono por la sedimentación del fitoplankton, e interacciones entre consumidores y recursos.
5. Un **aumento en el nivel del mar** provocaría efectos indirectos en aves acuáticas y costeras. Algunos de estos efectos incluyen: poca disponibilidad de alimento a lo largo de la ruta migratoria, desplazamiento a habitats menos óptimos y posible depredación en esos habitats, abandono del nido y mortalidad de recién nacidos y juveniles.

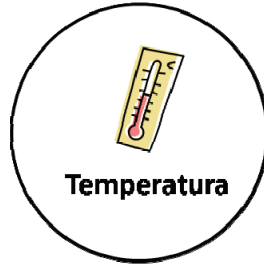


En algunos casos, cayos enteros de poca elevación pueden desaparecer bajo el agua. Tal es el caso de una pequeña isla de arrecifes de coral y arena en un área llamada Arrecife Unitas, frente a la costa de Guayanilla, al sur de Puerto Rico. El Servicio de Pesca y Vida Silvestre de los EE.UU. ha documentado el crecimiento y la eventual desaparición de esta isla desde 1991. Para 2004 la isla estaba sumergida por completo. Cinco especies de aves marinas y costeras tuvieron que trasladarse a otro lugar para reproducirse, en algunos casos, a áreas tierra adentro con más de depredadores, o no aparearse en absoluto. Este cayo ha continuado bajo agua hasta el presente (2012).





# TORTUGAS MARINAS



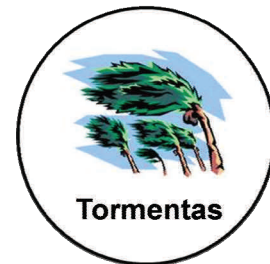
Temperatura

Un incremento en temperatura podría tener un impacto en los patrones migratorios de las tortugas marinas, la determinación del sexo de los embriones, severidad de infecciones, y la disponibilidad de alimentos (praderas de hierbas marinas, esponjas y corales).



El Nivel del Mar

El aumento del nivel del mar podría resultar en pérdida de lugares de anidaje, inundación de los nidos, y cambios en los lugares de alimentación.



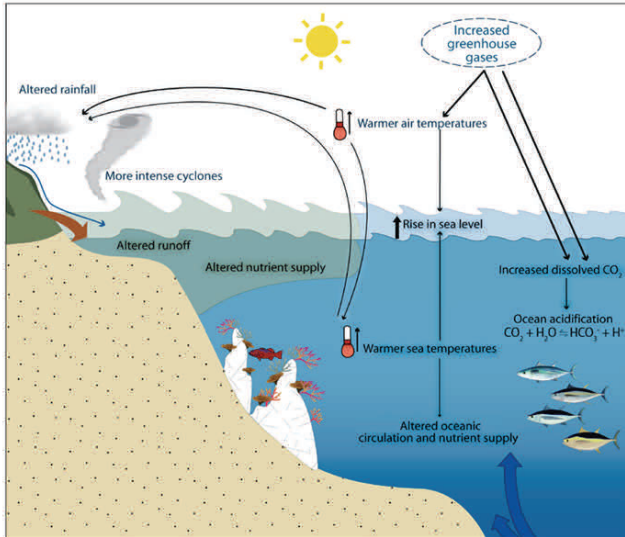
Tormentas

Un aumento en la intensidad de las tormentas podría combinarse con el aumento en el nivel del mar, causando grave erosión costera en las playas de anidaje de tortugas marinas.





# SISTEMAS MARINOS

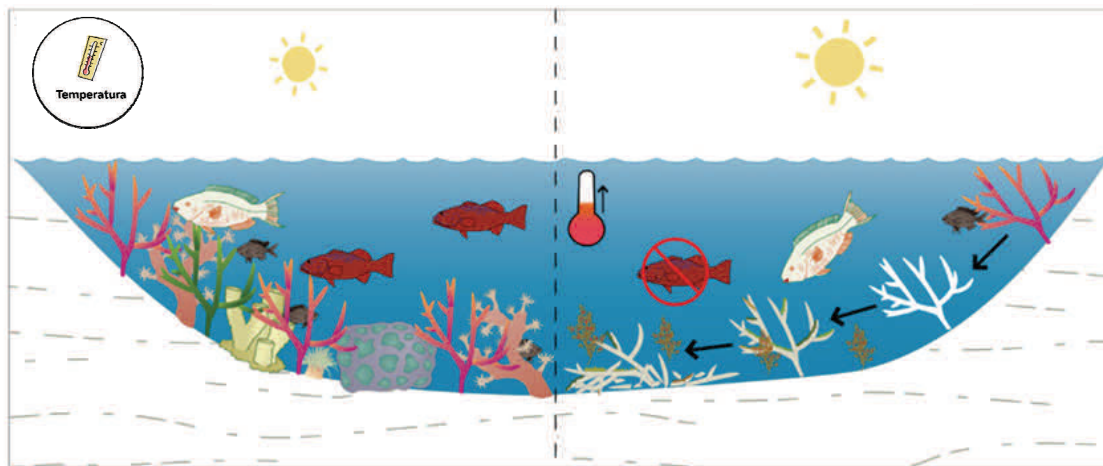


Efectos generalizados de un incremento de gases de invernadero en ecosistemas oceánicos y costeros en ecosistemas tropicales.

## ARRECIFES DE CORAL

Presente

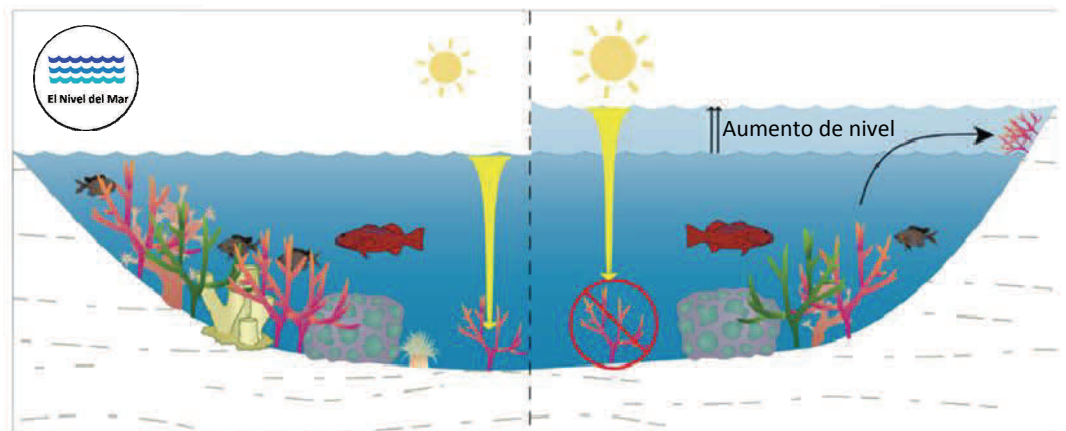
Futuro



Temperatura
 Blanqueamiento
 Mortandad
 Pérdida de estructura
 Macroalgas
 Pérdida de especies

Presente

Futuro



Aumento de nivel del mar
 Penetración de luz
 Colonización de nuevos hábitats
 Pérdida de corales profundos

# PECES COSTEROS Y PELAGICOS

## El clima y los peces costeros

- Posible pérdida de hábitat para juveniles
- Menor diversidad de especies debido a la degradación del hábitat
- Species driven towards colder waters resulting in extinction
- Changes in distribution and abundance due to changes in life history
- Impacts on the nature and value of commercial fisheries
- Acidification- effects on calcification
- Loss of habitat with increasing storm intensity
- Stock and fisheries impact due to increase harmful algal blooms



## El clima y los peces pelágicos

- Impacto a los recursos pesqueros debido a cambios en el plancton
- Cambios en distribución de especies debido a cambios en temperatura
- Cambios en la ubicación de los lugares de pesca
- La tasa de crecimiento podría aumentar en el periodo larval y la edad de metamorfosis podría disminuir, lo que aumentaría las probabilidades de sobrevivencia de las larvas de peces.



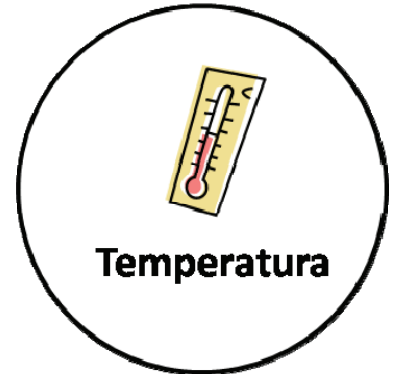
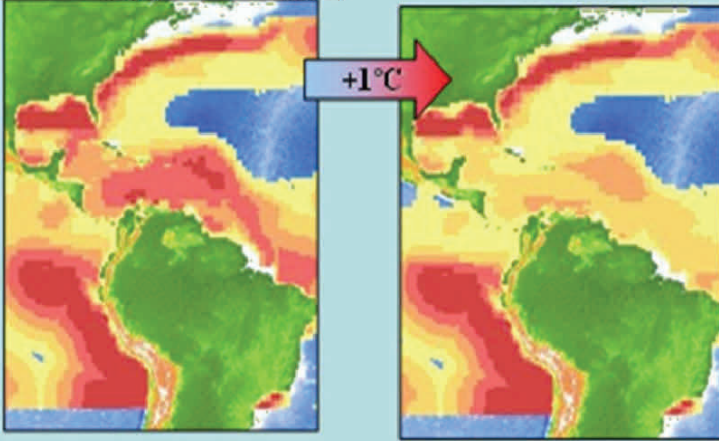


# PECES COSTEROS Y PELAGICOS

## Pérdida de hábitat del Atún aleta amarilla en el Caribe



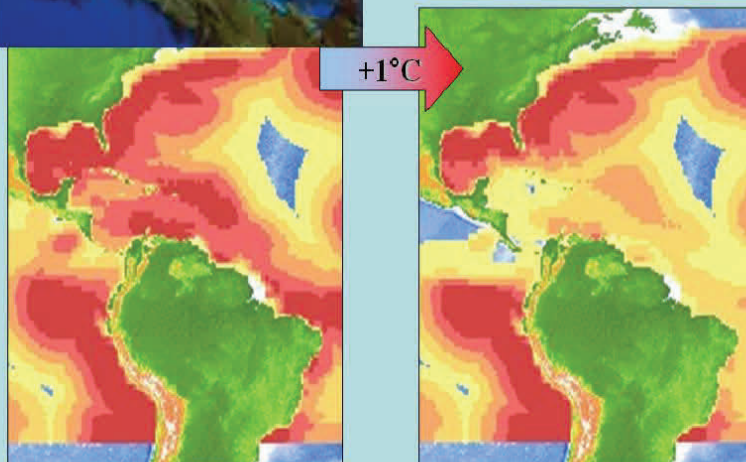
El hábitat se torna menos favorable con un incremento en temperatura de 1°C



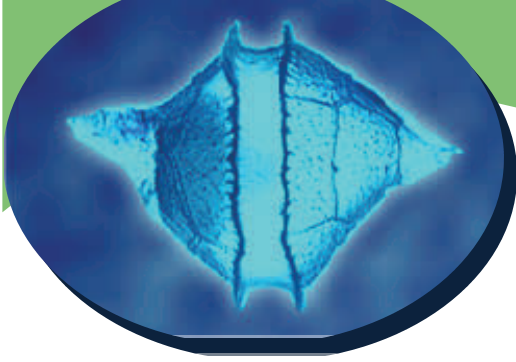
## Pérdida de hábitat del Dorado en el Caribe



El hábitat se torna menos favorable con un incremento en temperatura de 1°C







# BAHÍAS BIOLUMINISCENTES

El aumento en la frecuencia de eventos de lluvias fuertes, tormentas y huracanes debido al cambio climático es la principal amenaza potencial a los sistemas bioluminiscentes. Un aumento en la frecuencia de estos eventos, resultaría en un aumento en la cantidad de escorrentía que llega a estos sistemas, lo cual puede desencadenar en mayor sedimentación, descarga de nutrientes y cambios de salinidad en los cuerpos de agua donde ocurre la bioluminiscencia. En el caso de la Bahía Fosforescente en Lajas, este problema podría verse agravado por la disminución de la cubierta vegetal a lo largo de la cuenca adyacente. El fitoplancton también puede verse afectado debido a temperaturas más cálidas. La temperatura es considerada uno de los factores físicos más importantes que afectan el crecimiento de especies de fitoplancton, mediante el control de los procesos metabólicos de estos organismos. Se ha propuesto y observado que a medida que la temperatura de los océanos se calienta, el fitoplancton será el organismo dominante. Sin embargo, otros han informado que las poblaciones de dinoflagelados y diatomeas también serán favorecidas con aumentos en la temperatura. Por otra parte, todos estos estudios se han realizado en el océano abierto, y podrían observarse resultados diferentes en ecosistemas costeros, tales como las bahías bioluminiscentes. Es necesario realizar experimentos de laboratorio a fin de evaluar los impactos de los aumentos de la temperatura sobre la comunidad fitoplanctónica en sistemas bioluminiscentes.

## MAMÍFEROS MARINOS

### Abundancia y distribución de las especies

- Existen pocos datos
- La abundancia y distribución de algunas especies podría aumentar
- Mayor riesgo de extinción para especies vulnerables

### Fuentes de alimento

- Efecto de las condiciones ambientales en la abundancia y distribución de especies que sirven de alimento a otros organismos (plancton, peces, cefalópodos)

### Enfermedades

- Más enfermedades relacionadas a un aumento en la temperatura del mar

### Contaminantes y metabolismo

- El estrés térmico podría combinarse con enfermedades toxicológicas, causando mayor mortandad
- Adelgazamiento blubber - El transporte de los contaminantes ambientales tóxicos almacenados - Compromiso de la función inmune
- Proliferación de patógenos existentes y nuevos
- Reducción de las resistencias a enfermedades
- Mayor tiempo de exposición





El 56% de la población de Puerto Rico (2,317,189 personas) vive en los municipios costeros. Puerto Rico tiene una superficie de 9,497 km<sup>2</sup> (3,508 mi<sup>2</sup>) y una densidad poblacional de casi 449 habitantes por kilómetro cuadrado (174 habitantes por milla cuadrada). Esto representa una de las densidades más altas del mundo e implica altos niveles de vulnerabilidad a los riesgos costeros. Las comunidades más vulnerables son las que están en desventaja económica, menos preparadas, y bajo condiciones sociales injustas, como la falta de infraestructura y servicios. Hoy en día, más de la mitad de la población vive en el área metropolitana de San Juan. Además, las actividades y servicios están concentrados en los municipios costeros de la Zona Metropolitana: el principal puerto marítimo, el aeropuerto internacional, el centro de salud más importante de Puerto Rico y el Caribe (Centro Médico) y las principales universidades. Los servicios gubernamentales también están muy concentrados en San Juan.

La mayoría de los hoteles, la infraestructura esencial, y las plantas de energía eléctrica se encuentran en la zona costera del Área Metropolitana de San Juan, así como otras zonas costeras (algunas plantas de energía se encuentran a menos de 160 metros de la línea de costa y a menos de dos metros sobre el nivel del mar). La mayoría de los negocios y otros tipos de actividad económica, también se encuentran en la zona costera. La rápida urbanización que se produjo durante las últimas décadas ha cubierto drásticamente las cuencas con superficies impermeables. Como resultado, hay miles de personas que viven en áreas propensas a inundaciones. Los peligros de deslizamientos son también una preocupación cada vez mayor en Puerto Rico. Eventos de lluvias fuertes desencadenan deslizamientos de suelos en las zonas montañosas de la Isla cada año, causando daños materiales considerables y en ocasiones incluso la muerte. La construcción en laderas vulnerables expone a la población, sobre todo en las zonas rurales, a estos peligros. En 2010, se estimaba que el 49% de la población de Puerto Rico vive en áreas cuya susceptibilidad a deslizamientos de tierra se considera de moderada a alta.

A través de la Agencia Estatal para el Manejo de Emergencias, el CCCPR logró recopilar la mayor parte de los planes de mitigación de riesgos para los 78 municipios de Puerto Rico. En resumen, los peligros existentes que afectan a Puerto Rico hoy en día son: inundaciones fluviales y costeras, deslizamientos de tierra, tormentas tropicales y huracanes, terremotos, tsunamis, marejadas de invierno, erosión costera y sequías. Según estos documentos, las estructuras que se consideran en peligro debido a riesgos ya existentes son: residencias, plantas de generación de energía, sistemas de alcantarillado, cementerios, áreas recreativas, centros comunitarios y bibliotecas, edificios e instalaciones gubernamentales, escuelas y hospitales. Por otro lado, el Grupo de Trabajo 3 determinó a través de reuniones y el uso de los planes municipales de mitigación de riesgos que, de acuerdo con las tendencias climáticas observadas históricamente, Puerto Rico se encuentra actualmente en situación de riesgo por:

- Desarrollo continuo en áreas de alto riesgo o áreas de pobre drenaje
- Mayor cambio de uso de la tierra y aumento del área de superficies impermeables
- Uso inadecuado de las estructuras de estabilización de costa en ciertas áreas
- Mantenimiento deficiente de las estructuras existentes para la estabilización de la costa
- Mal mantenimiento y dragado de ríos, canales y embalses
- Capacidad inadecuada y falta de mantenimiento de los sistemas de alcantarillado pluvial
- Malas prácticas de manejo en terrenos costeros y cuencas hidrográficas
- Prácticas inadecuadas de construcción que no cumplen con los códigos establecidos
- Eliminación de las dunas, arrecifes, manglares y otros elementos de protección natural

# Riesgos en Puerto Rico

De todos los planes de mitigación de riesgos para los municipios de Puerto Rico sólo Naguabo, Peñuelas, Yauco, Hatillo, Salinas y Toa Baja mencionan los términos "cambio climático", "calentamiento global", o "aumento del nivel del mar".

Las condiciones socioeconómicas y las vulnerabilidades descritas anteriormente son las consideraciones más importantes al determinar cómo enfrentar el nuevo reto del cambio climático. Los cambios en el clima descritos en el informe del Grupo de Trabajo 1 del CCCPR no necesariamente van a crear nuevas vulnerabilidades para Puerto Rico, sino que se espera que exacerben las vulnerabilidades que ya se enfrentan hoy en día. La alta proporción de población en zonas vulnerables a desastres naturales, la creciente población de personas mayores y otros grupos de riesgo, y una tasa de pobreza relativamente alta (según estándares de EE.UU.) aumentan la vulnerabilidad social y económica de la Isla a los impactos del cambio climático

Al mismo tiempo, el alto consumo per cápita de combustible y energía para electricidad y transporte (en Puerto Rico existe un automóvil por cada 1.3 personas) contribuye a las causas del cambio climático global. Los municipios en Puerto Rico ya están preocupados por el cambio climático, como lo demuestra el siguiente extracto del plan de mitigación de riesgos de un municipio costero: "Se espera que a medida que pasen los años la probabilidad de inundaciones en [el municipio] y Puerto Rico en general aumentará debido a todos los cambios climáticos que se están produciendo en el mundo ". Cuando se evalúa cómo el cambio climático podría afectar a Puerto Rico, es importante tener en cuenta que más que el cambio en sí mismo, la verdadera preocupación es la manera en que cambiaría nuestra forma de vida.

## ***Riesgos en Puerto Rico***

*Tormentas tropicales y huracanes*

*Inundaciones costeras y riverinas*

*Marejadas ciclónicas*

*Marejadas de invierno producidas por tormentas en el Atlántico Norte*

*Deslizamientos*

*Terremotos, Licuefacción y Movimientos telúricos*

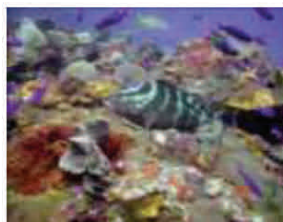
*Tsunamis*

*Erosión*

*Sequías*

## **Nuestras primeras líneas de defensa están desapareciendo**

- **La pérdida y alteración de humedales y sistemas naturales de drenaje aumenta el riesgo de inundaciones**
- **La pérdida de barreras naturales costeras aumenta el impacto de las tormentas y marejadas en la costa**
- **La pérdida o degradación de habitats marinos como los arrecifes de coral aumenta el impacto de las olas y la erosión a lo largo de la costa**





## Sitios históricos y culturales

Puerto Rico cuenta con una gran variedad de edificaciones que tienen un sgran significado histórico y cultural, muchos de los cuales están situados en la costa. Una muestra de estos incluye los fuertes españoles del Viejo San Juan, así como los faros e iglesias que se encuentran alrededor de la Isla. Muchas ciudades costeras, como Cataño, Hatillo y Arecibo, tienen sus centros históricos situados cerca del agua y son vulnerables a los efectos del cambio climático. La información recopilada por el Grupo de Trabajo 3 durante los talleres de evaluación de riesgos con los municipios costeros indica que ciertas edificaciones históricas en Puerto Rico ya están expuestas a eventos de inundación, como la iglesia católica de Santa Rosa de Lima en Rincón, restos del antiguo tren a lo largo de la costa oeste, la Antigua Casa de la Real Aduana en Fajardo, numerosos sitios arqueológicos de artefactos tainos y españoles (por ejemplo, áreas de cocina, concheros y cánones), las ruinas de la Hacienda María Antonia en Guánica, y el Castillo Villa del Mar en Naguabo. De hecho, los restos del Castillo en Naguabo, uno de los pocos ejemplos de arquitectura de estilo victoriano tardío en Puerto Rico, ya ha sufrido graves daños por el huracán Hugo en 1989. A pesar de esa tragedia y un posterior incendio, el gobierno municipal y otras agencias gubernamentales tienen la intención de restaurar el edificio. Un incremento en la frecuencia de las inundaciones por el aumento del nivel del mar y fuertes precipitaciones podrían causar mayor daño estructural a este edificio histórico y muchos otros, tal vez incluso la pérdida completa de esos tesoros.

### *Ejemplos de sitios históricos potencialmente vulnerables en Puerto Rico*

- *Fortificaciones españolas en el Viejo San Juan*
- *Yacimientos arqueológicos de asentamientos tainos y españoles*
- *Cascos urbanos históricos*
- *Iglesia Santa Rosa de Lima en Rincón*
- *Antigua Casa de la Real Aduana en Fajardo*
- *Ruinas de la Hacienda María Antonia en Guánica*
- *Castillo Villa del Mar en Naguabo*
- *Iglesia San Carlos Borromeo en Aguadilla*
- *Antiguo Cementerio Municipal de Aguadilla*



## Industria y manufactura

Las tormentas y los huracanes constituyen una muy buena prueba para evaluar los sistemas de manufactura y cómo se relacionan a los cambios climáticos (Asociación de Industriales, comunicación personal, 17 de julio de 2012). En el pasado, eventos atmosféricos pasados, tales como los huracanes Hugo y Georges, afectaron los sistemas de transportación y esto a su vez afectó las operaciones industriales. Sin embargo, hubo muy pocos informes de daños a la infraestructura de las compañías manufactureras. Puerto Rico experimenta inundaciones con relativa frecuencia y estos eventos afectan la producción industrial. Ejemplos de los efectos en la producción incluyen: interrupción de los negocios debido a que los empleados no pueden asistir al trabajo porque sus hijos no pueden asistir a la escuela ya que ésta se encuentra cerrada debido a las inundaciones. En otros casos, los trabajadores no pueden llegar a sus lugares de trabajo porque las carreteras están cerradas por inundaciones o derrumbes que las hacen intransitables. Las compañías también se ven afectadas por la interrupción en los sistemas de comunicaciones, particularmente debido a que gran parte de las líneas de comunicación no son soterradas. Dependiendo del tipo de industria, algunas compañías pueden sobrevivir dos o tres días de interrupción de servicios. La capacidad de resistir y prepararse para reducir el efecto de estos eventos también depende de con cuánta antelación se comunica que el evento afectará el área donde se ubica la industria.

Algunas industrias en Puerto Rico emplean equipos que no pueden ser apagados o la producción interrumpida ya que se corromperían los lotes completos de materia prima. Estos negocios son más susceptibles de ser afectados por la interrupción de servicios. De igual manera, estos eventos afectan la capacidad de embarcar y exportar sus productos ya que eventos como el alza del nivel del mar, las tormentas, y las lluvias intensas pueden forzar el cierre de puertos y aeropuertos. Una gran cantidad son exportados por vía aérea (Ej. Marcapasos), otros productos tales como bebidas alcohólicas producidas en las destilerías de Puerto Rico, dependen en el uso de los puertos.

En la actualidad no existen restricciones para el uso del agua, ni en términos de cantidad ni de calidad por parte de las industrias, lo cual constituye una ventaja comparativa para Puerto Rico. Muchas compañías operan sus propios pozos y no dependen de la Autoridad de Acueductos y Alcantarillados. Un estudio independiente es necesario para determinar cómo las sequías en el Caribe afectarían los recursos de agua de Puerto Rico en el futuro, así como a las industrias dependientes de estos.

La industria manufacturera de Puerto Rico puede tener la capacidad de adaptarse a los cambios climáticos. Existe una red de coordinación de emergencias y apoyo entre estas industrias, sin embargo esta red no se ha probado en un evento de huracán mayor.

A partir de las experiencias y eventos de tormentas anteriores se puede inferir que los cambios climáticos afectarán a las industrias de manera indirecta (interrupción de servicios y efectos en los recursos humanos de las empresas) y en menor grado por los impactos a la infraestructura, lo cual depende en la ubicación de las facilidades, su método de exportación (aéreo versus marino), su conectividad con la red de emergencia y el tipo de industria que se analice.

# Turismo

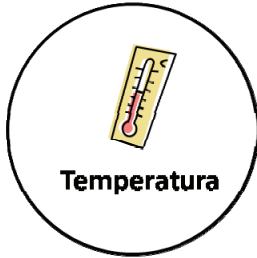
Factor climático	Implicaciones para el turismo
Temperaturas más cálidas	Alteración de la estacionalidad Estrés por calor para los turistas Aumento de costos de enfriamiento Cambios en las poblaciones y el rango de distribución de insectos, plantas y vida silvestre Impactos en la salud, como enfermedades infecciosas y transmitidas por vectores
Mayor frecuencia e intensidad de tormentas extremas	Riesgos a instalaciones turísticas Mayor costo de seguros / pérdida de asegurabilidad Costos de interrupción de negocios Racionamiento de agua
Menos precipitación y mayor evaporación en algunas regiones	Presión sobre los abastos de agua entre el turismo y otros sectores Desertificación Amenaza a la infraestructura debido a un mayor riesgo de incendios forestales
Aumento en la frecuencia de lluvias fuertes	Daños por inundación en lugares históricos y culturales Daño a la infraestructura de turismo Alteración de la estacionalidad (playas, biodiversidad, flujo ripario)
Aumento en el nivel del mar	Erosión costera Pérdida de área de playa Mayores costos para proteger y mantener estructuras de estabilización de la costa
Aumento de la temperatura superficial del mar	Mayor blanqueamiento de corales Degradación estética de los recursos marinos en lugares de snorkel y buceo
Cambios en la biodiversidad terrestre y marina	Pérdida de especies y atracciones naturales Mayor riesgo de enfermedades en países tropicales y sub-tropicales
Fuegos forestales mayores y más frecuentes	Pérdida de atracciones naturales Mayor riesgo de inundaciones Daños a la infraestructura de turismo
Cambios en los suelos (niveles de humedad, erosión, acidez)	Pérdida de sitios arqueológicos y otros recursos naturales Impactos en lugares de interés turístico y en la agricultura

## Industria Cinematográfica y Entretenimiento

En los pasados años Puerto Rico ha promovido como nunca antes la industria de cine, logrando poner a Puerto Rico en el mapa como un destino único y atractivo para la producción de películas y televisión. La industria de cine es uno de los renglones más importantes, no tan sólo para nuestro desarrollo económico sino para nuestro desarrollo cultural. A su vez influye en otras actividades agregadas, como alquiler de equipo y la industria hotelera, impactando en última instancia en gran parte de los bienes de consumo. La filmación, eje central de la industria cinematográfica, tiene la característica de ser un producto de consumo masivo, además como fenómeno económico y cultural, presenta una gran oportunidad de progreso, empleos y desarrollo económico, máxime con las ventajas competitivas de nuestra Isla: nuestros técnicos profesionales, nuestras localidades, nuestros artistas y actores reconocidos mundialmente y la cultura y los recursos naturales de nuestra hermosa Isla. Las implicaciones del cambio climático para el turismo, los recursos naturales y la industria de servicios podría disuadir a los cineastas de escoger Puerto Rico como ubicación de filmación.



## MEDIOS DE VIDA



- Aumentos en temperatura podrían causar cambios en los habitats costeros de acuerdo a la tolerancia o pérdida de vegetación en estas barreras costeras
- La pérdida de hábitat para especies de pesca podría afectar la industria pesquera en Puerto Rico



- Un aumento en las inundaciones causaría daños de vida y propiedad
- Los daños por inundación a estructuras costeras podrían afectar la industria de manufactura, y otras tantas, si la transportación y servicios son interrumpidos



- Un aumento en el nivel del mar puede provocar daños relacionados a la erosión costera que afecten vida y propiedad
- Un aumento en el nivel del mar podría resultar en la pérdida de las estructuras naturales que sirven como barreras costeras



- Un aumento en la magnitud y/o frecuencia de tormentas puede causar graves daños sociales y económicos
- Un aumento en la magnitud y/o frecuencia de tormentas puede causar pérdida o daño de las barreras naturales a lo largo de la costa



- Un aumento en la acidificación del mar afectaría la vida marina y las industrias que dependen de esta, como la pesca comercial
- La pérdida o degradación de habitats de arrecifes de coral como resultado de la acidificación oceánica podría intensificar los daños a estructuras que se encuentran en la costa

# MATRIZ DE RIESGOS

Área de planificación	Puntuación promedio de riesgo	Factor climático
Características naturales que protejan la costa (barreras naturales como manglares, dunas, rocas o arrecifes de coral)	Alto 11.63	Precipitación, Temperatura, Tormentas, Acidificación
Estructuras de propiedad privada (viviendas unifamiliares y múltiples, edificios de oficinas, hoteles, edificios comerciales, estaciones de gasolina, centros comerciales, etc.)	Alto 11.38	Nivel del mar, Tormentas
Instalaciones y edificios públicos (gobierno, educación, salud, parques culturales, áreas recreativas, etc.)	Alto 10.90	Nivel del mar, Tormentas
Infraestructura de aguas usadas y escorrentía: estructuras de recolección y transporte (canales, tuberías, bombas, alcantarillas, arroyos urbanos y quebradas), estructuras de captación (estanques, lagos urbanos y sistemas de recolección de agua de lluvia), estructuras de control de calidad (por ejemplo, desarenadores), estructuras de almacenamiento, sistemas de desbordamiento de aguas residuales y pluviales, plantas de tratamiento y sistemas de descarga de aguas tratadas	Alto 10.60	Precipitación, Temperatura, Tormentas
Transporte (puertos, carreteras, puentes)	Alto 10.31	Precipitación, Nivel del mar
Infraestructura de generación de energía (plantas de generación de energía, infraestructura de transmisión e infraestructura de distribución)	Alto 9.57	Nivel del mar, Tormentas
Servicios de agua (estructuras de almacenamiento, procesamiento y distribución de agua potable (tuberías principales de agua, etc.)	Mediano 8.86	Precipitación, Temperatura, Tormentas
Suministro de agua (recursos de agua superficial, aguas subterráneas y del subsuelo, acuíferos costeros, represas y energía hidroeléctrica)	Mediano 8.65	Precipitación, Temperatura
Recursos de agua para irrigación y drenaje	Mediano 8.55	Precipitación, Temperatura
Recursos históricos y culturales (lugares de interés histórico y valor cultural)	Mediano 7.64	Nivel del mar, Tormentas

Programa de Manejo de la Zona Costanera de Puerto Rico

Departamento de Recursos Naturales y Ambientales

PO Box 366147

San Juan, Puerto Rico 00936

Teléfono: (787) 999-2200 ext. 2720

Fax: (787) 999-2267

**Cita sugerida para este resumen ejecutivo:**

Consejo de Cambio Climático de Puerto Rico (CCCPR). 2013. Estado del Clima de Puerto Rico 2010-2013 Resumen Ejecutivo: Evaluación de vulnerabilidades socio-ecológicas en un clima cambiante, VERSIÓN ELECTRÓNICA. Programa de Manejo de la Zona Costanera, Departamento de Recursos Naturales y Ambientales, Oficina de Océanos y Recursos Costeros (NOAA-OCRM). San Juan, PR: pp. 27

