

# PUERTO RICO Y LAS ISLAS VÍRGENES ESTADOUNIDENSES

## Mensajes clave

Las temperaturas en Puerto Rico y las Islas Vírgenes Estadounidenses han aumentado casi 2°F desde 1950. En un escenario de mayor emisiones, se proyecta un calentamiento históricamente sin precedentes durante este siglo, incluyendo un aumento en los eventos de calor extremo.

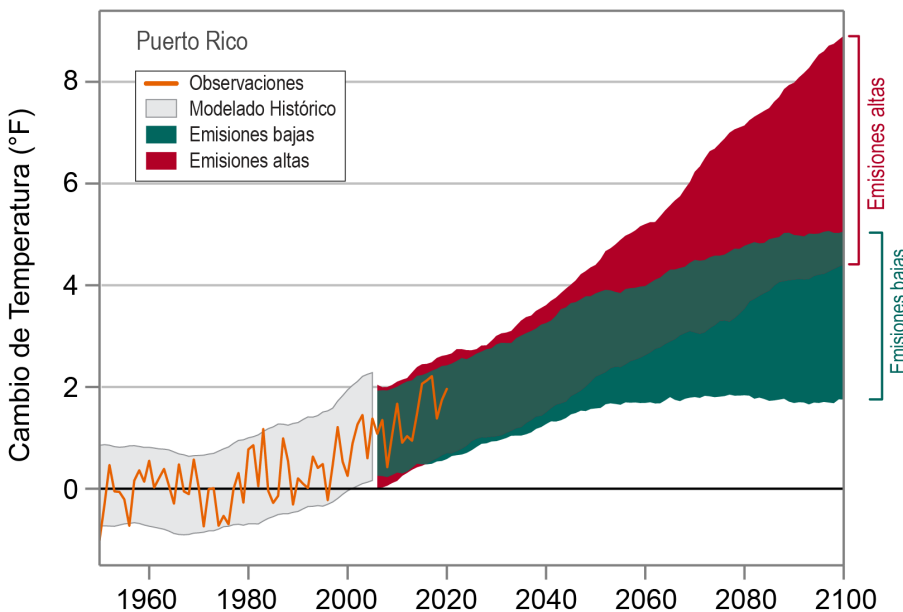
Los cambios futuros en las precipitaciones totales son inciertos, pero se proyecta que aumentarán las precipitaciones extremas, con aumentos relacionados en la intensidad y frecuencia de las inundaciones.

Desde 1961, el nivel del mar a aumentado 0.7 pulgadas por década en San Juan, Puerto Rico—una tasa igual a la tasa de aumento del nivel global del mar durante la segunda mitad del siglo 20. Se proyecta que el nivel global del mar aumentará 1–8 pies, y se proyectan aumentos similares para Puerto Rico y las Islas Vírgenes Estadounidenses. El aumento del nivel del mar presenta amenazas generalizadas y continuas tanto a los ambientes naturales como los construidos en las comunidades costeras.

Los huracanes son una gran amenaza tanto para Puerto Rico como para las Islas Vírgenes Estadounidenses. La tasa de lluvia de huracanes, la altura de la marejada ciclónica debido al aumento del nivel del mar, y el número de huracanes más fuertes (Categoría 3, 4, and 5) son aspectos que se proyectan en aumento dado el calentamiento climático.

Puerto Rico y las Islas Vírgenes Estadounidenses se encuentran en la región subtropical del Caribe. Puerto Rico comprende la isla principal y varias islas cercanas más pequeñas, como Vieques, Culebra, Isla de Mona, Caja de Muertos e Isla Desecheo. Las islas principales de las Islas Vírgenes Estadounidenses son St. Thomas, St. Croix y St. John. Estando rodeadas por el océano en todos sus lados, las islas presentan condiciones tropicales cálidas y húmedas con mínimas variaciones de temperatura entre las temporadas. El clima templado de San Juan, Puerto Rico, ilustra las condiciones tropicales de estas islas. La temperatura promedio anual (normal de 1991 a 2020) es de 81.0°F. Las temperaturas son por lo general más frescas en enero, con una temperatura mínima promedio de 72.0°F y una temperatura máxima promedio de 83.2°F, y más cálida en agosto, con una temperatura mínima promedio de 77.8°F y una temperatura máxima promedio de 89.1°F.

Cambio de Temperatura Observado y Proyectado



**Figura 1:** Cambios observados y proyectados (comparados con el promedio 1951–1980) en temperatura del aire cerca de la superficie para Puerto Rico. Los datos observados son para 1950–2020, basados en datos de seis puntos informantes a largo plazo. Los cambios proyectados para 2006–2100 son de modelos climáticos globales para dos futuros posibles: uno en donde las emisiones de gases de efecto invernadero continúan aumentando (emisiones más altas) y otro en donde las emisiones de gas de efecto invernadero aumentan a una velocidad más lenta (emisiones más bajas). Las temperaturas en Puerto Rico (línea naranja) han aumentado casi 2°F desde 1950. El sombreado indica la gama de temperaturas anuales a partir del conjunto de modelos. Las temperaturas observadas están generalmente dentro de lo abarcado por las simulaciones de los modelos del periodo histórico (sombreado gris). Se proyecta un calentamiento históricamente sin precedentes durante este siglo. Se espera menos

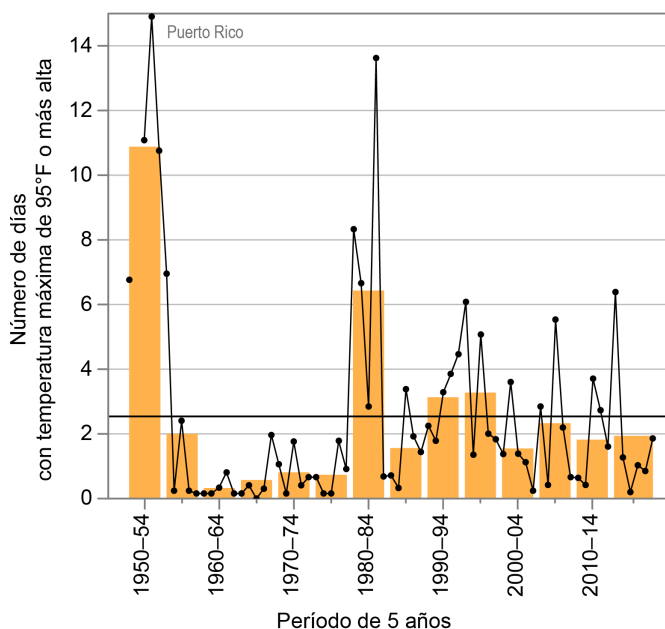
calentamiento en un futuro con menos emisiones (las proyecciones más frías para fines de siglo son unos 2°F más cálidas que el promedio histórico; sombreado de color verde), y se prevé más calentamiento con emisiones más altas a futuro (las proyecciones más cálidas para fin de siglo son unos 7°F más cálidas que el año más caluroso en el registro histórico; sombreado de color rojo). Fuentes: CISESS y NOAA NCEI. Datos: GHCN-Mensualmente (observaciones) y CMIP5 (proyecciones).

Las precipitaciones en todo Puerto Rico y las Islas Vírgenes Estadounidenses son variables según la temporada, siendo más lluviosos los veranos y los inviernos relativamente más secos. La influencia sinóptica predominante en el clima de las islas es la alta subtropical del Atlántico Norte, la cual causa vientos alisios prevalecientes principalmente del este y el noreste. El posicionamiento de este a oeste de la Cordillera Central, donde la elevación más alta es de 4,390 pies, ofrece una línea divisoria natural que separa Puerto Rico en dos regiones climatológicamente distintivas. Los dos tercios norteños de Puerto Rico tienen un clima mayoritariamente húmedo, y la parte sureña tiene un clima más seco, semiárido. Los vientos alisios del noreste aportan vapor de agua para precipitaciones a lo largo de la costa norte y las islas periféricas, pero el paso sobre esta cordillera elimina humedad a través de las precipitaciones, y el flujo resultante pendiente abajo es más seco. Las Islas Vírgenes Estadounidenses no tienen una elevación tan alta (el punto más alto es de 1,555 pies en St. Thomas), pero igualmente ocurren efectos topográficos sobre las precipitaciones, siendo los costados Oeste (a favor del viento) más mojados que los costados Este (contra el viento).

Las islas aumentaron de temperatura a lo largo del siglo 20 y el principio del siglo 21. Por ejemplo, **las temperaturas en Puerto Rico han subido casi 2°F desde 1950** (Figura 1). El número de días muy calurosos no presenta ninguna tendencia (Figura 2). En contraste, las noches sumamente cálidas han estado en general por encima del promedio desde el 2000, y el número más alto ocurrió desde el 2015 (Figura 3). El efecto de calor urbano isleño ha provocado que las temperaturas aumenten más rápidamente en San Juan que en el resto de las islas. Las temperaturas superficiales del área circundante del océano, las cuales aportan un factor regulador esencial de las temperaturas en Puerto Rico y las Islas Vírgenes Estadounidenses, han aumentado casi 2°F desde el inicio del siglo 20 (Figura 4).

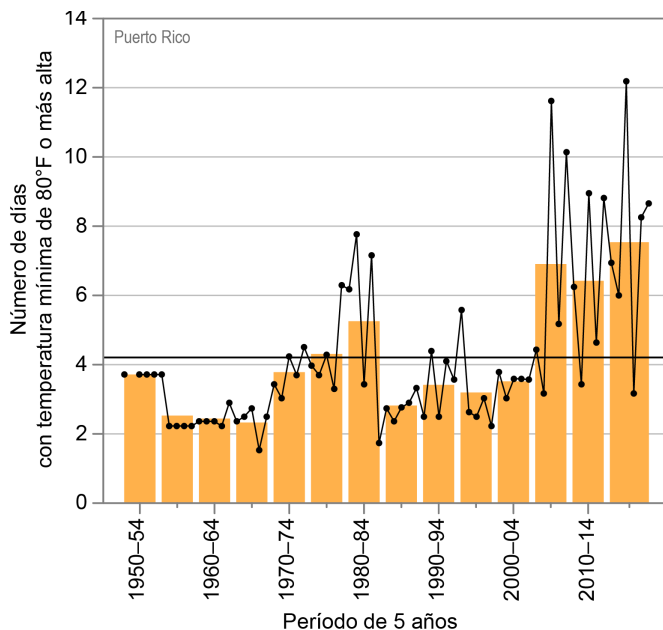
Las precipitaciones anuales de Puerto Rico fluctúan desde más de 200 pulgadas en las regiones de alta elevación en el Bosque Nacional El Yunque (situado en las montañas de la Sierra de Luquillo) en la parte noreste de la isla hasta menos de 40 pulgadas en Ponce en la costa sureña. Las precipitaciones anuales en las Islas Vírgenes Estadounidenses suman menos de 60 pulgadas en todas las islas. Gran parte del agua caída en la temporada lluviosa (de mayo a octubre) se deriva de los ciclones tropicales (huracanes y tormentas tropicales) y ondas tropicales del este, las cuales se desplazan de este a oeste, pero las altas temperaturas superficiales del mar también pueden desencadenar actividad local de tempestades. En la temporada seca (de noviembre a abril), la lluvia es provocada por frentes fríos que se desplazan de oeste a este. **Las precipitaciones anuales totales en Puerto Rico varían de un año a otro, pero han estado cerca o sobre el promedio desde el 2003** (Figura 5).

## Número observado de días calurosos



**Figura 2:** Número anual observado de días sumamente calurosos (temperatura máxima de 95°F o mayor) en Puerto Rico desde 1950 hasta 2020. Los puntos muestran valores anuales. Las barras muestran promedios en periodos de 5 años (la última barra es un periodo de 6 años). La línea negra horizontal muestra el promedio a largo plazo (periodo entero) de 2.5 días. (No se registraron datos en el 1951.) No hay tendencia general. Fuentes: CISESS y NOAA NCEI. Datos: GHCN-Diariamente de 4 estaciones a largo plazo.

## Número observado de noches extremadamente calurosas

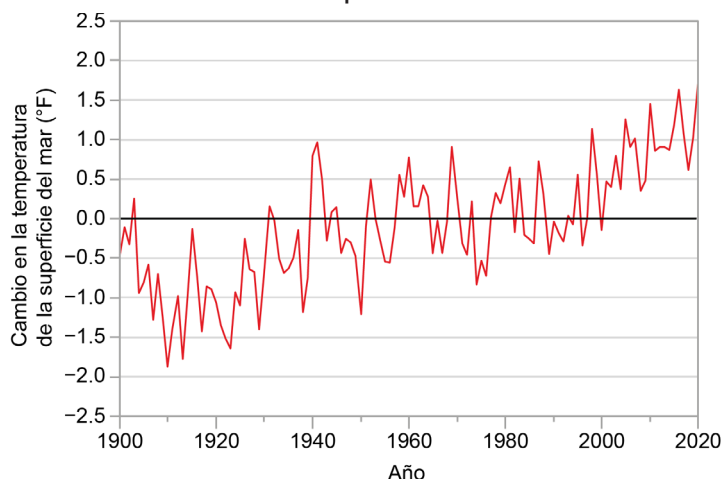


**Figura 3:** Número anual observado de noches sumamente calurosas (temperatura mínima de 80°F o mayor) en Puerto Rico desde 1950 hasta 2020. Los puntos muestran valores anuales. Las barras muestran promedios en periodos de 5 años (la última barra es un promedio de 6 años). La línea negra horizontal muestra el promedio a largo plazo (periodo entero) de 4.2 noches. (No se registraron datos en el 1951.) Desde el 2005, las islas han experimentado un número sobre el promedio de dichos eventos, ocurriendo el mayor número desde el 2015. Fuentes: CISESS y NOAA NCEI. Datos: GHCN-Diariamente de 4 estaciones a largo plazo.

**Las precipitaciones extremas en Puerto Rico no han mostrado una tendencia general desde la década de 1950.** El número más alto de eventos de precipitaciones extremas de 3 pulgadas (Figura 6) ocurrió a principios de la década de 2010. En el 2011, Puerto Rico y las Islas Vírgenes Estadounidenses registraron un periodo prolongado de lluvias torrenciales e inundaciones (no relacionado con un ciclón tropical) desde mediados de mayo hasta mediados de junio. Varios lugares registraron 2–4 veces la lluvia caída normal durante este periodo. Se produjeron inundaciones considerables en todo Puerto Rico, con la excepción de la región suroeste de la isla. También se reportaron inundaciones importantes en Saint Croix, Islas Vírgenes Estadounidenses, donde los totales de la lluvia caída semanalmente alcanzaron 6 a 7 pulgadas.

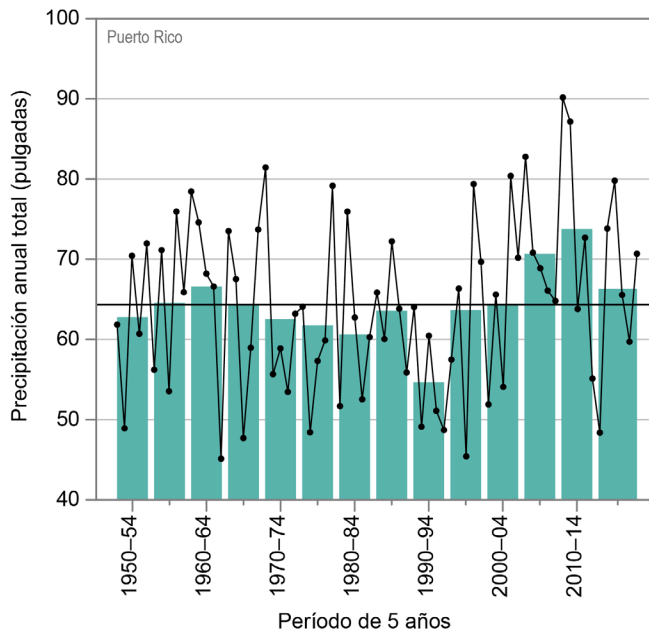
Los eventos de ciclones tropicales (huracanes, tormentas tropicales y depresiones tropicales) son una preocupación importante para las islas debido a su posición en la ruta de los huracanes del Caribe. Aunque estos sistemas meteorológicos se producen cerca de las islas solo una vez cada 1 a 2 años (Figura 7), pueden tener efectos devastadores. Los ciclones tropicales que afectaron a Puerto Rico y las Islas Vírgenes Estadounidenses en este siglo incluyen, entre otros, la Tormenta Tropical Jeanne en el 2004, el Huracán Irene (Categoría 1) en el 2011 y el Huracán Irma (Categoría 5) en el 2017. El Huracán Irene produjo lluvias torrenciales que provocaron inundaciones importantes en el noreste de Puerto Rico. A fines del siglo 20, el Huracán Hugo (Categoría 4) en el 1989, el Huracán Marilyn (Categoría 2) en el 1995 y el Huracán Georges (Categoría 3) en el 1998 fueron todos eventos que causaron daños catastróficos en las islas. El Huracán Lenny (Categoría 4) en el 1999, el segundo huracán más poderoso del mes de noviembre en la era satelital, pasó justo al sur de las Islas Vírgenes Estadounidenses con su intensidad máxima, causando más de \$300 millones en daños en Puerto Rico y las Islas Vírgenes Estadounidenses; y estuvo caracterizado por una trayectoria inusual de oeste a este por el Caribe. Los huracanes anteriores dignos de mencionar son la tormenta San Felipe Segundo (Categoría 5) del 1928 y la tormenta San Ciprián (Categoría 4) del 1932. Los dos huracanes más devastadores ocurrieron en 1899 y 2017. El huracán San Ciriaco en el 1899 (Categoría 4), el desastre natural más grave registrado en la historia de las islas, provocó 3,300 muertes. Además, un cuarto de los residentes quedó sin hogar, y se destruyó la producción de café valorada en más de \$200 millones. En septiembre del 2017, el Huracán María (Categoría 4) tocó tierra en Puerto Rico, causando una destrucción devastadora en las islas. Los vientos que alcanzaron localmente la intensidad de Categoría 5, en combinación con lluvias torrenciales extremas y el poder destructivo del oleaje y la marea de tormenta, provocaron extensos daños a los edificios y la infraestructura. La gran mayoría de Puerto Rico y las Islas Vírgenes Estadounidenses se vieron afectadas por

## Cambio en la temperatura anual de la superficie del mar



**Figura 4:** Cambios observados de 1900 a 2020 (comparados con el promedio de 1951 a 1980) en la temperatura superficial del mar (SST) promedio anual para la región que rodea Puerto Rico y las Islas Vírgenes Estadounidenses (62°W–68°W, 17°N–19°N). Las SST han aumentado constantemente desde mediados de siglo. Fuentes: CISESS y NOAA NCEI. Datos: NOAA ERSST v5.

## Precipitación anual observado



**Figura 5:** Precipitaciones totales anuales observadas en Puerto Rico de 1950 a 2020. Los puntos muestran valores anuales. Las barras muestran promedios en periodos de 5 años (la última barra es un promedio de 6 años). La línea negra horizontal muestra el promedio a largo plazo (periodo entero) de 64.3 pulgadas. Las precipitaciones totales anuales en Puerto Rico varían de un año a otro. Las precipitaciones totales han estado cerca o sobre el promedio desde 1950, con un solo periodo que presentó condiciones muy por debajo del promedio. Fuentes: CISESS y NOAA NCEI. Datos: GHCN-Diariamente de 8 estaciones a largo plazo.

inundaciones y deslizamientos de tierra, y la mayor parte de los residentes quedaron sin electricidad durante meses en lo que sigue siendo el corte de energía más grave en la historia estadounidense. María es el tercer huracán más costoso en

la historia estadounidense, totalizando daños estimados en \$90 mil millones en todas las islas.

**En un escenario de aumento progresivo de las emisiones, se proyecta un calentamiento históricamente sin precedentes durante este siglo** (Figura 1). Incluso en un escenario con un aumento más bajo de las emisiones, se proyecta que las temperaturas promedio anuales superarán los niveles históricos registrados para mediados de este siglo. Sin embargo, se proyecta una amplia gama de aumentos de temperatura en ambos escenarios, y en el escenario con menos emisiones, algunas proyecciones solo son ligeramente más cálidas que los registros históricos. Se proyecta que el calentamiento general estará acompañado de aumentos en el número de días sumamente calurosos y noches cálidas.

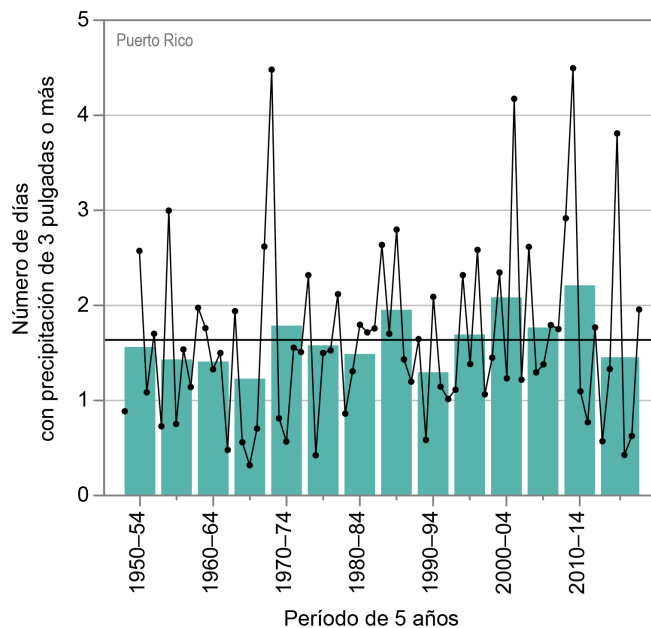
**Se proyecta una disminución en las precipitaciones promedio anuales en Puerto Rico y las Islas Vírgenes Estadounidenses a lo largo del siglo 21** (Figura 8).

Las proyecciones de los modelos indican una disminución en las precipitaciones que promedia alrededor del 10%, sin embargo, hay una incertidumbre significativa en la magnitud de los cambios en las precipitaciones en la región Sur del Caribe. Puerto Rico y las Islas Vírgenes Estadounidenses pueden enfrentar un mayor riesgo de sequía, potencialmente afectando los suministros de agua, la agricultura y la economía.

Aunque se proyecta que las precipitaciones generales disminuirán, se proyecta que aumentarán los eventos de precipitaciones extremas debido al aumento de vapor de agua disponible en respuesta al incremento de las temperaturas del océano relacionado con el cambio climático. Aunque es incierto si el número total de huracanes va a aumentar o disminuir en el futuro, la tasa de lluvia relacionada a los huracanes, la altura de la marejada ciclónica debido al aumento del nivel del mar, y el número de huracanes mayores (Categoría 3, 4 y 5) son todos aspectos que se proyecta van a ir en aumento.

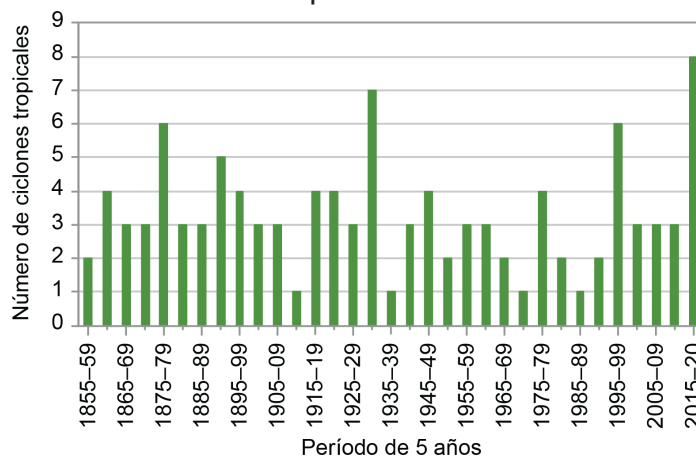
**Desde el 1962, el nivel del mar en San Juan ha aumentado 0.7 pulgadas por década** (equivalente al índice de aumento del nivel global del mar). El aumento del nivel del mar es una preocupación importante debido a la extensa costa de Puerto Rico. Aproximadamente el 60% de la población vive en las 44 ciudades costeras de las islas y estas áreas también albergan una parte significativa de la infraestructura costera crítica de las islas. Desde el 2010, el aumento del nivel del mar, así como los ciclones tropicales y otros eventos extremos, ha aumentado el índice de erosión en muchos lugares a lo largo de la costa puertorriqueña. Al amplificarse las mareas de tormentas y tempestades, incluso las cantidades marginales de aumento en el nivel del mar incrementan la probabilidad de inundaciones que antes eran menos comunes. La mayor parte de las Islas

### Número observado de eventos de precipitación extrema de 3 pulgadas



**Figura 6:** Número anual observado de eventos de precipitaciones extremas de 3 pulgadas (días con precipitaciones de un mínimo de 3 pulgadas) en Puerto Rico desde 1950 hasta 2020. Los puntos muestran valores anuales. Las barras muestran promedios en periodos de 5 años (la última barra es un promedio de 6 años). La línea negra horizontal muestra el promedio a largo plazo (periodo entero) de 1.6 días. (No se registraron datos en el 1951.) Una estación informante típica registra 1 a 2 eventos por año. No hay tendencia general. Fuentes: CISESS y NOAA NCEI. Datos: GHCN-Diariamente de 8 estaciones a largo plazo.

### Total de eventos de ciclones tropicales en Puerto Rico

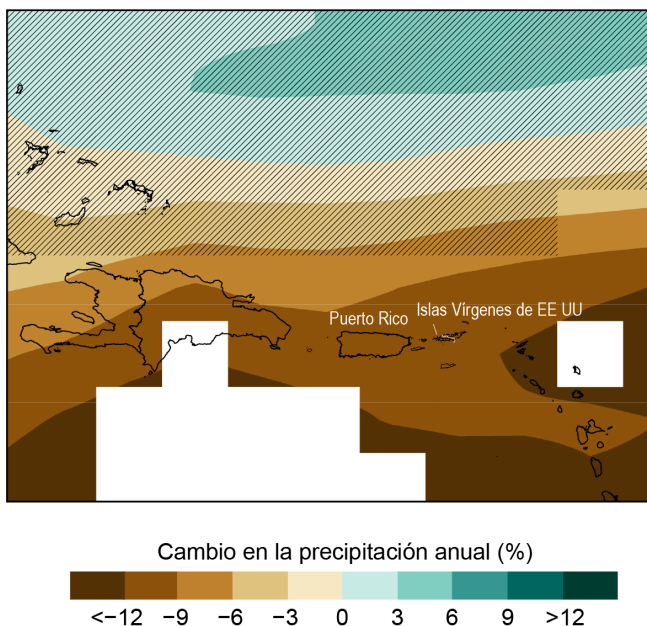


**Figura 7:** Número de eventos de ciclones tropicales (incluidos huracanes y tormentas tropicales) dentro de una distancia de 60 millas náuticas de Puerto Rico, totalizado en periodos de 5 años (la última barra es un total de 6 años). Dichos eventos ocurren cada 1 a 2 años; sin embargo, el periodo de 2015 a 2020 tuvo 8 eventos. Fuente: CISESS y NOAA NCEI.

Vírgenes Estadounidenses se hallan bien por sobre el nivel del mar; sin embargo, las propiedades frente al mar en la capital, Charlotte Amalie, se encuentran generalmente a unos pocos pies del nivel del mar.

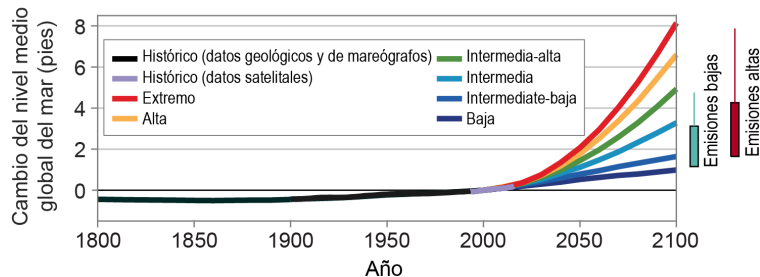
Se proyecta que el nivel global del mar subirá otros 1–8 pies, con una gama probable de 1–4 pies, para el 2100 a causa de emisiones pasadas y futuras por las actividades humanas (Figura 9), y hay aumentos similares que son probables para Puerto Rico y las Islas Vírgenes Estadounidenses. Algunas estimaciones para Puerto Rico proyectan un aumento de hasta 2.1 pies para el 2060 y 4.9 pies para el 2100 (Figura 10). Los niveles del mar en aumento probablemente provocarán más inundaciones costeras y perturbarán los ecosistemas costeros y las infraestructuras críticas.

### Cambio proyectado en la precipitación anual



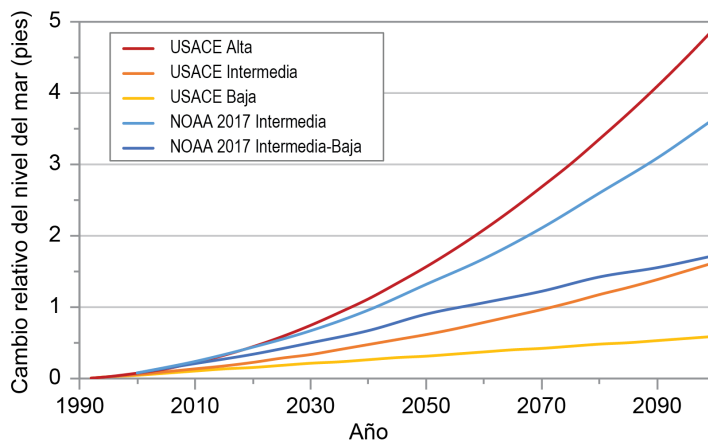
**Figura 8:** Cambios proyectados en las precipitaciones anuales (%) para mediados del siglo 21 en comparación con fines del siglo 20 con emisiones más altas. Se proyecta que disminuirán las precipitaciones anuales totales tanto en Puerto Rico como en las Islas Vírgenes Estadounidenses. El rayado indica áreas donde los cambios son menores que la desviación estándar de las medias de 20 años a partir de simulaciones de control. Las áreas que solo son sombreadas representan donde los cambios se hallan entre una a dos desviaciones estándar de las medias de 20 años. Las áreas en blanco indican que menos del 90% de los modelos concuerdan en cuanto a la dirección del cambio (en aumento o en disminución). Fuentes: CISESS y NEMAC.

### Cambio observado y proyectado en el nivel global del mar



**Figura 9:** Cambio en el nivel medio global del mar (GMSL) de 1800 a 2100. Las proyecciones incluyen los seis escenarios de GMSL del Grupo de Trabajo Interagencia Estadounidense sobre el Aumento del Nivel del Mar (Bajo, azul marino; Intermedio-Bajo, azul real; Intermedio, azul verdoso; Intermedio-Alto, verde; Alto, naranja; y Extremo, rojo en las curvas) con respecto a reconstrucciones históricas geológicas, mediciones de mareas y de altímetro satelital de GMSL de 1800 a 2015 (líneas de color negro y magenta) y las gamas más probables en 2100 según ambos niveles de emisiones más bajas y más altas futuras (casillas de color azul verdoso y rojo oscuro). Las proyecciones de aumento global del nivel del mar fluctúan entre 1 y 8 pies para 2100, con una gama probable de 1 a 4 pies. Fuente: adaptado de Sweet y colegas 2017.

### Cambio proyectado en el nivel del mar para San Juan, PR



**Figura 10:** Cambio relativo del nivel del mar para San Juan, Puerto Rico, de 1992 a 2100. Se muestran los cambios proyectados para tres curvas de cambio del nivel del mar del Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los EE. UU. (USACE) (Bajo: amarillo, Intermedio: naranja y Alto: rojo) y dos escenarios de aumento del nivel del mar de NOAA (2017) (Intermedio-Bajo: azul oscuro e Intermedio: azul claro). Todos los escenarios comienzan en el 1992 que corresponde al punto medio de la Época Nacional de Datos de Mareas de 1983–2001 actualmente. Estas estimaciones de nivel de la isla en cuanto al nivel del mar para Puerto Rico proyectan un aumento de hasta 2.1 pies para 2060 y 4.9 pies para 2100. Fuente: Adaptado de PRCCC 2013.

Hay detalles técnicos sobre las observaciones y proyecciones disponibles en línea en <https://statesummaries.ncics.org/technicaldetails>.