



World
Weather
Attribution



Alemania se enfrenta a Argentina en la final del Mundial 2014. Imagen: Danilo Borges/copa2014.gov.br Licença Creative Commons Atribuição 3.0 Brasil

El cambio climático será un factor clave en la Copa Mundial de la FIFA 2026.

ola de calor

La Copa Mundial de la FIFA 2026 se disputará del 11 de junio al 19 de julio de 2026 en tres países anfitriones: Estados Unidos de América (EE. UU.), Canadá y México, con partidos repartidos en 16 ciudades y la final que se celebrará en Nueva York el 19 de julio.

Debido a la amplia distribución geográfica del torneo, se espera que las condiciones ambientales y climáticas varíen sustancialmente entre las sedes. Es probable que los partidos celebrados en ciudades del norte o costeras, especialmente en Canadá y a lo largo de la costa del Pacífico de EE. UU., experimenten temperaturas relativamente suaves. Por el contrario, los partidos en zonas más meridionales e interiores de EE. UU. y México estarán sujetos a temperaturas significativamente más altas, que frecuentemente alcanzarán o superarán los 30 °C, con la posibilidad de periodos de calor extremo durante el día. Además, los niveles de humedad pueden ser elevados en algunas regiones, particularmente en las costas y en el Medio Oeste, lo que hace que el calor sea más peligroso. La Figura 1 muestra la ubicación de los estadios donde se planean partidos con las temperaturas máximas diarias promedio y la temperatura de bulbo húmedo y globo (WBGT), una medida del calor húmedo (véase más abajo) para la época del año. Si bien las Copas del Mundo a menudo se juegan en el verano del hemisferio norte, la gran variación en las condiciones es única para este evento y puede hacer que sea especialmente difícil para los jugadores adaptarse ([Lindner-Cendrowska et al., 2025](#)).

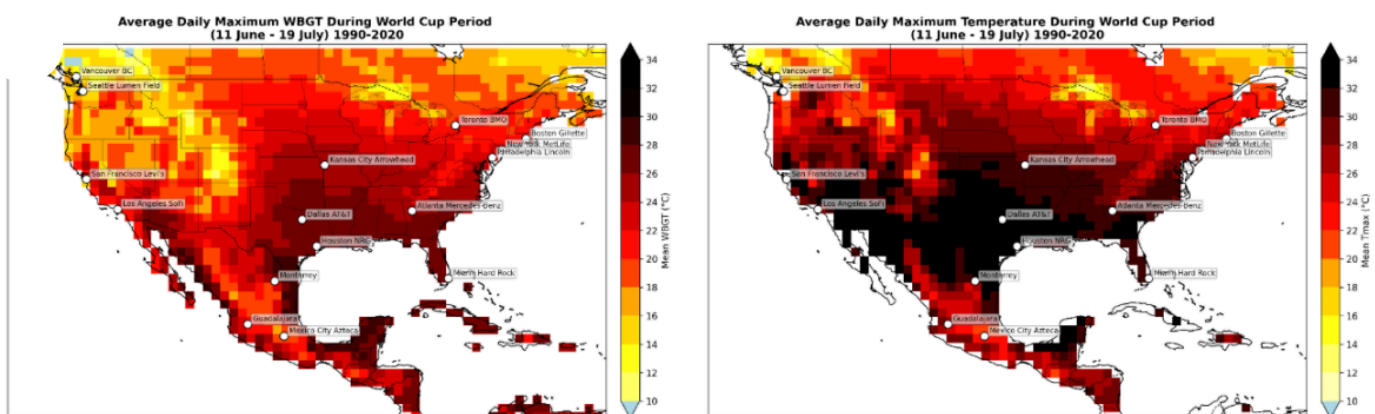


Figura 1. Climatología de la temperatura máxima diaria de bulbo húmedo y globo (WBGT; panel izquierdo) y de la temperatura máxima diaria del aire (panel derecho) en Norteamérica durante el periodo de la Copa

Mundial de la FIFA 2026 (del 11 de junio al 19 de julio) entre 1990 y 2020. Los círculos blancos indican la ubicación de los estadios sede del torneo.

Temperatura de bulbo húmedo y globo

Para medir el efecto combinado de los factores ambientales sobre el estrés térmico humano, se utiliza la temperatura de bulbo húmedo y globo (WBGT, por sus siglas en inglés) como índice compuesto, que combina la humedad, el calor radiante (como la luz solar directa) y el movimiento del aire, factores que afectan la capacidad del cuerpo para regular su temperatura interna mediante la sudoración y el intercambio de calor. Al considerar estas variables interactivas, la WBGT proporciona una evaluación más relevante desde el punto de vista fisiológico del estrés térmico, especialmente durante la actividad física al aire libre. Por consiguiente, se aplica ampliamente en campos como la ciencia del deporte y la salud ocupacional ([Grundstein et al., 2023](#)).

Las directrices del sindicato mundial de jugadores (FIFPRO) recomiendan que cuando la temperatura de bulbo húmedo y globo (WBGT) alcance los 26 °C o más, el estrés térmico se convierte en un riesgo real y, por lo tanto, los partidos deben incluir pausas para refrescarse. A partir de los 28 °C de WBGT, las condiciones se consideran inseguras para jugar y se recomienda su aplazamiento.

En este estudio, aproximamos el índice WBGT utilizando la temperatura y la humedad (según [Zhang et al., 2024](#)), lo que significa que los resultados se aplican mejor a un área protegida y sombreada, sin el efecto de calentamiento de la luz solar directa ni el efecto de enfriamiento del viento.

Las altas temperaturas combinadas con altos niveles de humedad son potencialmente muy peligrosas para el cuerpo humano, especialmente al realizar actividades físicas extenuantes, como jugar fútbol profesional, no solo afectando el rendimiento ([Schwarz et al., 2025](#)) sino también provocando enfermedades graves e insolación. Además de los jugadores, los aficionados también pueden verse afectados negativamente por los elevados índices WBGT, en particular aquellos que ven partidos en los numerosos eventos públicos programados en las ciudades anfitrionas. El último torneo celebrado en Estados Unidos, la Copa Mundial de la FIFA de 1994, experimentó episodios de calor, pero estas condiciones fueron menos generalizadas que las previstas hoy en día, debido al fuerte aumento del calor extremo y el estrés térmico provocado por el cambio climático antropogénico ([Li et al., 2020](#)). En este estudio, realizamos un análisis de atribución para examinar cómo la frecuencia e intensidad del estrés térmico (medido como WBGT) han cambiado desde la última Copa Mundial de Estados Unidos, utilizando las recomendaciones recientes del sindicato de jugadores [FIFPRO](#) sobre lo que constituye condiciones peligrosas.

Este informe contiene dos análisis complementarios. Primero, para comprender la probabilidad de que los juegos individuales se vean afectados por el calor húmedo que supera los umbrales mencionados anteriormente, realizamos un análisis basado únicamente en observaciones, teniendo en cuenta los horarios y lugares de los juegos, definiendo la probabilidad general de que cada juego se juegue en o por encima de diferentes umbrales WBGT. Esto nos permite estimar la probabilidad de que los umbrales se superen localmente en algún momento mientras se juega cada juego. Segundo, para atribuir los cambios en WBGT al cambio climático causado por el ser humano, llevamos a cabo un estudio de atribución completo siguiendo el protocolo de Atribución del Clima Mundial ([Philip et al., 2020](#)). Este análisis considera las tendencias en los valores máximos diarios del índice WBGT que se producen entre el 11 de junio y el 19 de julio de cada año, y combina los resultados de observaciones y modelos climáticos para estimar el papel del cambio climático antropogénico en el aumento del WBGT entre 1994 y 2026. Esto significa que el análisis basado únicamente en observaciones puede considerarse más sólido que si se realizara sin evaluar la tendencia en los modelos climáticos, que tienen en cuenta los procesos físicos conocidos y proporcionan una representación adicional del evento más allá de un registro meteorológico limitado.

Mensajes clave

- Las directrices del sindicato mundial de jugadores (FIFPRO) recomiendan que cuando la temperatura de bulbo húmedo y globo (WBGT) alcance los 26 °C o más, el estrés térmico se convierte en un riesgo real y, por lo tanto, los partidos deben incluir pausas para refrescarse. A partir de los 28 °C de WBGT, FIFPRO afirma que no es seguro jugar y aconseja su aplazamiento. Esto contrasta con la normativa vigente del organismo rector de la Copa Mundial de la FIFA, que solo contempla el aplazamiento cuando la WBGT supera los 32 °C, lo que indica un umbral de intervención mucho más elevado según las reglas oficiales.
- Mediante un modelo estadístico aplicado a las observaciones, encontramos que en la Copa Mundial de este año se esperaba que 26 partidos se disputaran en condiciones de al menos 26 °C WBGT, de los cuales 9 se jugarían en estadios sin refrigeración. En 1994, se esperaba que 21 partidos se jugaran en estas condiciones, y solo 6 sin refrigeración.
- Para el umbral de 28 °C considerado inseguro para jugar, el impacto del cambio climático reciente provocado por el ser humano es mayor, con 5 partidos previstos para 2026 en estas condiciones, en comparación con solo 3 en 1994, incluyendo estadios con aire acondicionado. Para condiciones aún más severas de 30 °C WBGT, la probabilidad sigue siendo baja, pero casi el doble que en 1994.

- Si bien el calor es más intenso al final de la tarde, incluso los partidos que comienzan más tarde se enfrentan a riesgos significativos. Por ejemplo, el partido entre Países Bajos y Túnez, que comienza a las 18:00 hora local en Kansas City, tiene un 7 % de probabilidades de superar el umbral de 28 °C que, según las directrices de la FIFPRO, debería provocar su aplazamiento.
- Independientemente de la hora del día y la fecha exacta, es mucho más probable que se produzcan olas de calor que alcancen o superen los umbrales de temperatura de bulbo húmedo y globo (WBGT) de 26 °C, 28 °C y 32 °C durante la Copa Mundial de la FIFA 2026 que la última vez que el torneo se celebró en Estados Unidos en 1994. Superar los umbrales de 26 °C y 28 °C es extremadamente probable ahora en los estadios con aire acondicionado, pero también existe un fuerte aumento en la probabilidad de alcanzar estos umbrales en algunos de los estadios al aire libre, como los de Miami, Kansas o Filadelfia.
- Al combinar el análisis basado en observaciones con modelos climáticos para evaluar el papel del cambio climático en estos episodios de calor húmedo, observamos que, en promedio, los modelos simulan tendencias muy similares a las observadas. Por lo tanto, el aumento observado en la probabilidad de condiciones extremas de WBGT puede atribuirse con certeza al cambio climático antropogénico.
- Al analizar la frecuencia e intensidad de los episodios de calor extremo que alcanzan o superan los umbrales críticos del índice WBGT en un mundo con un calentamiento global de 2 °C (0,7 °C más cálido que en la actualidad), observamos que los modelos climáticos simulan sistemáticamente un aumento en la probabilidad de condiciones de calor peligrosas en numerosas ubicaciones potenciales. Estos resultados indican que, sin medidas de adaptación sustanciales, como el acceso generalizado a infraestructuras de aire acondicionado y refrigeración, la celebración de partidos de fútbol durante el verano del hemisferio norte se volverá cada vez más peligrosa tanto para los jugadores como para los espectadores en un clima en calentamiento.
- Si bien los estadios con aire acondicionado pueden reducir la exposición al calor dentro de las instalaciones deportivas, persistirán condiciones peligrosas para el público que asista a los partidos, las reuniones al aire libre, las celebraciones y otras formas de participación social asociadas con los grandes torneos de fútbol. Por lo tanto, garantizar que el fútbol pueda seguir disfrutándose de forma segura durante los veranos del hemisferio norte depende no solo de medidas de adaptación, sino también de esfuerzos rápidos de mitigación para abandonar la quema de combustibles fósiles.

Métodos

Para evaluar los riesgos de estrés térmico fisiológico en las sedes anfitrionas de la Copa Mundial de la FIFA 2026, analizamos la temperatura de bulbo húmedo y globo (WBGT), un indicador de estrés térmico ampliamente utilizado que combina los efectos de la temperatura, la humedad, la radiación solar y el viento para reflejar las condiciones térmicas que experimenta el cuerpo humano durante la actividad al aire libre. La WBGT es particularmente relevante para los eventos deportivos, ya que proporciona una medida más directa de la incomodidad fisiológica y el riesgo para la salud relacionado con el calor que la temperatura del aire por sí sola. Examinamos por separado todas las sedes anfitrionas seleccionadas de la Copa Mundial en Estados Unidos, México y Canadá, reconociendo que las diferencias en los regímenes climáticos regionales, la humedad, la altitud y las características urbanas influyen notablemente en las condiciones de estrés térmico y sus impactos en jugadores, trabajadores y espectadores.

Dado que el torneo está programado para junio y julio, analizamos el WBGT diario del 11 de junio al 19 de julio, correspondiente al período de juego. Evaluamos los cambios en la probabilidad de superar los umbrales de incomodidad fisiológica establecidos/recomendados por FIFPRO relevantes para los deportes al aire libre y la salud humana, entre el clima de 1994 y el de 2026. En particular, analizamos las probabilidades de superación para los umbrales WBGT de 26 °C, por encima de los cuales generalmente se recomiendan intervenciones de enfriamiento e hidratación en los deportes profesionales; 28 °C, por encima del cual FIFPRO recomienda retrasar el partido ([FIFPRO](#)) ya que es demasiado peligroso jugar, así como 30 °C y 32 °C. Esta definición de evento permite evaluar tanto las condiciones promedio de estrés por calor como la probabilidad de episodios de calor extremo capaces de interrumpir las actividades del torneo y representar riesgos extremos para la salud de los jugadores y los aficionados. La FIFA ya ha anunciado que habrá pausas de 3 minutos durante cada mitad de cada partido durante esta Copa del Mundo, independientemente de las condiciones de juego ([FIFA](#)).

Resultados

La posibilidad de calor extremo en juegos individuales

La probabilidad de que se superen los umbrales extremos del índice WBGT depende no solo de la ubicación y del calentamiento global, sino también de la hora del día en que se juegan los partidos. Para evaluar la posible influencia del cambio climático antropogénico en las condiciones cálidas y húmedas durante el Mundial de 2026, analizamos el cambio en la probabilidad de experimentar un

evento de calor de 26 °C, 28 °C, 30 °C o 32 °C de WBGT durante el tiempo de cada partido en cada ubicación, tanto en el clima actual como en 1994 (0,7 °C más frío), cuando Estados Unidos fue sede del Mundial por última vez.

Esta sección evalúa el cambio en la probabilidad (y un intervalo de confianza del 95% sobre esa estimación) de que se supere cada umbral, para cada hora del día para los días del período del 11 de junio al 19 de julio, en cada ubicación, según el WBGT aproximado a partir del reanálisis ERA5-Land con una resolución de 0,1°. Para cada hora del día en cada ubicación, se ajustó una distribución generalizada de valores extremos no estacionaria que cambia con la temperatura superficial media global (GMST) a la serie temporal del WBGT máximo en el período de la Copa Mundial y se utilizó para estimar la probabilidad de superar cada uno de los umbrales críticos, tanto en el clima actual como en un clima 0,7 °C más frío. La probabilidad más alta de superación para un tiempo que se superpone con cada partido (las marcas de tiempo de dos horas posteriores a un inicio a la media hora, y tres posteriores a un inicio en punto) se tomó para representar la probabilidad de que se supere cada umbral durante el juego. Las probabilidades para cada partido específico se derivaron de la probabilidad general de que se produjera un único evento excepcional para cada hora del día y lugar correspondientes dentro del período de 39 días de la Copa Mundial. Se evaluó el efecto del aumento de las temperaturas durante ese período y se determinó que era insignificante en comparación con la variabilidad de la ocurrencia de eventos (véase el material complementario para más información).

El número de juegos en los que se espera que el WBGT alcance los 26 °C ha aumentado desde 1994, de 21,3 juegos a 25,6 juegos. Sin embargo, cuando se tiene en cuenta el aire acondicionado, se observa un aumento relativo mucho mayor, con un incremento de 6,1 a 9,3 juegos en estadios sin aire acondicionado que probablemente se vean afectados por calor extremo por encima de los 26 °C de WBGT. De manera similar, para el umbral mucho más severo de 28 °C de WBGT, el número esperado de juegos que se jugarán bajo estas temperaturas extremas sin aire acondicionado ha aumentado de 0,4 a 0,7. Los estadios más expuestos a este calor extremo son el MetLife Stadium de Nueva York, el Lincoln Stadium de Filadelfia, el Arrowhead Stadium de Kansas City, el Hard Rock Stadium de Miami y, en menor medida, el Estadio Monterrey y el Gillette Stadium de Boston (Figura 2).

Chance of each World Cup 2026 game facing temperatures of 28°C WBGT or above

This is a level Global Players Union FIFPRO says should trigger postponement

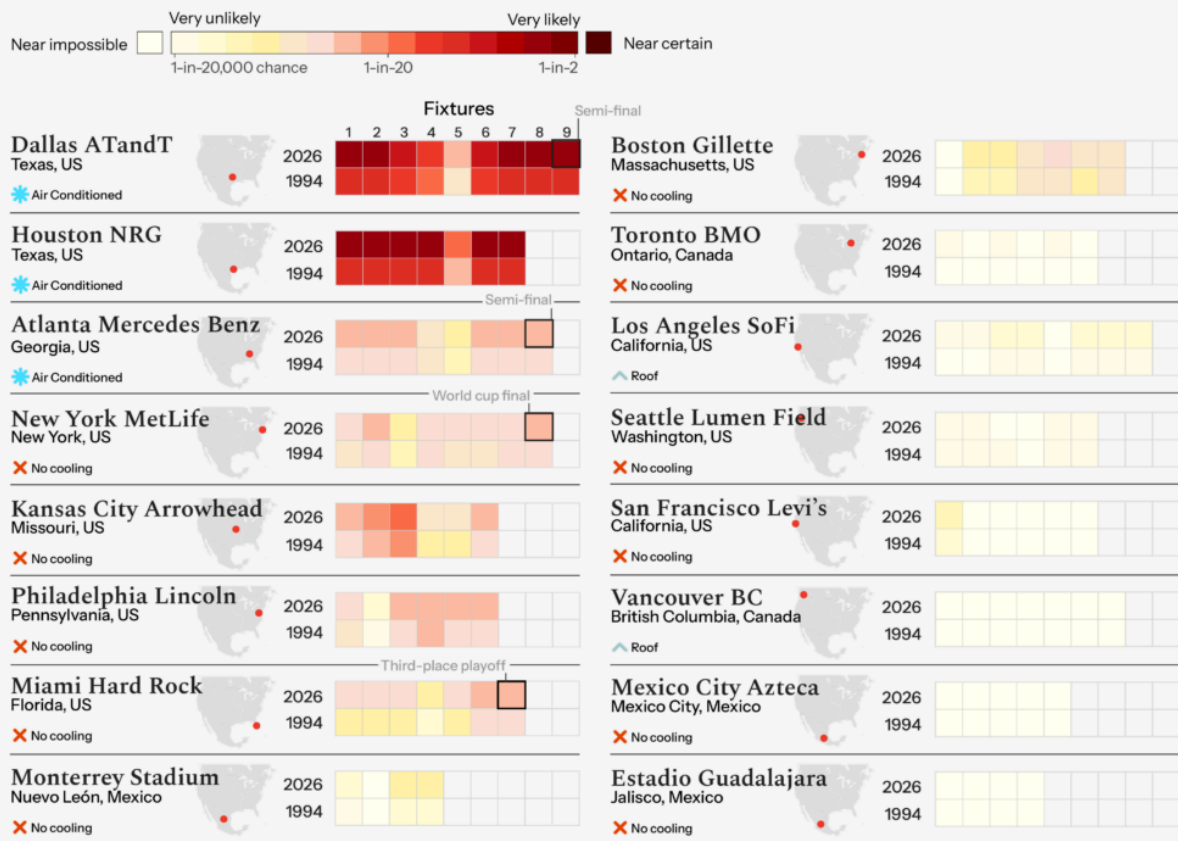


Figura 2: Resumen de las probabilidades de todos los juegos en un escenario climático de 2026 y en uno de 1994. Estas probabilidades se basan en las mejores estimaciones según las tablas de cada juego que figuran en el material complementario.

Tabla 1: Probabilidad de que los últimos ocho partidos de la Copa del Mundo se vean afectados por un calor extremo de 26 °C y 28 °C WBGT según datos WBGT aproximados de ERA5-Land. Las estimaciones de incertidumbre (IC del 95 %) para dichas probabilidades se muestran en el texto más pequeño a continuación. Las dos primeras columnas indican la probabilidad de que un partido supere los 26 °C WBGT, y las dos últimas la probabilidad de superar los 28 °C WBGT en un clima de 2026 y 1994 (con una diferencia de 0,7 °C en las temperaturas superficiales medias globales). Los estadios con aire acondicionado se muestran en filas azules, pero se incluyen debido a la exposición de los

aficionados a altas temperaturas en eventos relacionados con los partidos. Si el rango de probabilidad incluye condiciones casi seguras (~100 %), lo clasificamos como «Extremadamente probable».

Detalles del juego	Probabilidad de 26 °C WBGT en 1994	Probabilidad de 26 °C de WBGT en 2026	Probabilidad de 28 °C WBGT en 1994	Probabilidad de 28 °C de WBGT en 2026
Final: Nueva York 19 de julio (15:00 ET)	9,5% Del 7,1% al 16%	12% Del 7,3% al 28%	1,8% Del 1,3% al 2,4%	2,7% del 1,4% al 4,9%
Segundo lugar: Miami 18 de julio (17:00 ET)	Extremadamente probable: entre un 32% y un 100%.	Extremadamente probable 43% a ~100%	1,3% 0,89% a 1,9%	3,1% del 1,4% al 6,2%
Semifinal: Atlanta (*AC) 15 de julio (15:00 ET)	16% Del 11% al 28%	17% Del 10% al 45%	2,1% Del 1,6% al 2,8%	2,6% Del 1,4% al 4,5%
Semifinal: Dallas (*AC) 14 de julio (15:00 ET)	Extremadamente probable: entre el 46% y el 100%.	Extremadamente probable ~100% a ~100%	16% Del 11% al 30%	29% Del 17% al 100%
Cuartos de final: Kansas 11 de julio (21:00 ET)	11% Del 8,4% al 18%	14% Del 9,0% al 25%	2,1% del 1,5% al 2,9%	3,0% del 1,4% al 5,6%
Cuartos de final: Miami	Extremadamente probable: entre un 32% y un 100%.	Extremadamente probable: entre el 43% y el 100%.	1,3% 0,89% a 1,9%	3,1% del 1,4% al 6,2%

11 de julio (17:00 ET)				
Cuartos de final: Los Ángeles	0,62%	1,5%	0,020%	0,12%
10 de julio (15:00 ET)	0,40% a 0,93%	0,77% a 3,1%	del 0% al 0,077%	0,013% a 0,39%
Cuartos de final: Boston	4,2%	5,0%	0,74%	1,1%
9 de julio (16:00 ET)	del 3,3% al 5,5%	del 3,0% al 8,1%	0,46% a 1,1%	0,41% a 2,3%

Cambio atribuible en condiciones peligrosas de WBGT

Para evaluar la posible influencia del cambio climático antropogénico en las condiciones cálidas y húmedas durante el Mundial de 2026, aplicamos el método de atribución de eventos probabilísticos bien establecido ([Philip et al., 2020](#)) y ajustamos una distribución generalizada de valores extremos no estacionaria que cambia con la temperatura superficial media global para evaluar la probabilidad relativa y la intensidad de experimentar eventos de calor máximo de 1 día que alcancen los 26 °C, 28 °C y 32 °C WBGT en el clima actual, en comparación con un clima de 1994 (0,7 °C más frío) cuando Estados Unidos fue sede por última vez de un Mundial.

La probabilidad de calor extremo máximo en cada estadio

La Figura 3 muestra los resultados para cada estadio, representando los gráficos del período de retorno (expresado en años) de los eventos en el clima actual (rojo) frente al clima de 1994 (azul). Los eventos de calor de 26 y 28 WBGT son casi seguros que ocurrirán en la Copa Mundial de 2026 en muchas ciudades, con Miami, Kansas, Filadelfia, Dallas y Houston teniendo un período de retorno de 1 incluso para el peligrosamente alto WBGT de 28 °C, mientras que para 26 °C WBGT, Atlanta, Monterrey, Boston y Nueva York también tienen un período de retorno de 1 (ver Tabla Suplementaria S5). Seattle, Los Ángeles, Toronto y San Francisco también tienen períodos de retorno muy bajos para estos eventos en un clima de 2026. Por el contrario, el extremadamente peligroso WBGT de 32 °C sigue siendo un evento muy raro en la mayoría de los lugares, con solo Dallas mostrando un período

de retorno inferior a 100 años. Especialmente para los valores más extremos de 28 °C, la probabilidad de que ocurran tales eventos se ha duplicado como mínimo en Los Ángeles, Seattle, San Francisco, Monterrey, Toronto y Vancouver desde la última Copa del Mundo celebrada en Estados Unidos en 1994, debido al calentamiento global.

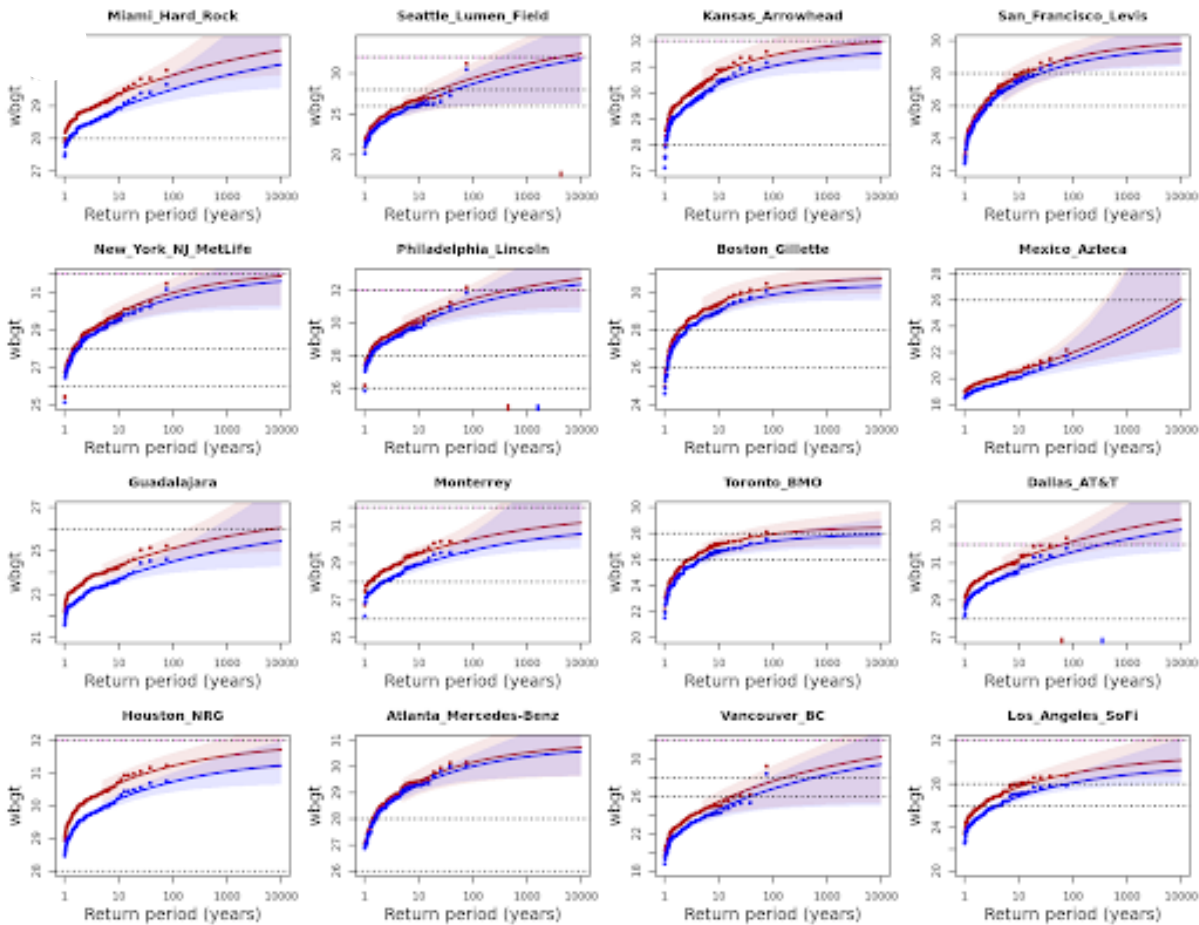


Figura 3: Gráficos del período de retorno del máximo observado en el máximo diario de WBGT en las sedes de la Copa Mundial durante el período del torneo de 39 días (11 de junio-19 de julio de 2026) comparando el clima de 2026 (rojo; correspondiente al período actual de la Copa Mundial, con una GMST de 1,3 °C por encima de los niveles preindustriales) con el clima de 1994 (azul; la anterior Copa Mundial de la FIFA celebrada en Estados Unidos, con una GMST 0,7 °C más fría que en 2026). Los marcadores muestran los datos y las líneas muestran los niveles de retorno esperados, con sombreado que muestra un intervalo de confianza del 95 % calculado mediante remuestreo. Las líneas punteadas muestran los tres umbrales (26 °C, 28 °C, 32 °C) analizados en este estudio.

Atribución de tendencias

Para evaluar qué parte del aumento observado en cada ubicación puede atribuirse al cambio climático antropogénico, combinamos los resultados de la sección anterior con simulaciones de modelos

climáticos. Utilizamos modelos del conjunto CMIP6 con WBGT precalculado. Primero, se evaluó la capacidad de los modelos para replicar los patrones del ciclo estacional de cada estadio, y solo se conservaron en el análisis de atribución completo aquellos con un buen desempeño. Cinco modelos fueron evaluados y, por lo tanto, se utilizaron para el análisis.

Debido a las diferencias en la climatología del modelo, no utilizamos umbrales WBGT absolutos, sino que estimamos el período de retorno local en 2026 de cada umbral utilizando las observaciones, y evaluamos los cambios en la probabilidad e intensidad de un evento igualmente raro (por ejemplo, uno con el mismo período de retorno) en los modelos climáticos; por lo tanto, en lugar de evaluar los cambios en las superaciones de 26 °C WBGT, evaluamos los cambios en las superaciones del WBGT del modelo correspondientes al tiempo de retorno de 26 °C en las observaciones (véase, por ejemplo, [Kimutai et al., 2025](#) , [Clarke et al., 2026](#)). Esto significa que no podemos evaluar las tendencias modeladas en lugares donde los períodos de retorno observados son prácticamente infinitos, ya que tales eventos serían igualmente imposibles en el clima más frío de 1994. A continuación, proporcionamos resultados sintetizados tanto de las observaciones como de los modelos climáticos para cada umbral por separado.

Cambios en la intensidad WBGT

La Figura 4 muestra los cambios en WBGT para las observaciones (barras azules) y los modelos (barras rojas) entre 2026 y el clima 0,7 °C más frío de 1994, así como entre 2026 y un futuro clima 0,7 °C más cálido (que corresponde a 2 °C de calentamiento global por encima de los niveles preindustriales). Los resultados se sintetizan en una declaración de atribución general (barras rosas) utilizando el algoritmo definido en Otto et al. ([2024](#)).

En comparación con el clima de 1994, el aumento sintetizado en la intensidad del evento oscila entre aproximadamente 0,25 °C y 0,8 °C en la mayoría de los estadios, con un índice WBGT entre 0,6 y 0,7 °C superior en la actualidad que en 1994. Los mayores aumentos se registraron en Seattle y Vancouver; Atlanta experimentó el menor aumento atribuible. Estos hallazgos sugieren que las condiciones asociadas con el estrés térmico fisiológico moderado son ahora sustancialmente más intensas que durante la anterior Copa Mundial de la FIFA celebrada en Estados Unidos. Por consiguiente, serán necesarias medidas de gestión del riesgo de calor, incluidas intervenciones de enfriamiento e hidratación, durante el torneo de este año.

Se prevé que la intensidad de los eventos aumente aún más a medida que el mundo siga calentándose, con incrementos estimados que oscilan entre 0,7 °C y 1 °C, asociados a un

calentamiento adicional de 0,7 °C con respecto a las condiciones de 2026.

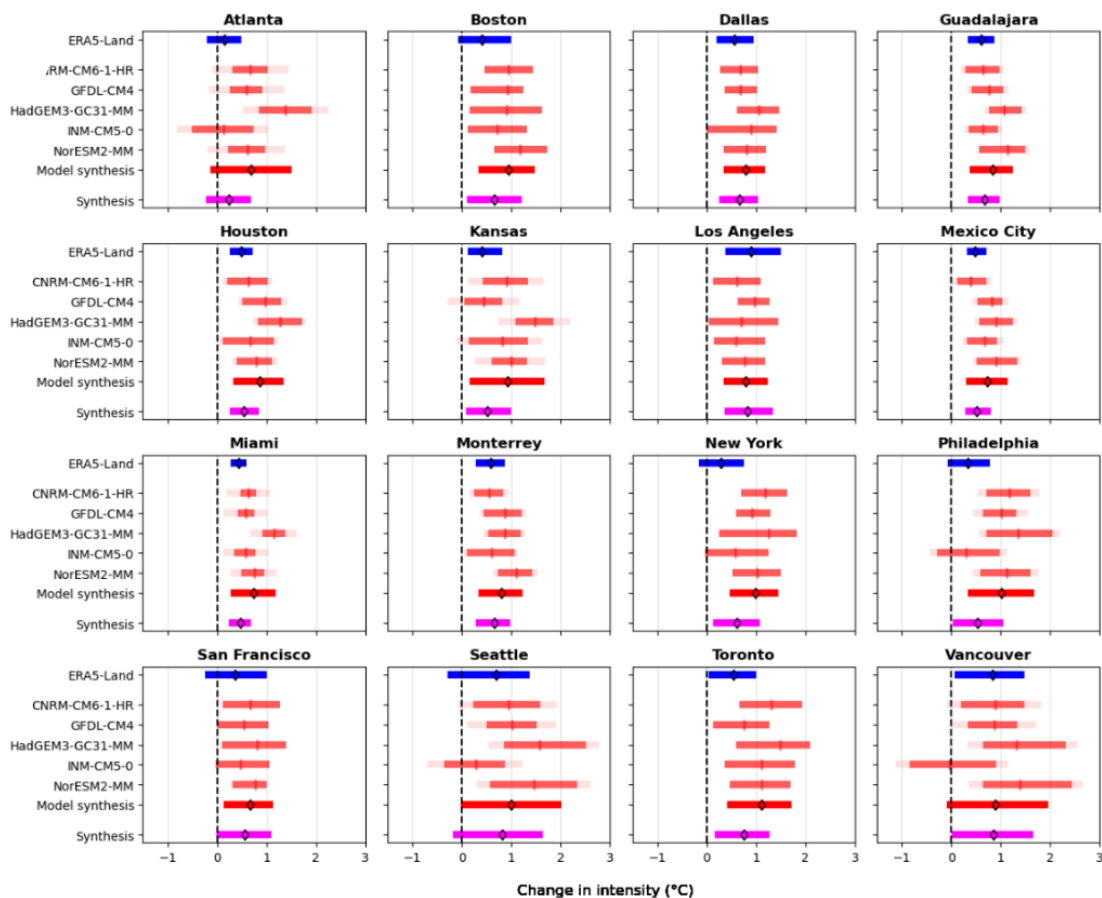


Figura 4a: Cambios sintetizados en la intensidad WBGT de junio-julio en los estadios sede de la Copa Mundial en el clima de 2026 en relación con un clima 0,7 °C más frío que representa 1994, la última vez que la FIFA organizó una Copa Mundial en Estados Unidos. El conjunto de datos basado en observaciones (ERA-Land) se muestra en azul, los resultados del modelo climático en rojo y las estimaciones sintetizadas en magenta. Las barras de colores indican un intervalo de confianza del 95 % obtenido mediante remuestreo (bootstrapping).

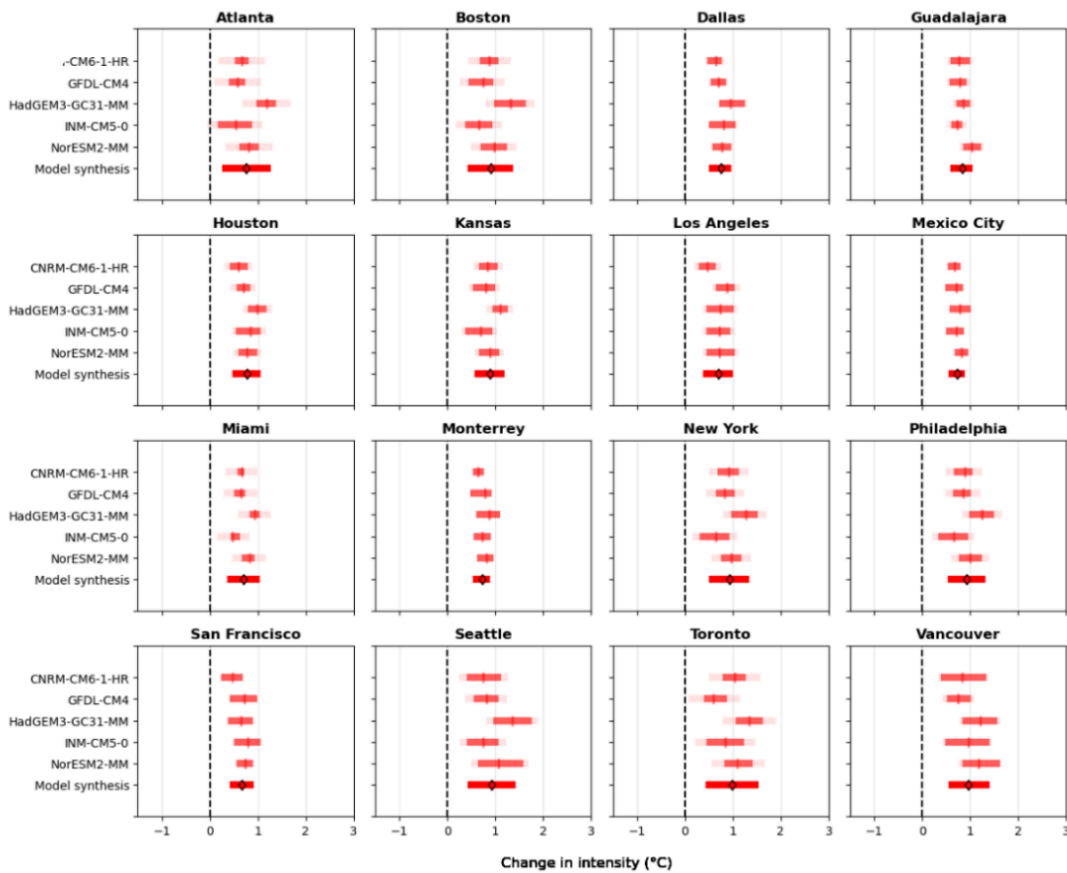


Figura 4b: Cambios sintetizados en la intensidad del índice WBGT de junio a julio en los estadios sede de la Copa Mundial en un clima 0,7 °C más cálido en comparación con 2026. Las barras de colores indican un intervalo de confianza del 95 % obtenido mediante remuestreo (bootstrapping).

Umbral de 26 °C

La Figura 5 muestra los cambios correspondientes en la probabilidad de eventos WBGT de 26 °C entre el clima de 1994 y el de 2026, así como entre el de 2026 y un futuro con un aumento de temperatura de 0,7 °C. Los resultados indican un claro incremento en la probabilidad de ocurrencia, atribuible al cambio climático antropogénico. Un WBGT máximo de 26 °C en un día representa condiciones asociadas con una notable incomodidad fisiológica durante la actividad al aire libre.

Bajo un clima futuro 0,7 °C más cálido que en 2026 (lo que corresponde a un calentamiento global de 2 °C por encima de los niveles preindustriales), la probabilidad de experimentar un evento WBGT de 26 °C sigue siendo extremadamente alta en todos los estadios. El hecho de que dos sedes muestren valores de PR cercanos a 1 y cuatro muestren valores de PR cercanos a 1 no indica que no exista una

tendencia, sino que indica una ocurrencia casi segura durante el período del torneo, incluso en el clima actual.

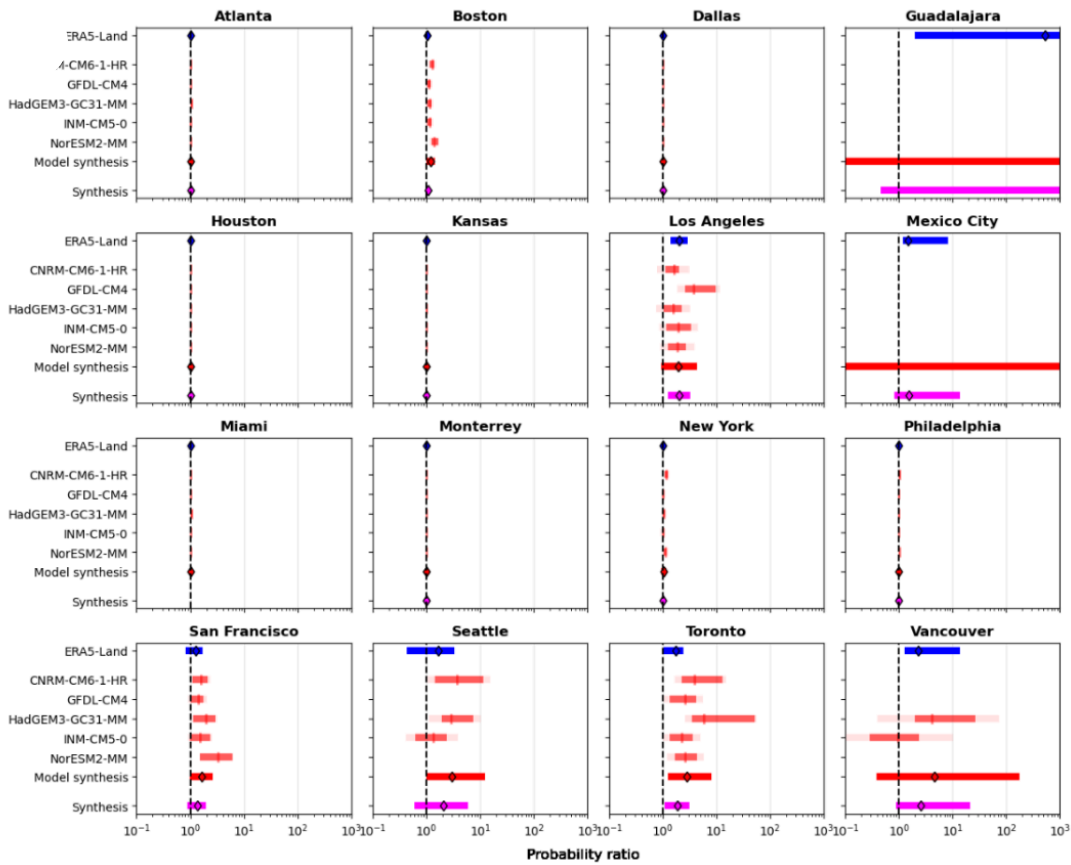


Figura 5a: Cambios sintetizados en la probabilidad de superar un umbral WBGT de 26 °C durante el período del torneo en estadios seleccionados que albergarán la Copa Mundial en el clima de 2026 en relación con un clima 0,7 °C más frío que representa 1994, la última vez que la FIFA organizó una Copa Mundial en Estados Unidos. El conjunto de datos basado en observaciones (ERA-Land) se muestra en azul, los resultados del modelo climático en rojo y las estimaciones sintetizadas en magenta. Las barras de colores indican un intervalo de confianza del 95 % obtenido mediante remuestreo (bootstrapping); donde no se muestra ninguna barra, se determinó que la incertidumbre era infinita.

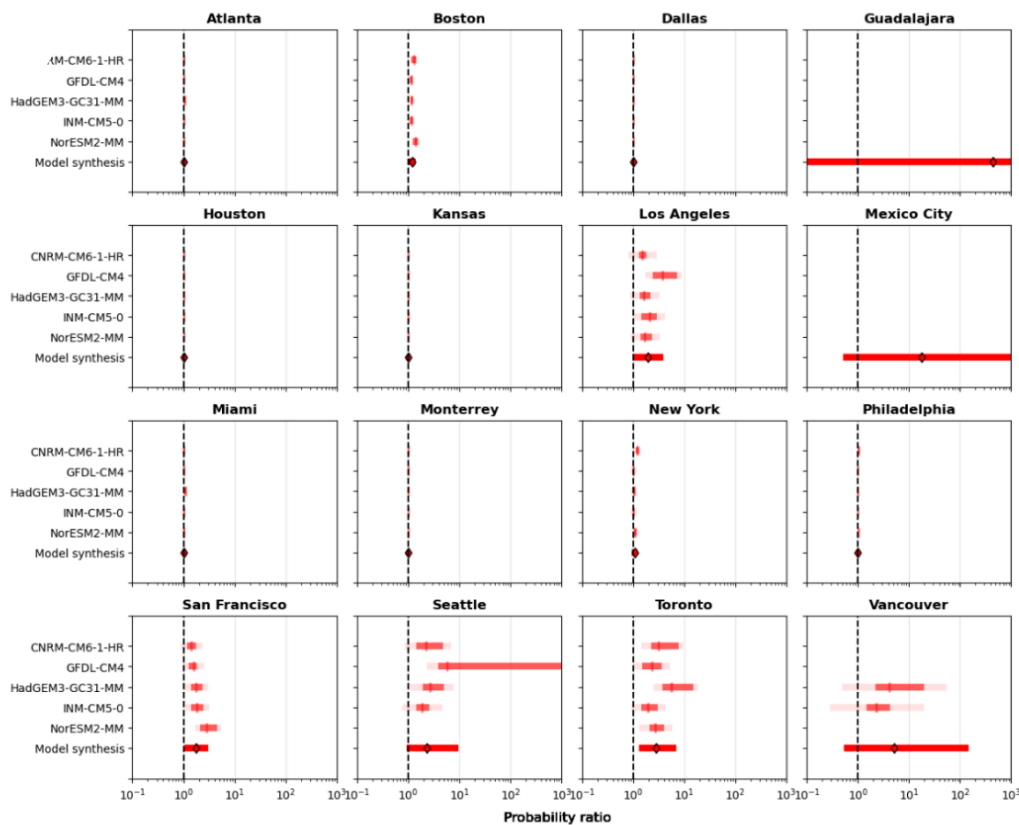


Figura 5b: Igual que la 5a, pero comparando el año 2026 con un clima 0,7 °C más cálido.

Umbral de 28 °C

La Figura 6 muestra los cambios en la probabilidad de eventos WBGT de 28 °C entre el clima de 1994 y el de 2026, así como entre el de 2026 y un futuro con un aumento de temperatura de 0,7 °C. Estas condiciones se asocian con un estrés térmico fisiológico considerable, donde la actividad prolongada y el ejercicio de alta intensidad pueden suponer riesgos elevados tanto para la salud como para el rendimiento de los jugadores. En tales condiciones, las directrices de FIFPRO recomiendan considerar el aplazamiento o la postergación del partido. En comparación con el umbral de 26 °C, las superaciones de 28 °C son menos generalizadas espacialmente, pero siguen siendo probables en varios de los principales estadios anfitriones.

Los cambios en la razón de probabilidad entre el clima actual y el de 1994 muestran que los eventos de WBGT de 28 °C se han vuelto más probables en la mayoría de los estadios analizados. El hecho de que Miami, Kansas City y el MetLife Stadium presenten valores de razón de probabilidad cercanos a 1 refleja que estos eventos ya eran altamente probables incluso en el clima más frío de 1994, mientras que el Levi's Stadium en San Francisco muestra una probabilidad duplicada en comparación con las

condiciones de 1994. Si bien algunos estadios presentan cambios relativamente modestos en la probabilidad, la señal positiva constante en todos los modelos y observaciones sugiere una clara contribución antropogénica al aumento del riesgo de estrés térmico.

Con un calentamiento global adicional de 0,7 °C, la probabilidad de experimentar un evento WBGT de 28 °C aumenta aún más en varios lugares. Los mayores incrementos proyectados se esperan en Lumen Field y Levi's Stadium, ambos con una probabilidad aproximadamente tres veces mayor que la de 2026. Miami, Kansas City y MetLife Stadium siguen mostrando una probabilidad casi segura de que ocurra.

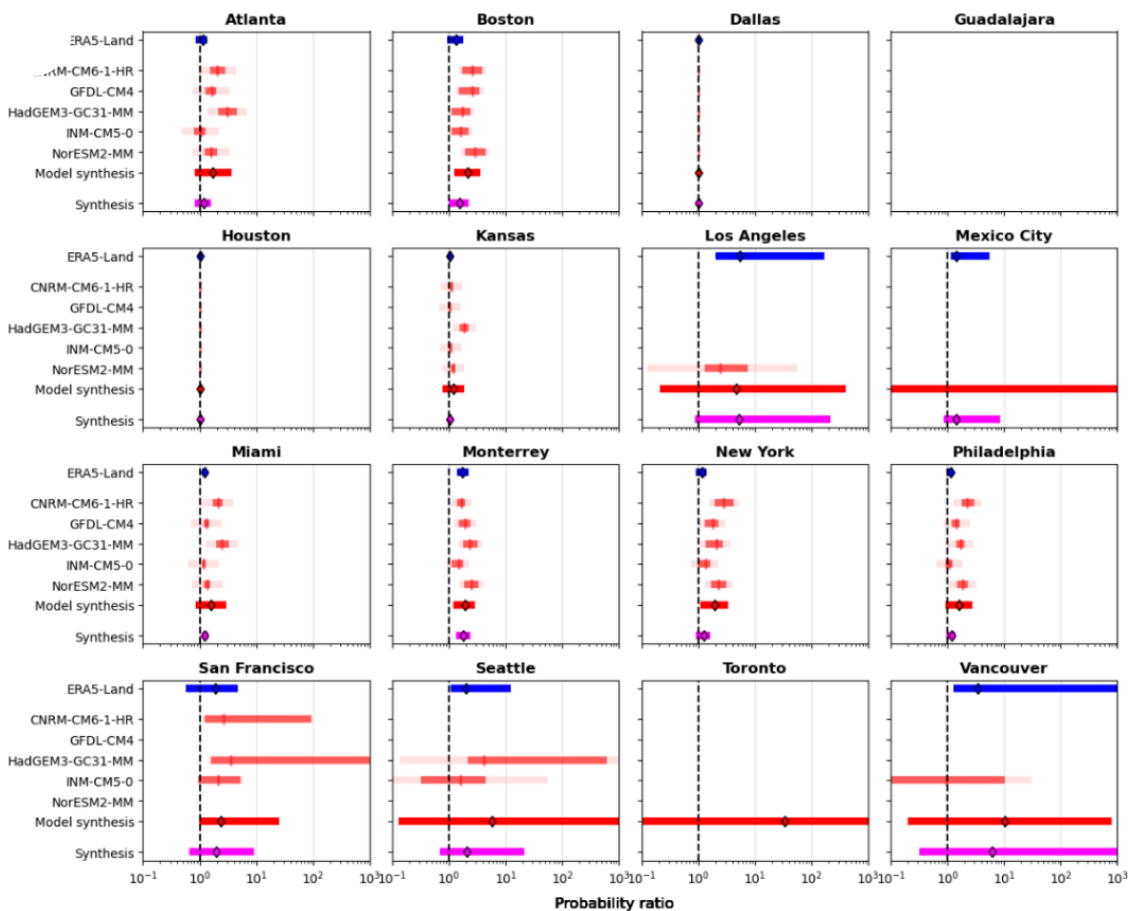


Figura 6a: Cambios sintetizados en la probabilidad de superar un umbral WBGT de 28 °C durante el período del torneo en estadios seleccionados de sedes de la Copa Mundial en el clima de 2026 en relación con un clima 0,7 °C más frío que representa 1994, la última vez que la FIFA organizó una Copa Mundial en Estados Unidos. El conjunto de datos basado en observaciones (ERA-Land) se muestra en azul, los resultados del modelo climático en rojo y las estimaciones sintetizadas en magenta. Las barras de color indican un intervalo de confianza del 95 % obtenido mediante remuestreo (bootstrapping); donde no se muestra ninguna barra, se determinó que la incertidumbre era infinita. Los

paneles vacíos indican un período de retorno infinito en el clima actual, lo que hace imposible estimar el cambio en la probabilidad.

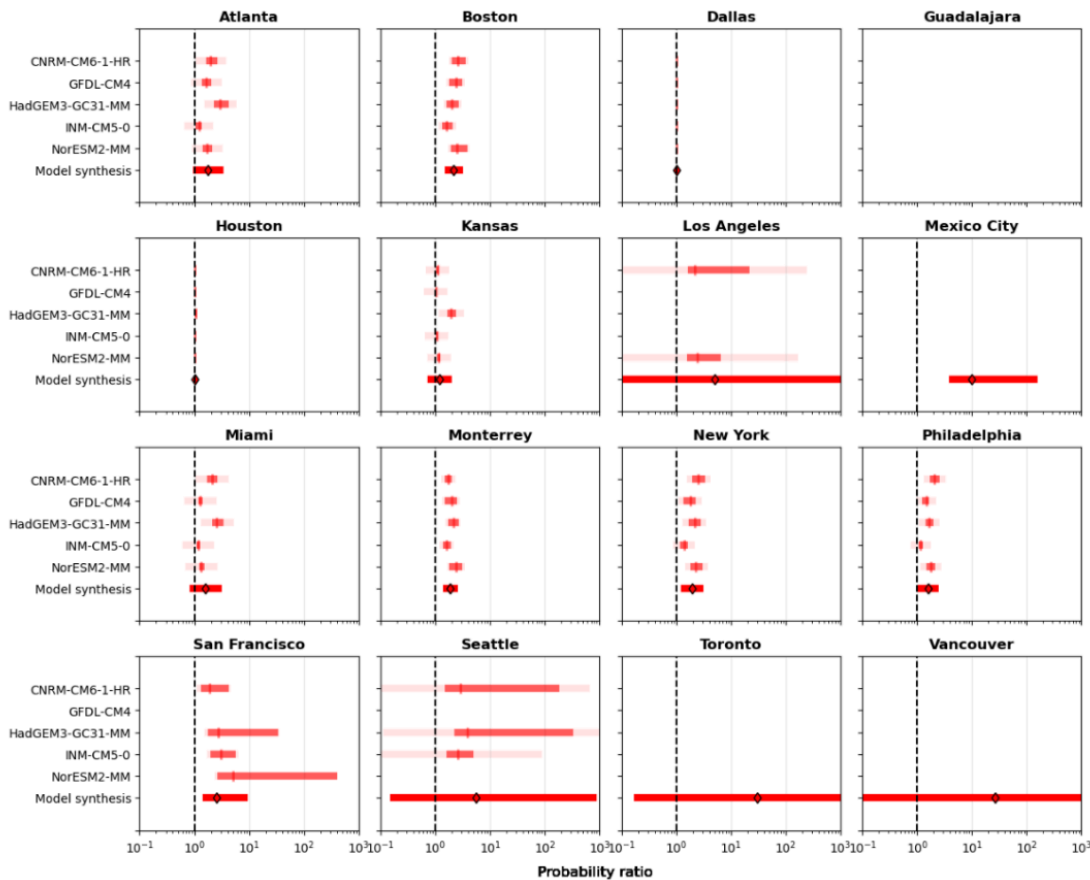


Figura 6b: Igual que la 6a, pero comparando el año 2026 con un clima 0,7 °C más cálido.

Umbral de 32 °C

Para el umbral máximo de WBGT de 32 °C en un día, los resultados indican un nivel sustancialmente mayor de estrés térmico fisiológico, con condiciones bajo las cuales generalmente se recomiendan intervenciones de enfriamiento e hidratación en deportes profesionales y donde los riesgos para la salud relacionados con el calor se vuelven pronunciados incluso sin actividad física. En comparación con los umbrales más bajos analizados, los eventos de WBGT de 32 °C siguen siendo raros en el clima actual en la mayoría de los recintos anfitriones. En consecuencia, las estimaciones de la razón de probabilidad (RP) que comparan el clima de 2026 con el de 1994 no se evalúan de manera robusta, ya que estos eventos siguen siendo extremadamente improbables en las condiciones actuales en muchos estadios. Sin embargo, es crucial señalar que tales eventos de calor extremo aún son plausibles según la experiencia reciente. Por ejemplo, en 2021, gran parte del oeste de América del Norte (incluido el noroeste de EE. UU. y el oeste de Canadá) experimentó una cúpula de calor que

rompió los récords de temperatura anteriores por casi 5 grados ([Philip et al., 2022](#) ; [Leach et al., 2024](#)). En marzo de 2026, otro evento de este tipo afectó a gran parte del oeste de Estados Unidos y el noroeste de México, estableciendo récords históricos de temperatura en todo el país ([Climate Central, 2026](#)). Ambos eventos fueron sustancialmente más cálidos y probables debido a la influencia humana en el clima ([Philip et al., 2022](#) ; [Bercos-Hickey et al., 2023](#) ; [Leach et al., 2024](#) ; [Clarke et al., 2026](#)). Por lo tanto, aunque es difícil cuantificar la probabilidad de que ocurran tales eventos basándose en el registro histórico, estos extremos sin precedentes que causan niveles peligrosos de calor son plausibles y cada vez más probables en un mundo que se calienta rápidamente ([Fischer et al., 2021](#)).

Finalmente, como se mencionó anteriormente, el calentamiento antropogénico ya está intensificando estos fenómenos, y un calentamiento adicional que alcance un aumento de 2 °C en la temperatura media global por encima de los niveles preindustriales provocaría incrementos muy significativos tanto en su probabilidad como en su gravedad en varias sedes de la Copa Mundial. Estos cambios elevarían sustancialmente los riesgos de interrupciones relacionadas con el calor y las preocupaciones por la seguridad de los jugadores.

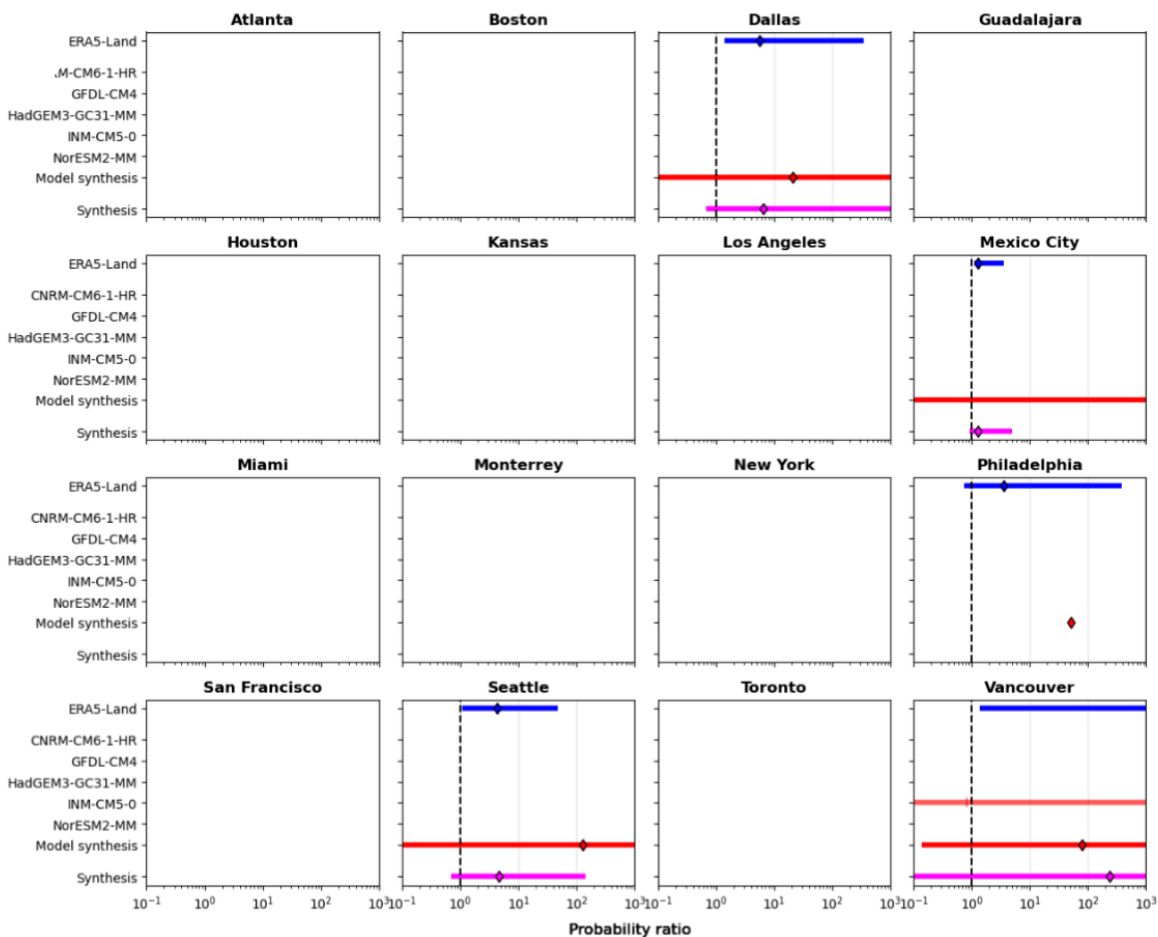


Figura 7a: Cambios sintetizados en la probabilidad de un evento WBGT de 32 °C en los estadios anfitriones de la Copa Mundial en comparación con un clima 0,7 °C más frío que el clima de 2026.

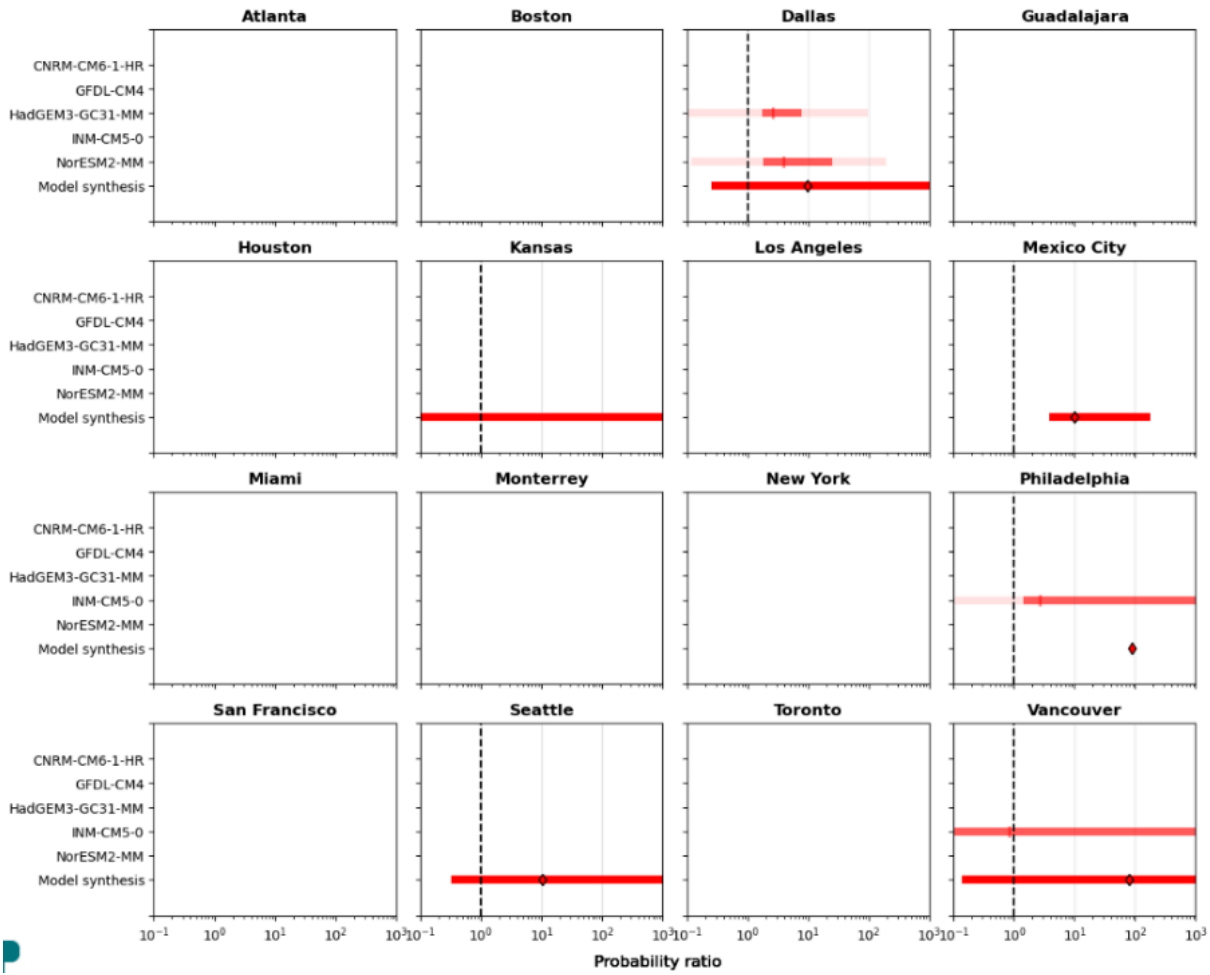


Figura 7b: Cambios sintetizados en la probabilidad de un evento WBGT de 32 °C en los estadios anfitriones de la Copa Mundial en un clima 0,7 °C más cálido que el clima de 2026.

Autores

Joyce Kimutai, *Centro de Política Ambiental, Imperial College, Londres, Reino Unido*

Theodore R. Keeping, *Centro de Política Ambiental, Imperial College, Londres, Reino Unido*

Mariam Zachariah, *Centro de Política Ambiental, Imperial College, Londres, Reino Unido*

Clair Barnes, *Centro de Política Ambiental, Imperial College, Londres, Reino Unido*

Ben Clarke, *Centro de Política Ambiental, Imperial College, Londres, Reino Unido*

Friederike EL Otto, *Centro de Política Ambiental, Imperial College, Londres, Reino Unido*

Autores de la revisión

Sjoukje Philip, *Instituto Meteorológico Real de los Países Bajos (KNMI), De Bilt, Países Bajos;*

Roop Singh, *Centro Climático de la Cruz Roja y la Media Luna Roja, La Haya, Países Bajos (con sede en Nueva Jersey, EE. UU.).*

Suplementario

[Datos completos sobre las probabilidades umbral de WBGT para cada juego: enlace de descarga](#)

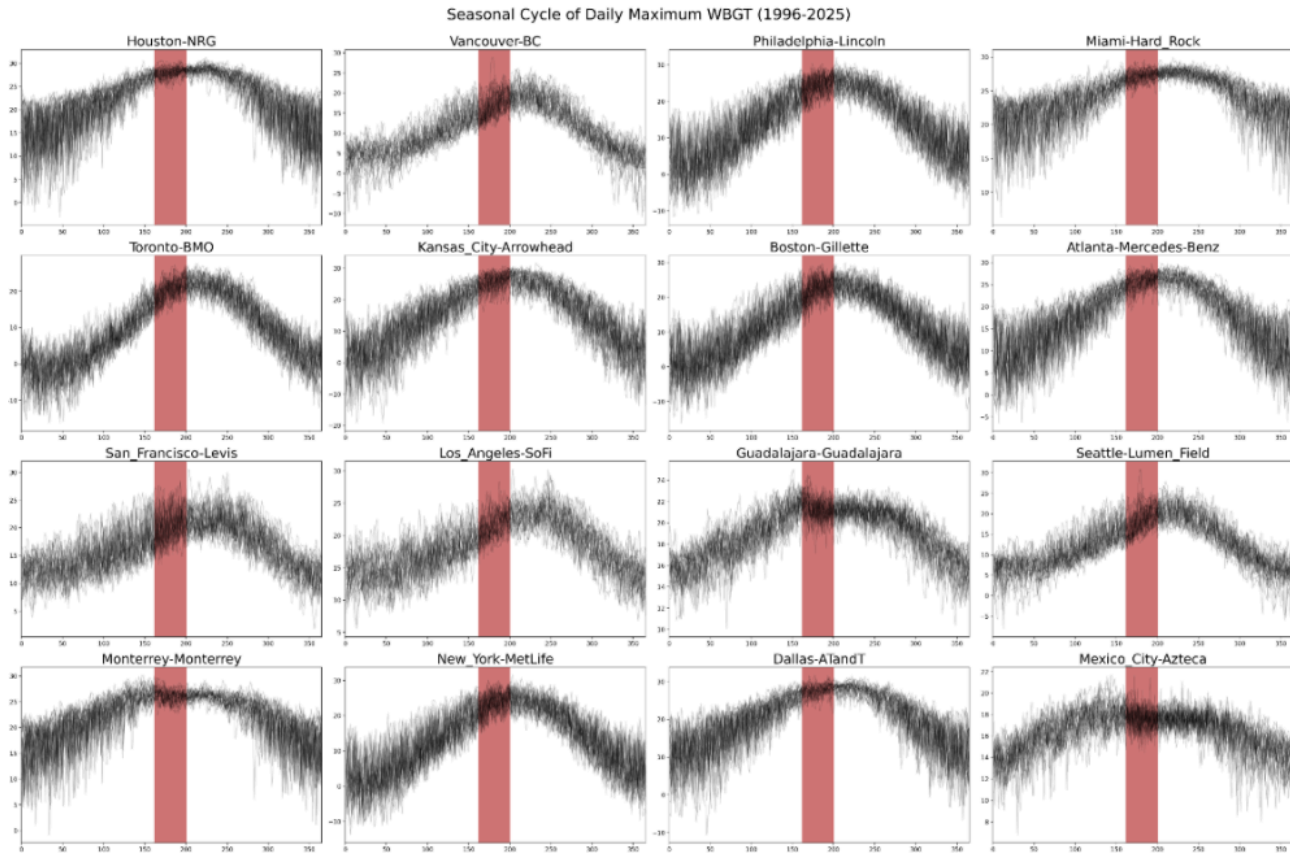


Figura S1: Ciclos estacionales del índice WBGT en la ubicación de cada estadio, incluyendo valores diarios de WBGT para los años 1996–2025. La región roja muestra el período de la Copa Mundial (del 11 de junio al 19 de julio). Esto se utiliza para evaluar hasta qué punto el período de la Copa Mundial coincide con una temporada intermedia en cada ubicación.

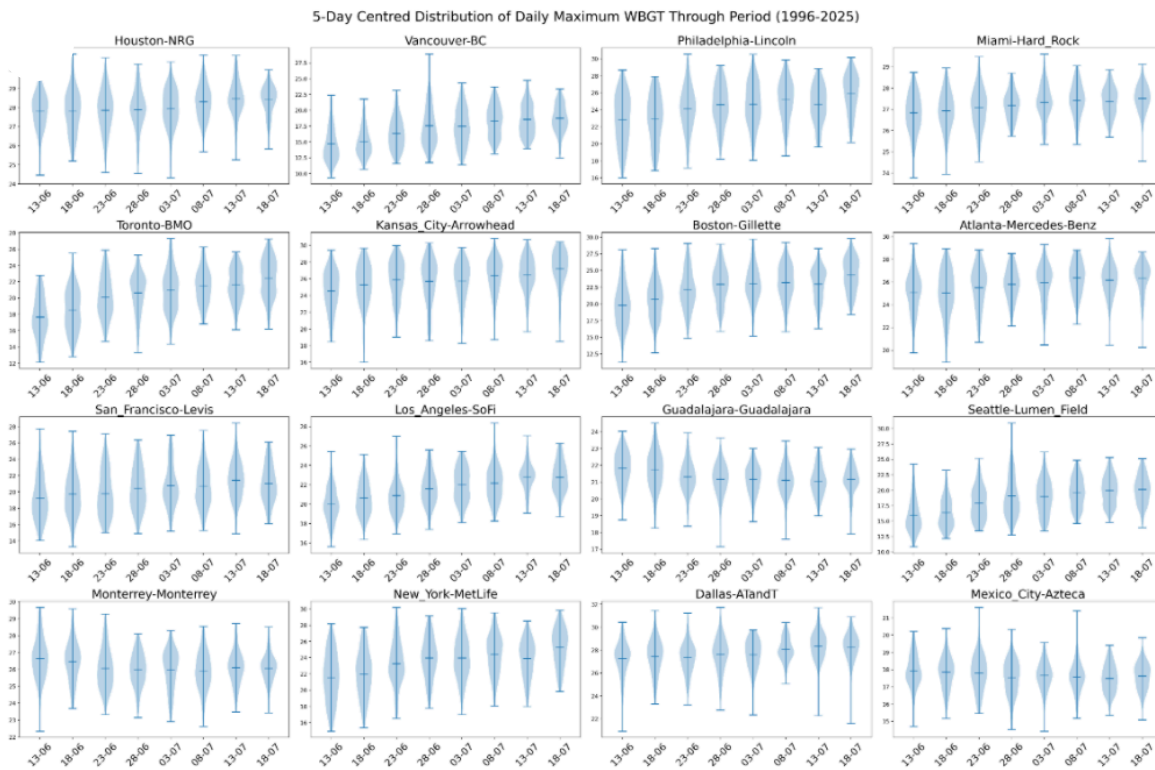


Figura S2: Distribución de los valores WBGT en cada semana del período de la Copa Mundial para la ubicación de cada estadio durante el período 1996-2025. Esto muestra que el efecto del calentamiento en la muestra sobre la probabilidad de diferentes valores WBGT es, como máximo, mínimo.

Resultados de atribución sintetizados completos para el WBGT máximo en el período

Tabla S5 : *Períodos de retorno observados estimados, razón de probabilidad y magnitud del evento para umbrales máximos anuales de WBGT de 1 día de 26 °C, 28 °C y 32 °C en las sedes de la Copa Mundial de 2026. Los valores entre paréntesis indican intervalos de confianza del 95 % obtenidos mediante remuestreo. La última columna muestra los cambios estimados en WBGT en un clima 0,7 °C más frío que en 2026 para eventos con el mismo período de retorno que en 2026. Estos valores se calculan restando el cambio de magnitud estimado asociado con un calentamiento de 0,7 °C de los valores de WBGT de 2026.*

Conjunt o de datos	ERA5-land
-----------------------------------	------------------

<i>Estadio</i>	<i>Periodo de retorno (años)</i>			<i>Coefficiente de probabilidad</i>			<i>Cambio de magnitud (unidades)</i>		
	<i>26°C</i>	<i>28°C</i>	<i>32°C</i>	<i>26°C</i>	<i>28°C</i>	<i>32°C</i>	<i>26°C</i>	<i>28°C</i>	<i>32°C</i>
Miami, Florida	1.00 (1.00,1.00)	1.00 (1.00,1.08)	Inf (2014,inf)	1.60 (0,42,3,22)	1.21 (1.09,1.31)	NA (1.9,inf)	1.00 (0,36,	0,43 (0,26,0,59)	N / A (0,27,0,67)
Seattle, WA	4.90 (2.8,91.8)	23.81 (9.5,inf)	4241.00 (162.00,inf)	1,64 (0,43,3,22)	1,96 (1.06,inf)	4.22 (1.07,44.2)	0,69 (-0,24,1,36)	0,69 (0,05,1,43)	0,69 (0,05,1,4)
Kansas City, Misuri	1.00 (1,1.003)	1.01 (1,1.07)	32166.00 (91,inf)	1.00 (1,1)	1.03 (1,1.06)	Inf (3.82,inf)	0,42 (0,11,0,76)	1.41 (0,11,0,81)	0,41 (0,19,0,82)
San Francisco, California	2.11 (1.4,4.30)	13.87 (4.88,100.23)	Inf (13879,inf)	1,25 (0,82,1,66)	1,85 (0,56,4,65)	N / A (0,5,inf)	0,37 (-0,24,1,00)	0,37 (-0,23,0,99)	(-0,34,1,12)
Nueva York/NJ MetLife	1.006 (1.001,1.05)	1.46 (1.14,2.21)	32871 (126,inf)	1.01 (0,99,1,02)	1.18 (0,90,1,39)	457009 (0,25,inf)	0,29 (-0,15,0,74)	0,29 (-0,16,0,74)	0,29 (-0,09,0,77)
Filadelfia, Pensilvania	1.001 (1,1.006)	N / A	449 (53,inf)	1.00 (0,99,1,04)	N / A	3.5 (0,74,inf)	0,33 (-0,08,0,74)	N / A	0,33 (-0,07,0,79)

Boston (Foxborough)	1.06 (1.0,1.18)	1,97 (1.32,3.2)	Inf (infinito, infinito)	1.05 (0,98,1,08)	1.33 (0,98,1,78)	N / A (6.07,inf)	0,4 (-0,07,0,98)	0,39 (-0,07,0,98)	N / A (0,5,1,23)
Ciudad de México, México	8995.8 (381.25,inf)	450055 (795,inf)	577384 (2489,inf)	1.5 (1.18,8.17)	1.4 (1.14,5,58)	1.29 (1.1,3.5)	0,47 (0,31,0,70)	0,47 (0,31,0,69)	0,47 (0,31,0,7)
Guadalajara, México	7048.31 (172.46,inf)	Inf (4713.77,inf)	Inf (643068,inf)	434.17 (1,96,inf)	N / A (1.52,inf)	N / A (1.26,inf)	0,61 (0,33,0,87)	(0,3,0,85)	N / A (0,27,0,79)
Monterrey, México	1.0 (1,1,0.2)	1.26 (1,06,1,78)	Inf (329,inf)	1 (1,1)	1,72 (1,37,2.18)	N / A (1.5,inf)	0,59 (0,26,0,87)	0,59 (0,27,0,86)	N / A (0,29,0,85)
Toronto, Ontario	3 (1.8,6.2)	129,45 (17.6,inf)	Inf (infinito, infinito)	1.7 (1.07,2.41)	250041 (3.63,inf)	N / A (528,inf)	0,54 (0,04,1,01)	0,54 (0,22,1,02)	N / A (0,65,1,04)
Dallas (Arlington), Texas	1.00 (1.00,1.00)	1.00 (1.00,1.00)	63 (15.1251)	1 (1,1)	1 (1,1)	5.5 (1.4,inf)	N / A (0,28,0,92)	0,56 (0,2,0,91)	0,56 (0,2,0,94)
Houston, Texas	1.00 (1.00,1.00)	1.00 (1.00,1.00)	Inf (652,inf)	1.00 (1.00,1.00)	1.00 (1.00,1.00)	N / A (5.03,inf)	0,37 (0,24,0,78)	0,48 (0,25,0,71)	N / A (0,29,0,72)

Atlanta, Georgia	1.00 (1.00,1.00)	1.42 (1.15,2.00)	Inf (3292,inf)	1.00 (0,99,1,00)	1.11 (0,83,1,36)	N / A (1.89,inf)	0,15 (-0,21,0,48)	0,15 (-0,21,0,48)	N / A (0,1,0,58)
Vancouver, Columbia Británica	16.5 (6,75,inf)	161,79 (33.61,inf)	129473393 (1400,inf)	2.32 (1.29,inf)	3.46 (1.28,96028)	2625194 (1.3,inf)	0,82 (0,23,1,48)	0,82 (0,24,1,52)	0,82 (0,21,54)
Los Ángeles, California	1,92 (1,3,3,3)	14,88 (5,17,109,86)	Inf (1107,inf)	2,03 (1,41,2,89)	5,27 (2,02,90,89)	N / A (2,21,inf)	0,89 (0,37,1,49)	0,89 (0,38,1,49)	N / A (0,44,1,57)



olas de frío

Incluso en un mundo que se está calentando, pueden producirse olas de frío inusuales que interrumpen el transporte, el suministro de energía y de alimentos.